

Analisi della vulnerabilità di una rete stradale in ambito extraurbano: un'applicazione alla rete provinciale di Bolzano

Aspetti metodologici

S. Angelini, A. Danesi, G. Rossi, F. Rupi
DICAM – Trasporti Università di Bologna

*Valutazione del rischio idraulico in ambito montano ed applicazione della
direttiva “Alluvioni”, Bolzano 3 - 4 Maggio 2012*



Problema ed obiettivo

Ricerca cofinanziata nell'ambito del progetto Paramount capeggiato dalla Provincia Autonoma di Bolzano (Ufficio geologia e prove materiali e Servizio Strade)

Problema della manutenzione e gestione delle infrastrutture stradali + limitatezza risorse disponibili → importanza di metodologie e procedure per valutazione vulnerabilità di un arco nell'ambito di una rete

Obiettivo: definizione di un indice per l'analisi di vulnerabilità di una rete stradale → graduatoria

Applicabilità dell'indice anche a reti di medio-grandi dimensioni (rete di Bolzano: 1.600 nodi e 3.500 archi)



Definizione di importanza

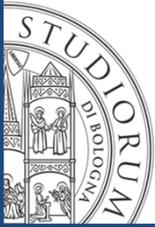
Premessa: frana → interruzione della strada

Domanda: quali sono gli archi più critici per il funzionamento della rete?

Valutazione vulnerabilità

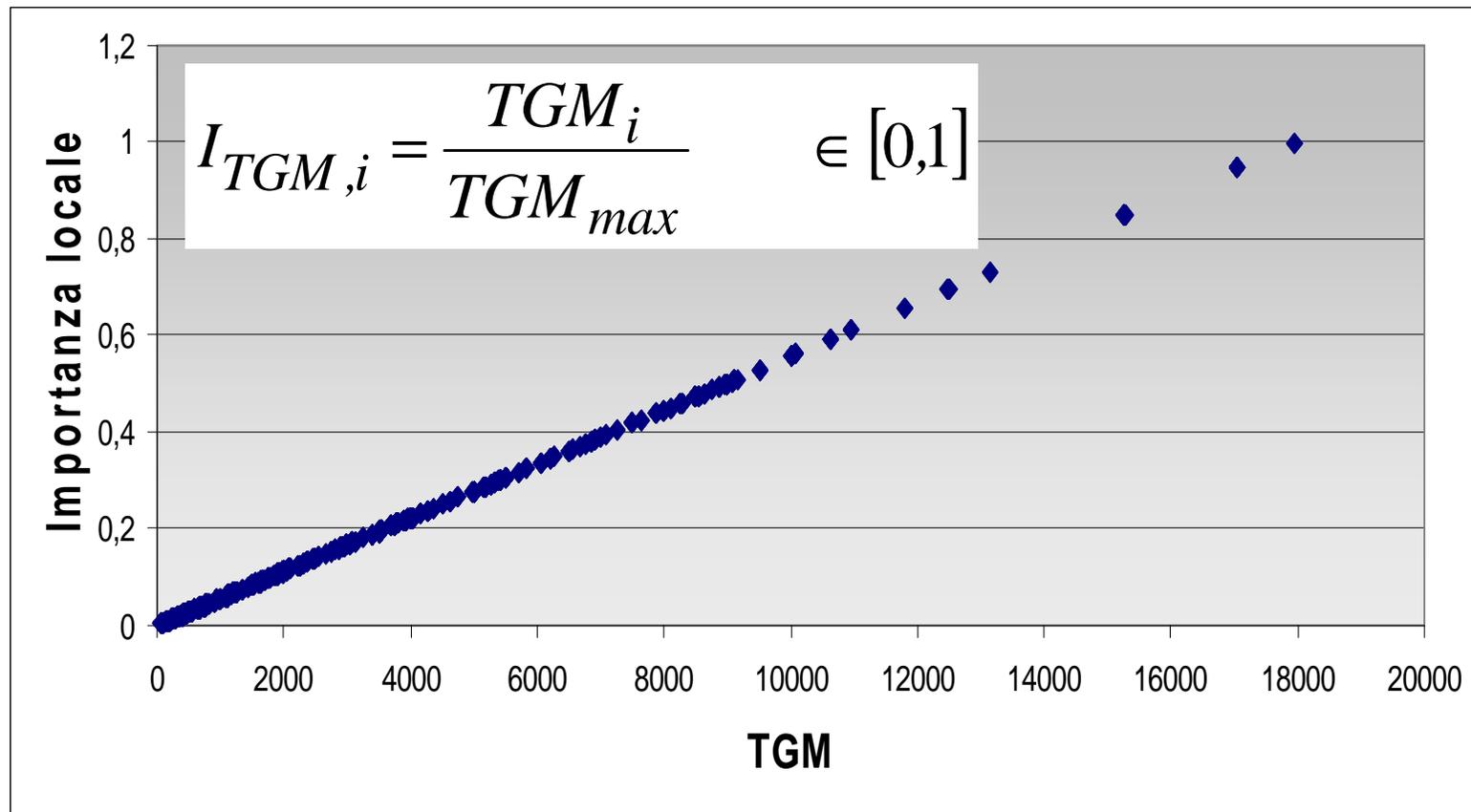


nuovo indicatore (arco i) = f (importanza locale $I_{TGM,i}$
importanza globale nella rete $I_{\Delta C,i}$).



Calcolo importanza locale

Calcolo di $I_{TGM,i} = f(TGM \text{ rilevato sugli archi tramite postazioni fisse o mobili})$

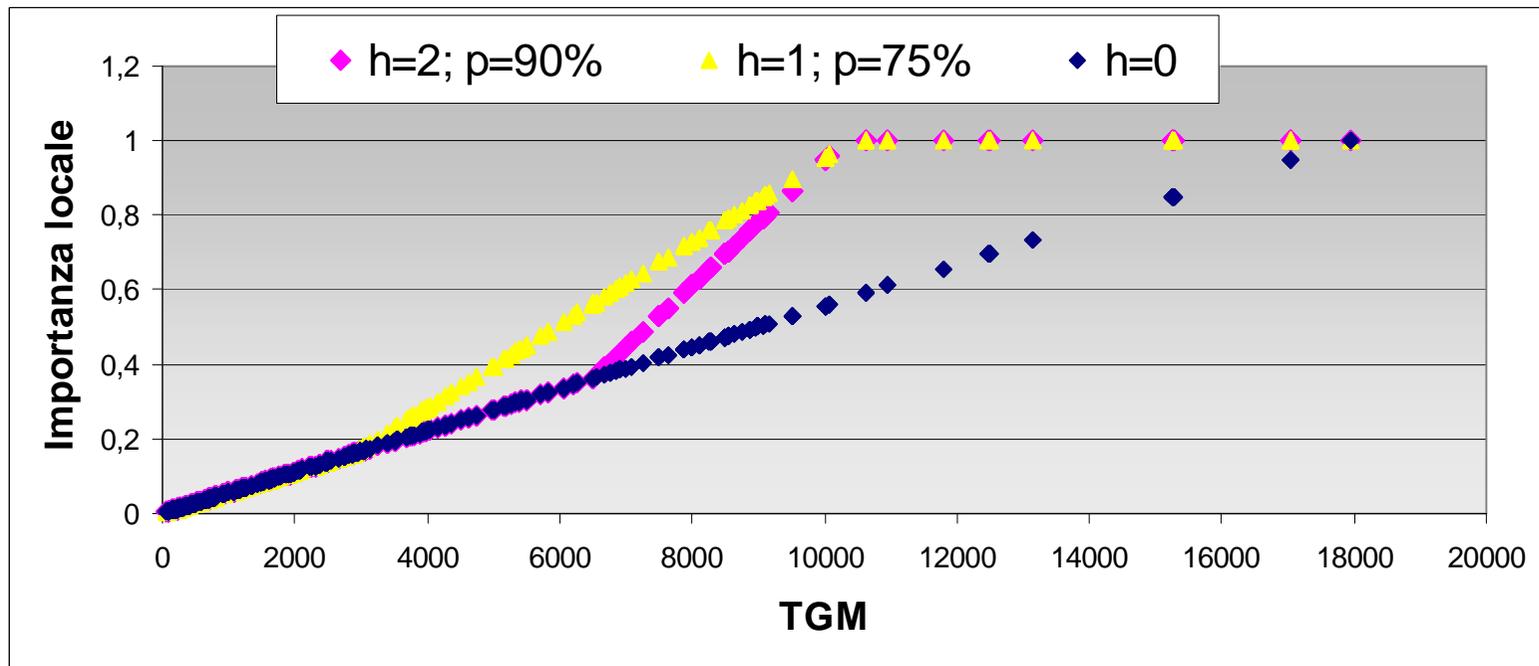




Amplificazione $I_{TGM,i}$ archi più trafficati

$$I_{TGM,i} = \min \left\{ 1; \max \left[\frac{TGM_i}{TGM_{max}}; \frac{TGM_i + h \cdot (TGM_i - TGM_p)}{TGM_{max}} \right] \right\}$$

h = fattore di amplificazione; p = individua il percentile di archi la cui importanza locale viene amplificata; TGM_p = valore soglia





Importanza globale

Importanza globale = f (incremento di costo generalizzato conseguente alla chiusura dell'arco bidirezionale)

Costo generalizzato = f (tempo di viaggio, distanza percorsa, pedaggio)

Calcolo dell'importanza globale $I_{\Delta C, i}$??????????



No sperimentazione diretta! → Simulazione



Simulazione

Costruzione del modello del sistema di trasporto stradale
individuale (offerta; domanda; assegnazione)

Calibrazione del modello sulla rete attuale (rete undamaged)

Utilizzo del modello per simulare scenari ipotetici
(reti damaged)

Calcolo di indicatori sintetici di funzionamento (costo gener.)



Costo gener. della rete

- Costo totale della rete non danneggiata ($C^{undamaged}$)

Costo sopportato da tutti gli utenti che si spostano sulla rete non danneggiata

- Costo totale della rete danneggiata ($C_j^{damaged}$)

Costo sopportato da tutti gli utenti che si spostano sulla rete danneggiata (interruzione arco j)

$$\Delta C_j = C_j^{damaged} - C^{undamaged}$$



In una rete come quella della Provincia Autonoma di Bolzano l'interruzione di un arco può in qualche caso comportare l'impossibilità di spostarsi da una origine ad una (o più) destinazioni



Importanza globale

Arco *Cut* = arco la cui interruzione determina la separazione della rete in due parti distinte non collegate → domanda non assegnata

importanza globale nella rete $I_{\Delta C, i}$ = tipologia di arco (*Cut* o *non Cut*)

incremento di costo generalizzato conseguente alla chiusura di un arco *Cut* = ∞

- Pb.: considerare unica graduatoria per archi *Cut* e *non Cut*
- Hp.: importanza globale di archi *Cut* > di quella di archi *non Cut*
- importanza globale nella rete $I_{\Delta C, i}$ (arco *Cut*) = f (domanda non assegnata)



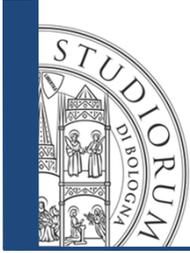
Calcolo di $I_{\Delta C, i}$

1) Archi **non Cut** :

$$\Delta C_i = C_i^{damaged} - C^{undamaged}$$

2) Archi **Cut** : incremento di costo fittizio S_i

$$S_i = \max_{j \in \text{archinoncut}} \Delta C_j + D_i^*$$



Ordinamento dell'insieme degli archi (*Cut* e *non Cut*) in ordine decrescente di incremento di costo.

Ad ogni arco i viene associato il punteggio:

$$p(i) = \text{rank}(i)$$

$\text{rank}(i)$ = funzione che associa all'arco i la posizione assunta nella classifica degli incrementi di costo.

Nuovo indicatore di importanza globale di rete:

$$I_{\Delta C, i} = 1 - \frac{p(i) - 1}{n - 1} \in [0, 1]$$



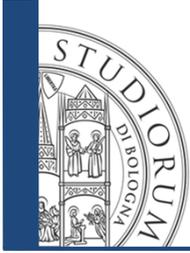
Calcolo indicatori di vulnerabilità

Calcolo dell'indicatore di importanza →
calcolo vulnerabilità degli archi della rete

$$Ind_vuln(i) = k * I_{TGM,i} + (1 - k) * I_{\Delta C,i}$$

k = coefficiente di calibrazione $\in [0,1]$

$$I_{norm,i} = \frac{I(i) - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \in [0,1]$$



- Indicatore:
- semplice;
 - applicabile anche a reti medio-grandi;
 - trasferibile.

Applicazione alla rete stradale della
Provincia Autonoma di Bolzano



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Federico Rupi

DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali

Federico.rupi@unibo.it

<http://www.unibo.it/docenti/federico.rupi>

www.dicam.unibo.it