Il supporto dei sistemi informativi territoriali nella modellazione dei sistemi di trasporto regionali: la collaborazione tra CRiMM e CRS4 (Settembre - Dicembre 1998)

Andrea Giacomelli[*], Eva Lorrai[†], Laura Pireddu[‡]

Dicembre 1998

Sommario

In questo rapporto si dà una sintesi delle attività svolte presso il CRS4 nell'ambito della collaborazione con il Centro di Ricerca Modelli Mobilità (CRiMM) dell'Università di Cagliari per lo studio propedeutico al Piano Pluriennale di Protezione Civile Regionale.

1 Introduzione

Il Centro di Ricerca Modelli Mobilità (CRiMM) dell'Università di Cagliari è da tempo impegnato, come parte del Dipartimento di Ingegneria del Territorio, nella realizzazione di uno studio propedeutico al Piano Pluriennale di Protezione Civile Regionale. Lo studio prevede una serie di elaborati tesi a fornire una visione organica di vari fattori di rischio di interesse della Protezione Civile: vengono presi in considerazione i rischi connessi a episodi di frane, tempeste e mareggiate, dissesti idrogeologici e di degrado qualitativo delle risorse idriche sotterranee. Inoltre, in riferimento all'ambito trasportistico, lo studio concerne l'elaborazione di alcuni tematismi legati al rischio del sistema dei trasporti, con particolare riguardo alle infrastrutture e al traffico leggero, pesante e quello delle merci pericolose.

Il CRiMM è inoltre interessato a sfruttare in modo crescente il supporto di sistemi informativi territoriali (SIT, o GIS, geographic information systems) per le proprie attività di ricerca.

*CRS4, Gruppo Ambiente
†CRS4, Gruppo Ambiente
‡CRiMM, Università di Cagliari

2 La situazione iniziale

Il CRiMM dispone di varie risorse che sta già da tempo utilizzando per condurre i propri studi anche senza il supporto di applicativi GIS; tuttavia, la combinazione di varie problematiche ha fatto sì che l'utilizzo di tali applicativi venisse sentita come un'esigenza sempre meno rinviabile.

2.1 L'applicativo TRIPS

Il principale strumento del CRiMM per la modellizzazione del sistema dei trasporti è l'applicativo TRIPS, della casa inglese MVA, uno tra gli applicativi più diffusi a livello mondiale per l'analisi dei sistemi di trasporto. TRIPS è organizzato in una serie di moduli, ciascuno dei quali dedicato a un particolare aspetto di modellizzazione. In una prima approssimazione del processo, i passaggi principali sono dati dalla schematizzazione degli spostamenti da/verso le zone componenti il territorio in esame (tramite definizione della matrice origine/destinazione, o O/D), e dal calcolo dei flussi di traffico sulla rete (assegnazione).

Il modulo utilizzato in questo studio preliminare è il cosiddetto *Highway Assignment*, basato su un modello di assegnazione per il trasporto privato. Questo modulo richiede la schematizzazione della rete in un grafo orientato ai cui archi è associato il valore della distanza reale tra i nodi che lo definiscono, e una o più matrici O/D. Il risultato delle simulazioni svolte dal TRIPS è dato da una serie di variabili (ad es. flussi di traffico o tempi di percorrenza) associate a ciascun arco e memorizzate all'interno di appositi "campi volume".

La versione del TRIPS attualmente disponibile presso il CRiMM consente una visualizzazione dei dati strettamente orientata a riprodurre alcuni tipi di rappresentazione convenzionale utilizzata in ambito trasportistico e — sopratutto— non consente di svolgere analisi che combinino le uscite delle simulazioni con altri dati geografici.

2.2 I dati

Al momento il CRiMM dispone per le proprie analisi a livello regionale di un grafo di rete generato in parte tramite digitalizzazione e in parte, soprattutto per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche degli archi, con procedure manuali.

Tale grafo viene utilizzato per le elaborazioni e fornisce risultati soddisfacenti, ma nella pratica si sono individuati alcuni punti critici che rendono la creazione di un nuovo grafo un passo necessario nel medio termine. In particolare: (1) è necessario raffinare alcune parti del grafo al fine di riprodurre con maggior precisione le grandezze simulate, e (2) disporre di un grafo le cui caratteristiche siano derivabili direttamente da fonti istituzionali di informazioni sulla rete viaria, quali il catasto stradale.

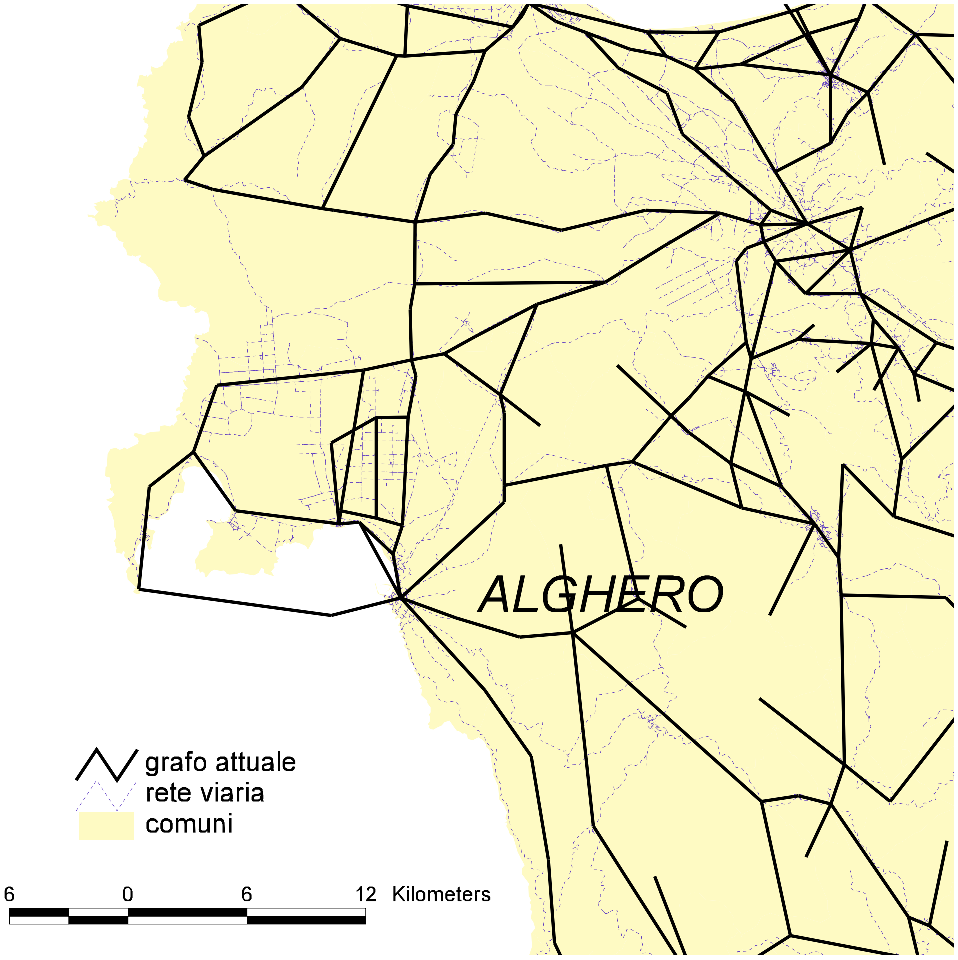

Figura 1: Un particolare del grafo di rete attualmente utilizzato dal CRiMM (rappresentato a tratto continuo), sovrapposto alla rete viaria effettiva. I segmenti aperti connettono alla rete schematizzata i centroidi utilizzati nella definizione della matrice origine/destinazione, tipicamente corrispondenti ai comuni. Si noti che il TRIPS non richiede che gli archi del grafo rappresentino fedelmente l'andamento della viabilità, ma solamente che sia riprodotta la connettività della rete e gli attributi ad essa associati (ad es. lunghezza effettiva dei tratti, velocità di percorrenza ecc.). L'integrazione con un sistema informativo geografico consente di automatizzare il processo di generazione del grafo, limitando l'intervento manuale nella definizione delle caratteristiche del grafo e garantendo una maggiore consistenza con i dati di partenza.

3 Il piano di lavoro

La situazione ora descritta potrebbe sicuramente beneficiare della elaborazione completa di un sistema informativo territoriale che porrebbe il CRiMM in condizione di gestire in modo più efficiente i diversi dati ed i flussi informativi utilizzati. Pur riconoscedo l'importanza di disporre di un tale sistema, l'obiettivo non è stato giudicato perseguibile nell'ambito della collaborazione attuale. Si è dunque arrivati alla definizione di un piano di lavoro che contribuisse agli obiettivi legati allo studio per la Protezione Civile e —allo stesso tempo— fornisse spunti concreti per alcune attività da vedersi completate su un tempo più lungo.

Nel corso delle riunioni iniziali si sono identificate le esigenze e le priorità del CRiMM, arrivando a definire un piano di lavoro da svolgersi con il supporto scientifico e informatico del CRS4:

1. Realizzazione di una procedura per l'integrazione dei dati TRIPS con altri tematismi geografici

2. Creazione di un nuovo grafo regionale

3. Studio di una procedura per la generazione di grafi TRIPS a partire da tematismi geografici in ambiente GIS

Mentre il primo obiettivo è stato considerato più immediatamente finalizzato allo studio propedeutico per la Protezione Civile, gli obiettivi legati alle attività (2) e (3) sono da considerarsi raggiungibili in tempi più lunghi. L'attività descritta nel seguito è stata svolta dal settembre al dicembre 1998.

4 Integrazione dei dati TRIPS in ambiente GIS

Un'esigenza immediata è quella di importare le uscite delle simulazioni svolte con il TRIPS negli ambienti GIS a disposizione per l'analisi spaziale. La versione TRIPS disponibile consente di esportare il grafo di rete in formato di scambio CAD (DXF), contenente pertanto solamente le informazioni relative alla geometria della rete, ma non quelle sugli attributi. Benché il potenziamento delle funzionalità GIS del TRIPS (e delle capacità di conversione in altri formati) sia una delle principali linee di sviluppo individuate dalla MVA per questo applicativo, non sono a tutt'oggi disponibili procedure standard. Il CRS4 ha pertanto deciso di sviluppare un codice per la conversione delle uscite TRIPS in formato *shapefile*, che rappresenta uno degli standard di fatto nel campo dei dati geografici.

Il codice (denominato **trips2shp**) richiede in ingresso i file generati dai moduli TRIPS MVGRAF, contenente i dati sulle coordinate dei nodi topologia della rete, ed MVNET, contenente le informazioni sulla topologia e sulle caratteristiche degli archi. In uscita vengono generati uno shapefile che rappresenta la rete e una tabella contenente i valori degli eventuali campi volume esistenti.

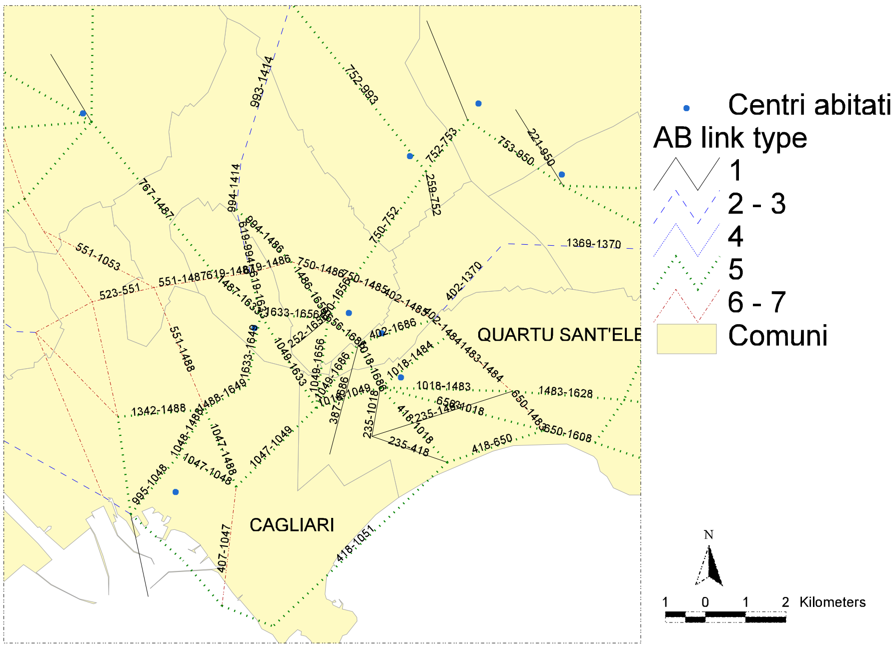

Figura 2: Il codice **trips2hsp** (cfr. par. 4) consente di convertire le uscite delle simulazioni TRIPS in formato shapefile. Le informazioni così trasformate possono essere utilizzate dalla maggior parte degli applicativi GIS esistenti, combinando i dati sulla geometria del grafo e sugli attributi degli archi con altri tematismi geografici a scopo di visualizzazione e analisi.

Il fatto di mantenere le informazioni sui campi volume separate dalle caratteristiche del grafo consente una certa ottimizzazione delle risorse richieste, sia perché a uno stesso grafo possono essere associate simulazioni diverse, sia perché nel caso di grafi "poveri" di campi volume, vengono esclusi i record privi di informazione.

La chiave di collegamento tra lo shapefile e il dato alfanumerico è rappresentato dall'identificatore degli archi, che nella versione attuale del codice è data dall'unione degli identificatori dei nodi iniziale e finale di ciascun arco, in conformità alla convenzione utilizzata dal TRIPS.

I dati così rielaborati possono essere caricati in un applicativo GIS ricomposti tramite *join* e quindi resi disponibili per le analisi e le visualizzazioni desiderate.

5 Editing della rete

Come base per la generazione di un grafo regionale di maggior precisione rispetto a quello attualmente disponibile, il CRiMM ha acquisito dalla società Geostudi la cartografia numerica della rete stradale regionale in scala 1:25000, ottenuta mediante scansione delle carte IGM e successiva vettorializzazione in formato CAD.

La cartografia numerica comprende le strade statali, le strade provinciali, e le strade comunali extraurbane.

È stato anzitutto svolto il controllo preliminare della rete, al fine di verificare se questa fosse o meno idonea alle successive elaborazioni spaziali. A prescindere da eventuali problemi di organizzazione dei layer, non riscontrati in questo caso, il punto critico nell'impiego di dati CAD in ambito GIS è dato dalla potenziale presenza di elementi geografici, tipicamente derivanti da imprecisioni nella digitalizzazione, che ne impediscono un utilizzo immediato nella forma in cui sono forniti, e richiedono quindi tempi di lavoro e costi aggiuntivi legati ai trattamenti richiesti. In particolare, si possono trovare i cosiddetti *dangle nodes*, che possono portare ad errori nella connessione della topologia, e i cosiddetti *pseudo-nodes* che possono avere un significato fisico preciso, ma più spesso costituiscono un sovraccarico di informazione ininfluente in ambito CAD ma di peso in ambito GIS.

Si è quindi proceduto all'editing della rete ed alla correzione degli errori di digitalizzazione tramite l'applicativo ARC/INFO.

Per dare un'idea delle correzioni effettuate, si riportano i dati relativi ai layer trattati:

Strade statali	
"dangle nodes"	737 su 751
"pseudo-nodes"	4601 su 4615
Strade provinciali	
"dangle nodes"	3235 su 7818
"pseudo-nodes"	13423 su 13426

6 Generazione automatizzata di nuovi grafi

Parallelamente alle altre due attività è stato avviato lo studio di un criterio per l'estrazione automatica del grafo dalla rete reale, rappresentata dalla cartografia numerica corretta. Le informazioni richieste da TRIPS per la generazione del grafo richiedono di identificare le coordinate dei nodi, individuare gli archi mediante il nodo iniziale e quello finale, e attribuire agli archi una serie di attributi caratteristici (la distanza, prima di tutto). Utilizzando come sfondo una base cartografica numerica in formato CAD, il grafo può essere generato in maniera semi-automatizzata da un operatore, individuando manualmente le coordinate dei nodi e valutando la distanza in maniera soggettiva. Una tale procedura richiede tempi piuttosto lunghi ed è soggetta a un rischio di errore elevato.

L'elemento soggettivo nella definizione delle lunghezze degli archi può essere rimosso con l'impiego di un supporto GIS completo. Tale supporto che consentirebbe inoltre di gestire il processo di definizione del grafo in modo più controllato (tramite l'impiego di macro), e —con il collegamento ad altre basi dati— di impostare criteri molto più complessi per la definizione delle altre caratteristiche degli archi.

In base alla procedura definita, i nodi del grafo vengono creati in corrispondenza delle intersezioni tra due o più strade e/o all'interno di ciascun arco della rete reale. La distanza massima ammissibile tra due nodi è un parametro impostato dall'utente, consentendo di sperimentare grafi differenti e di scegliere il livello di discretizzazioni ottimale in funzione dell'applicazione desiderata.

Ai nodi così identificati vengono aggiunti i nodi dei centroidi, creando gli archi aggiuntivi necessari per il collegamento con le matrici O/D.

La procedura non è ancora completa ed ha ancora alcune limitazioni. Ad esempio, allo stato attuale non è consentito l'inserimento automatico di eventuali nodi in punti prestabiliti, che l'utente può essere interessato a definire per rappresentare situazioni particolari (ad esempio in prossimità di centri urbani). Altri passaggi che devono ancora essere risolti sono ad esempio l'assegnazione degli attributi degli archi del grafo tramite trasferimento degli attributi della rete reale e la successiva conversione in formato leggibile da TRIPS.

7 Conclusioni e possibili sviluppi

La collaborazione tra CRS4 e CRiMM ha consentito di dimostrare alcune delle possibilità offerte dai sistemi informativi territoriali nel supporto alla modellistica dei sistemi di trasporto.

Il codice **trips2shp** consente di convertire in modo efficiente le uscite del TRIPS in un formato geografico leggibile dalla maggior parte degli applicativi GIS esistenti e permette quindi al CRiMM di trasportare in ambito GIS i risultati delle elaborazioni sulla base dati esistente.

L'attività di controllo e di editing della cartografia numerica, completata per quanto riguarda i livelli delle strade statali e provinciali, dovrebbe procedere con gli altri livelli di viabilità e con una valutazione attenta di caratteristiche particolari, quali svincoli o centri urbani, che necessitano di un trattamento particolare dal punto di vista modellistico. Tali valutazioni andranno integrate nella terza linea di attività, completando la procedura di generazione del grafo dalla rete reale.

È auspicabile che tali attività possano essere proseguite nell'ambito di collaborazioni future finalizzate al supporto dei sistemi informativi territoriali nella modellizzazione dei sistemi di trasporto regionali. Si ritiene inoltre importante sottolineare il fatto che tali sviluppi dovranno tenere conto degli sviluppi paralleli in questo settore in corso presso la MVA.

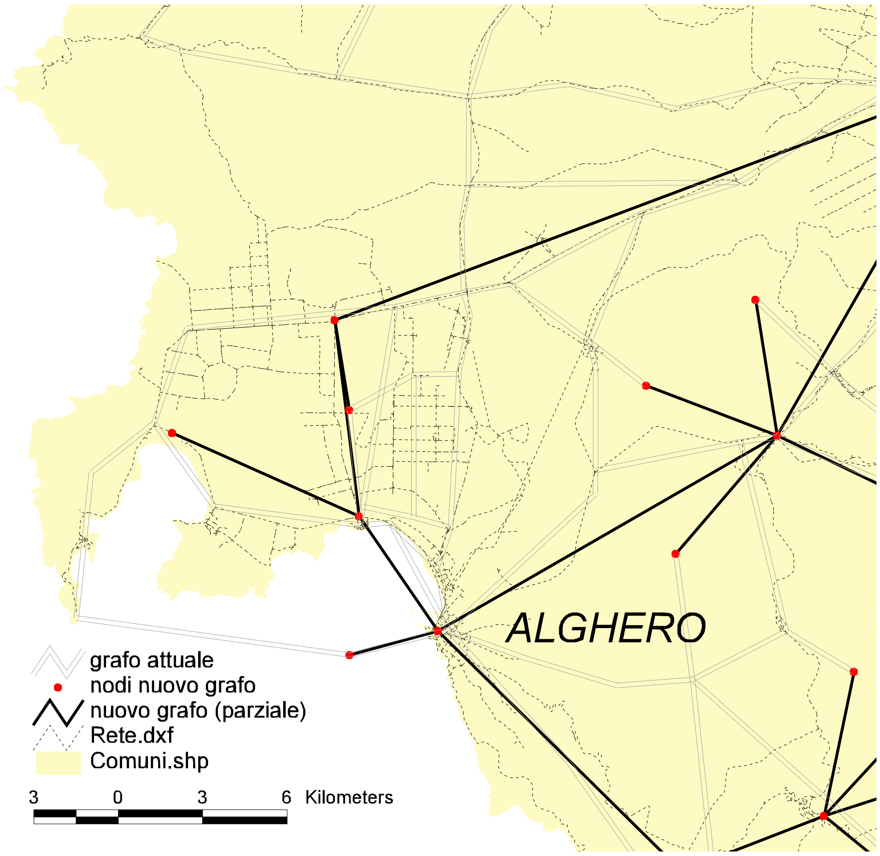

Figura 3: Il confronto tra il grafo attualmente utilizzato e il risultato dell'algoritmo di generazione del grafo (cfr. par 6) a partire dalla rete viaria effettiva (nelle prove si sono considerate le sole strade statali). L'algoritmo richiede come parametro il valore della lunghezza massima per gli archi del grafo in uscita, consentendo di ottenere livelli di dettaglio differenti. Nell'esempio presentato tale valore è pari a 30 Km.