L'USO DEI GIS NELLA DETERMINAZIONE E RAPPRESENTAZIONE DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO

Gabriele GIORGI

Dip. Scienze della Terra e Geologico-Ambientali – Università degli Studi di Bologna – via Zamboni, 67 – 40127 BOLOGNA – tel: 0512094564 – fax: 0512094522 – email: giorgi@geomin.unibo.it

Riassunto
Scopo di questo lavoro è quello di determinare la suscettività al dissesto di un territorio utilizzando le banche dati e le informazioni normalmente in possesso delle amministrazioni. La pericolosità a franare è definita come la probabilità che un evento franoso si verifichi in un determinato intervallo temporale. La suscettività al dissesto indica invece la propensione all'instabilità dei versanti calcolata sulla base di giudizi qualitativi, mancando in questo caso un riferimento temporale. L'uso dei GIS e del trattamento statistico dei dati, ha permesso di sviluppare metodologie atte a determinare la propensione al dissesto.

Abstract
The aim of this work is to determine the landslide susceptibility of a territory using the data banks and the information normally available to the public administrations. The landslide hazard is defined as the probability that an event happens in a certain interval of time. The landslide susceptibility points out the tendency to the instability of the slopes calculated on the basis of qualitative judgment, without a temporal reference. The use of GIS and of statistic treatment of the data, has allowed to develop suitable methodologies to determine the landslide susceptibility of a territory.

Introduzione

Varnes et al. (1984) ha definito la pericolosità (*hazard*) a franare come la probabilità che un evento franoso avvenga in un determinato territorio in un dato periodo di tempo. Per suscettività al dissesto si intende la stima della propensione, in un determinato territorio, alla instabilità dei versanti calcolata sulla base di giudizi qualitativi, manca in questo caso il riferimento temporale (Carrara et al. 1998). La suscettività è normalmente rappresentata in forma cartografica nella quale, con colori diversi, sono raffigurate aree predisposte ad essere più o meno intensamente interessate da movimenti di massa. Questo studio si basa sulla individuazione dei fattori che influiscono nella dinamica e nella generazione dei dissesti, rapportandoli con la distribuzione delle frane.
L'uso dei GIS e del trattamento statistico dei dati, ha permesso di sviluppare metodologie atte a determinare la propensione al dissesto (Van Western 1994; Carrara et al. 1995). Il continuo progredire delle piattaforme hardware e software consente di trattare una sempre maggiore mole di dati.
La collaborazione con l'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli della Regione Emilia-Romagna ha reso possibile questo studio.

Metodologia

I fattori che influenzano la stabilità dei versanti sono: le caratteristiche litologiche del substrato; la copertura vegetale, la morfologia e l'umidità del suolo.

In uno studio di tipo statistico, che si avvale dei sistemi informativi geografici, è necessario utilizzare le informazioni disponibili, che purtroppo non corrispondono sempre a ciò che è richiesto per una corretta determinazione della instabilità dei versanti.
Le caratteristiche litologiche sono quelle più difficilmente cartografabili. In particolare il grado di fratturazione e di cementazione delle rocce, oppure la giacitura degli strati sono difficilmente estrapolabili arealmente, quindi raramente utilizzabili in un GIS.
I fattori di cui si è tenuto conto e che si pensa che influenzino la stabilità dei versanti sono molteplici, alcuni provengono da rilievi diretti in campagna e dalla fotointerpretazione, altri sono ricavati dal modello digitale altimetrico.

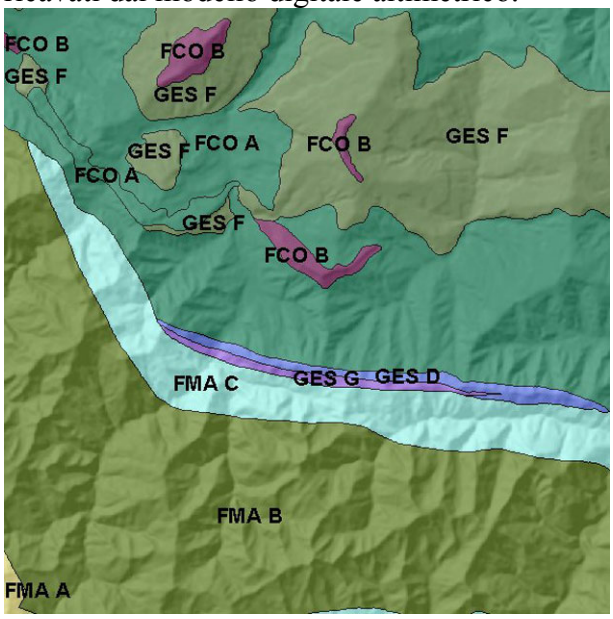

Fig.1 - Litologia

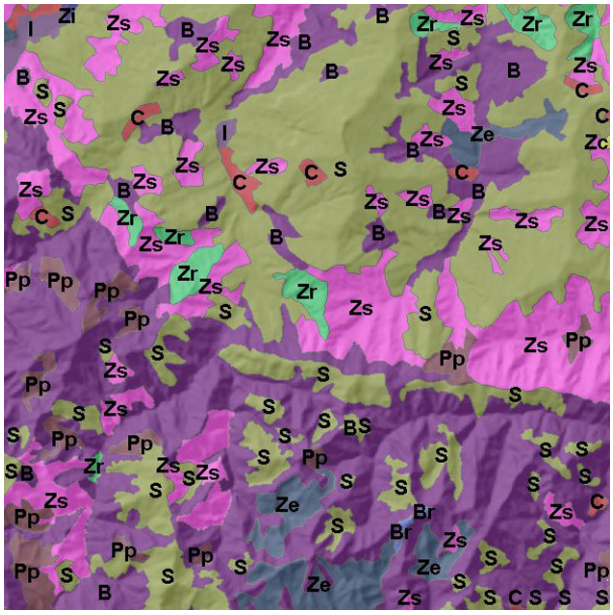
Fig.2 - Uso del suolo

Della prima categoria fanno parte la carta litologica (Fig.1) e dell'uso del suolo (Fig.2), i restanti, ricavati dal DEM, sono:

- Esposizione dei versanti (microclima e umidità del suolo)
- Pendenza dei versanti (morfologia)
- Convessità e concavità (morfologia)
- *Wetness index* (umidità del suolo)

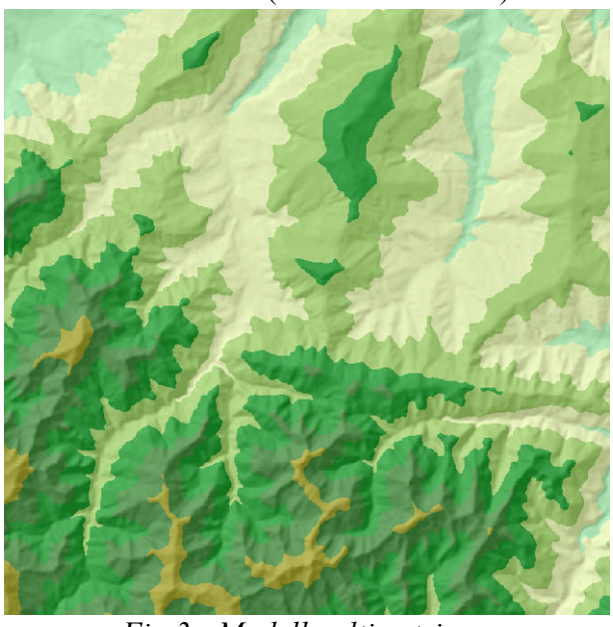
Fig.3 - Modello altimetrico

Il modello digitale altimetrico dell'area oggetto dello studio è stato realizzato utilizzando le curve di livello con equidistanza 5 metri ed i punti quotati raccolti dalle CTR. In questo modo si è ottenuto un TIN (*triangular irregular network*) che è stato convertito in un GRID le cui celle hanno dimensione di 10 metri. Per eliminare parte delle imprecisioni che sono connaturate al procedimento di calcolo, dal modello sono state rimosse le depressioni (*sinks*) e successivamente è stato applicato un algoritmo di *smoothing* con matrice 3x3 (Fig.3).

Dal DEM così ottenuto sono stati ricavati la esposizione (Fig.4) e la pendenza (Fig.5) dei versanti.

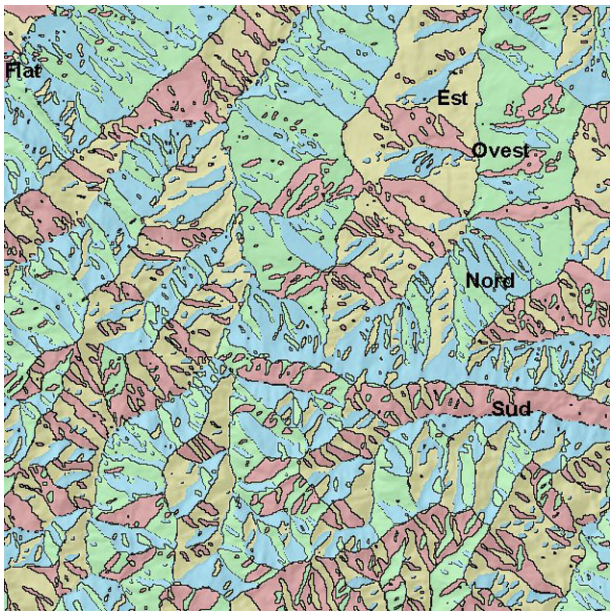

Fig.4 - Esposizione dei versanti

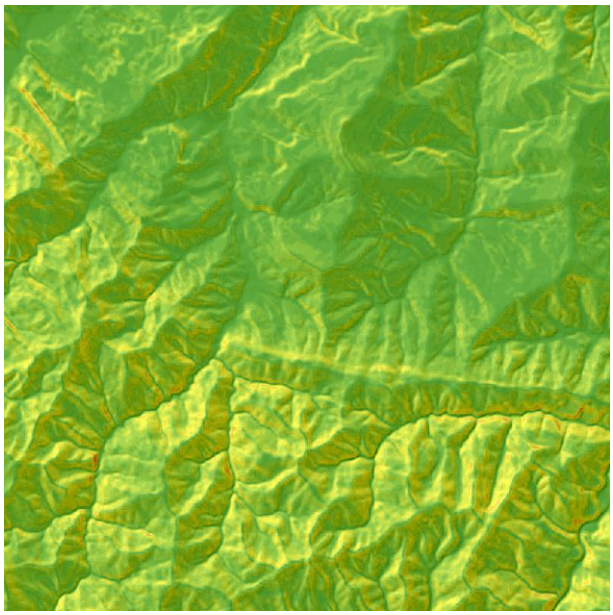
Fig.5 - Pendenza dei versanti

Più complessa è la realizzazione del grid che ne rappresenta le convessità e le concavità (Fig.6). Questa raffigurazione ha lo scopo di discriminare le aree nelle quali le acque di ruscellamento (*runoff*) convergono, da quelle da cui divergono (Beven 1997) e le aree nelle quali il flusso idrico tende ad accelerare da quelle nelle quali esso decelera (Moore et al., 1991).
Il *wetness index* (Fig.7) è un indice correlato al contenuto in acqua del suolo ed è dato da:
$Ti = \ln(Wfa/G)$
Dove:
Wfa = *water flow accumulation* (deflusso idrico accumulato)
G = gradiente del pendio ($\tan(\alpha)$)
All'aumentare del deflusso e al diminuire del gradiente l'umidità del suolo aumenta (Gallant & Wilson, 1996).

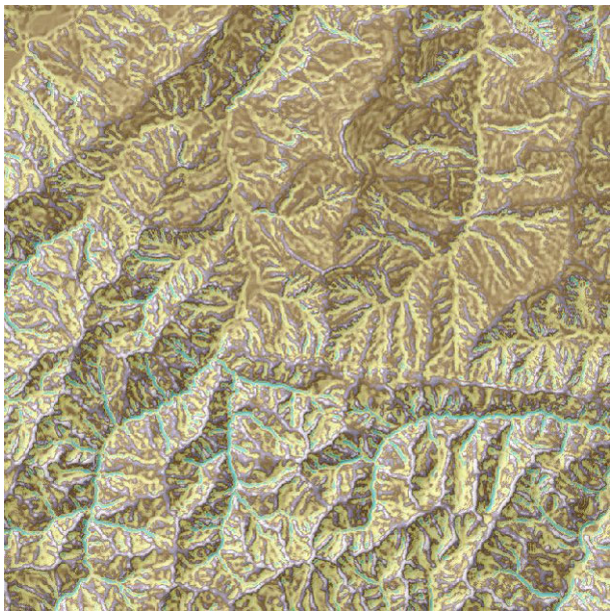
Fig.6 - Convessità e concavità

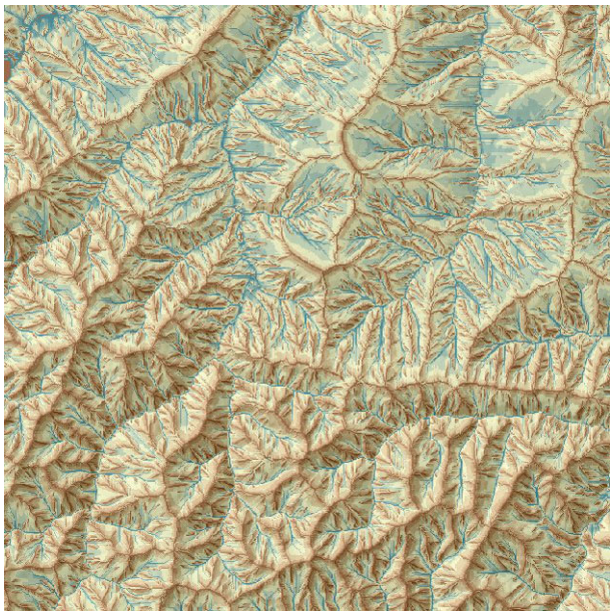
Fig.7 - Wetness index

Distribuzione del dissesto

Per individuare le aree nelle quali potranno nel futuro verificarsi nuove frane, è necessario utilizzare una carta nella quale sono rappresentate le frane verificatesi nel tempo (fig.8) (Jennings & Siddle, 1998).

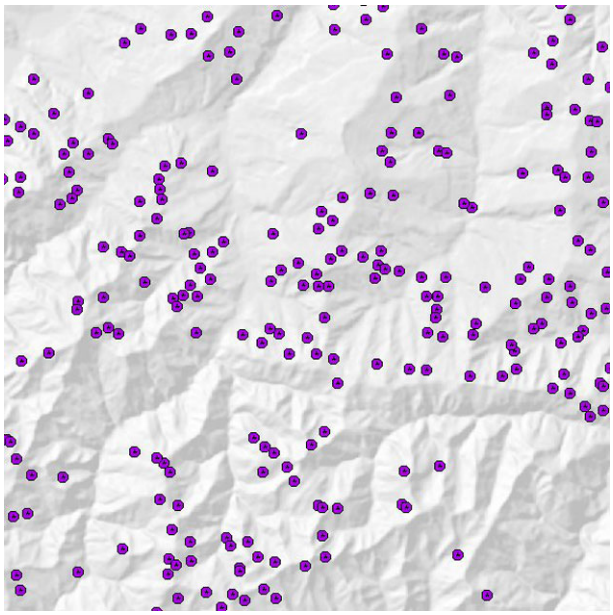

Fig.8 - Distribuzione delle frane

Attribuzione dei pesi alle diverse categorie

Il metodo utilizzato consiste nel calcolo della distribuzione delle frane all'interno di ciascuna suddivisione delle cartografie adottate e nel suo rapporto con la densità media delle frane di tutta l'area. Tale rapporto determina il peso della singola unità:

$$P.unità = \frac{\sum frane\ unità.}{\sum frane} \times \frac{sup.totale}{sup.unità}$$

Il raffronto può essere attuato prendendo in considerazione o la superficie delle aree in frana, oppure il numero delle frane. Questo ultimo approccio, adottato in questo lavoro, è preferibile quando la maggior parte dei dissesti è di piccole dimensioni.

Calcolo della suscettività totale

Il peso della suscettività (Fig.9) che ne deriva è pari al prodotto delle singole suscettività parziali.

$$S(tot) = L \times U \times E \times P \times C \times T$$

Dove:
S(tot) = Peso suscettività a franare
L = Peso litologia
U = Peso uso del suolo
E = Peso esposizione
P = Peso pendenza
C = Peso concavità / convessità
T = Peso wetness index

Il significato del valore attribuito alla suscettività indica il rapporto tra la suscettività locale e quella media dell'intero territorio considerato.

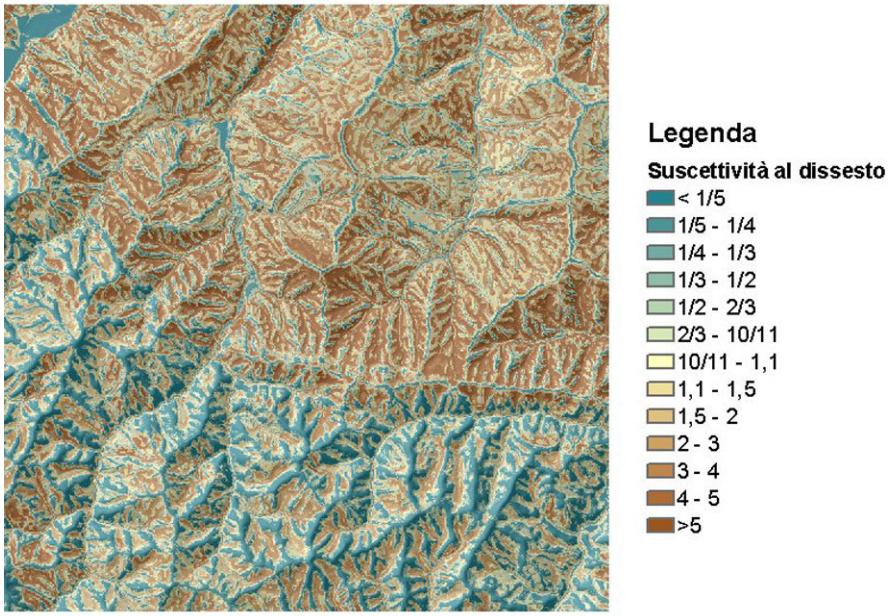

Fig.9

Conclusione

Dai dati elaborati emerge come sia la litologia ad influire in maggior misura nella definizione della suscettività a franare, seguita dall'uso del suolo, l'esposizione dei versanti riveste invece un'influenza marginale.

Le imprecisioni insite in questo metodo sono di varia origine e natura, si va dai possibili errori cartografici delle carte tematiche adottate, alle approssimazioni legate alla corretta costruzione del modello digitale che risentono sia della dimensione della cella costituente il GRID, sia della precisione ed equidistanza delle curve di livello utilizzate che non consentono di apprezzare la micromorfologia. Nonostante ciò circa l'80% delle frane ricadono all'interno di aree con suscettività al dissesto superiore a quella media del territorio; queste ultime coprono solo il 34% della superficie totale indagata.

Il dato conferma la bontà del metodo adottato, anche in presenza di alcuni limiti connaturati nei dati di partenza.

Bibliografia

Beven K. J. 1997 – TOPMODEL- a critique, Hydrological Processes, v.11, n.9, 1069-1085.

Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., and Reichenbach, P.: 1995, GIS technology in mapping landslide hazard, In: A. Carrara and F. Guzzetti (eds), *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, Kluwer Academic Publishers, pp. 135–175.

Carrara A., Guzzetti F., Cardinali M. & Reichenbach P. 1998 – Current limitations in modeling landslide hazard, edited by Buccianti A., Nardi G. & Potenza R., proceedings of IAMGS'98, 195-203.

Gallant J. C. & Wilson J. P. 1996 - TAPES-G: A Grid-based Terrain Analysis Program for Environmental Sciences, *Computers & Geosciences*, **22**, 713-722.

Greenway, D. R.: 1987, 'Vegetation and slope stability', In: Anderson and Richards (eds), *Slope Stability*, John Wiley & Sons, pp. 187–231.

Jennings P. J. & Siddel H. J. 1998 - Use of landslide inventory data to define the spatial location of landslide sites, South Wales, United Kingdom, *in* Maund, J.G., and Eddleston, Malcolm, eds.,Geohazards in engineering geology: London, Geological Society, Engineering Geology Special Publication 15, p. 199-211.

Moore I.D., Grayson, R.B. & Landson A.R. 1991 – Digital Terrain Modelling: a Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications. *Hydrological Processes*.**5**, 3-30.

Pyke R. J., Graymer R. W., Roberts S., Kalman N. B. & Sobeszczyk S. 2001 – Map and map database of susceptibility to slope failure by sliding and earthflow in the Oakland area, California. Pamphlet to accompany Miscellaneous Field Studies Map MF-2385, USGS, 37.

Van Westen, C. J. 1994 - GIS in landslide hazard zonation: A review, with examples from the Andes of Colombia, In: M. F. Price & D. I. Heywood (eds), *Mountain Environments and Geographic Information Systems*, Taylor and Francis Publishers, pp. 135–165.

Varnes D. J. & Intern. Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes 1984 – Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, UNESCO, Paris.