

Indagine sui rapporti esistenti tra uso del suolo e dissesto idrogeologico nella Regione Marche

Roberto W. Romeo¹, Pierpaolo Tiberi², Mario Floris¹, Milena Mari¹, Mauro Perugini²,
Giulio Pappafico¹, Francesco Veneri¹

¹Istituto di Geologia Applicata, Università degli Studi 'Carlo Bo', Campus Scientifico 'Sogesta', 61029 Urbino, rwromeo@uniurb.it,
(fax) 0722.304260

²Regione Marche, Servizio di Protezione Civile, V.le Tiziano 44, 60100 Ancona

Relationships between land use and landslide susceptibility in the Marche Region (central Italy)

Abstract: Landslide hazard mitigation is currently limited by the implementation of monitoring systems. These systems can provide experimental data, which can be usefully applied to the characterization of mass movement and to forecast and manage catastrophic events. A thorough knowledge of the territory is required to produce well-structured, cost-effective monitoring systems. In case of slope movements, an accurate assessment of the intensity (volume or mass and velocity) and state of activity (mean return periods) of potentially damaging events should be considered (Aleotti & Chowdhury, 1999). The landslide intensity can be ascertained using traditional (field surveys, analysis and interpretation of aerial photographs) or advanced methods (GIS techniques, analysis of satellite images). The evaluation of the state of activity is usually carried out by screening historical landslide series or by investigating the temporal occurrence of triggering factors such as rainfall and earthquakes. The scope of this study is the evaluation of the spatial and temporal landslide occurrence (i.e., hazard) in a training area near the town of Urbino (Central Italy), characterized by the extensive outcrops of Cenozoic flysch deposits that reach, in the studied area, the thickness of 350 metres of interbedded arenaceous shale. The first phase of the study was focused at obtaining a thorough knowledge of the landslide susceptibility. Data related to the main geological, geomorphological, geomechanical and hydrogeological characteristics of the investigated area and to the slope movements were collected and stored in a GIS. A univariate statistical analysis (Lee & Min, 2001) was applied to investigate the spatial relationship between the landslide location and each landslide-related factor. Using appropriate GIS-techniques several descriptive layers were produced and combined each other to portrait the Landslide Susceptibility Map. The development of a landsliding index mapping is a useful tool for both territorial planning and design of monitoring systems, which can be realized through GPS networks or RADAR images (Hilley et al., 2004). The assessment of the state of activity (the second phase of the study) was carried out analysing the frequency of landslides mobilization (Romeo et al., 2005) and the correlation between landslides and rainfall (Floris et al., 2004).

Key terms: spatial hazard, landslide susceptibility, GIS-technique, statistical analysis, central Italy.

Termini chiave: pericolosità spaziale, suscettività di frana, tecniche GIS, analisi statistiche, Italia centrale.

Riassunto

Lo studio della propensione al dissesto necessita dell'analisi delle concause naturali e antropiche che determinano la suscettività di un determinato territorio a subire fenomeni deformativi di massa. Tale studio rappresenta il primo passo verso la definizione della pericolosità da frana, analizzata attraverso approcci di tipo frequentisti o di modellazione delle cause (precipitazioni e sismi, in primis). La pericolosità a sua volta rappresenta l'elemento propedeutico per qualsivoglia analisi di rischio o la predisposizione di scenari, a fronte dei quali possano essere formulate sia politiche di intervento di mitigazione sia piani di emergenza per le operazioni di protezione civile. Scopo della presente lavoro è illustrare i risultati di uno studio condotto nel

territorio della Regione Marche volto al riconoscimento e all'analisi delle interrelazioni tra cause predisponenti e franosità. Il metodo utilizzato è basato sull'intersezione tra fattori predisponenti naturali e antropici (ad es. litologia, esposizione, pendenza, drenaggio, uso del suolo, ecc.) e l'inventario della franosità. Il risultato è l'attribuzione di pesi relativi ai diversi fattori predisponenti che hanno il vantaggio da un lato di poter essere utilizzati a fini revisionali in altri areali di studio caratterizzati dalla medesima ambientazione morfoclimatica; dall'altro di gerarchizzare le cause maggiormente predisponenti ai fini di una ottimizzazione degli interventi di controllo e gestione del dissesto idrogeologico per fini di protezione civile.

Metodologia.

Il calcolo dell'indice di franosità prevede l'impiego di un certo numero di Strati Informativi (layers). La scelta dei layers è subordinata al soddisfacimento del requisito essenziale di essere a copertura totale dell'area; dati discontinui comprometterebbero il risultato dell'analisi portando ad una sovrastima o sottostima del problema, producendo, ad ogni modo, un risultato inficiato (bias). I layers utilizzati per essere incrociati con la carta inventario dei fenomeni franosi sono stati i seguenti: la Carta Geologica, la Carta Uso del Suolo ed il modello digitale del terreno (DTM), da cui sono stati realizzati i layers Pendenze ed RBS, Ratio Base Slope (figura 1). Quest'ultimo esprime il rapporto esistente tra la giacitura degli strati, l'esposizione e la pendenza dei versanti, in altre parole mette in evidenza quale sia il rapporto tra l'orientazione dello strato e

l'orientazione del versante, e quale sia l'inclinazione dello strato rispetto a quello del versante. I formati vettoriali elaborati sono stati convertiti in una griglia 5x5 m e successivamente convertiti in formato ASCII per l'analisi probabilistica.

Per ogni layer si è poi calcolato l'Indice di Franosità relativo (IFrel), dato dal rapporto del numero dei pixel di area in frana per quel tematismo, fratto il numero totale dei pixel in frana. La medesima analisi è compiuta, per ciascun tematismo, sul numero dei pixel non in frana. I due indici relativi (a, per le aree in frana; b, per le aree non in frana), sono quindi messi in relazione al fine di determinare l'incidenza relativa di ciascun tematismo del layer, normalizzato alla sua diffusione areale, rispetto agli altri tematismi.

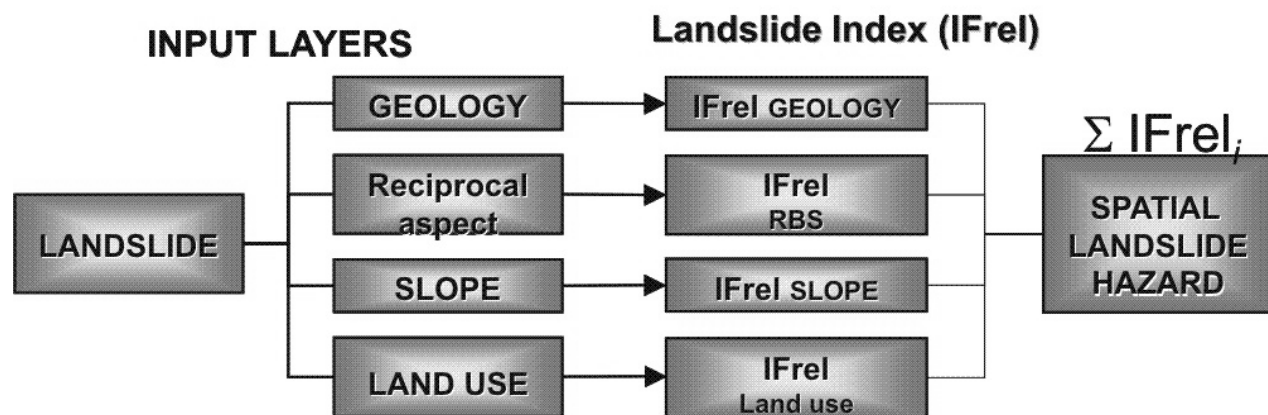


Figura 1. Diagramma di flusso della metodologia adottata nel presente studio.
Flow-chart of the presented methodology.

A titolo esemplificativo in figura 2 è mostrato l'IFrel per il layer Geologia. Malgrado la litofacies arenacea della formazione Marnoso-Arenacea (MA(A)) mostri una incidenza di oltre il 50% sulle aree in frana (indice $a=52.6\%$), la sua estensione areale fa sì che altrettanto valga anche per le aree non in frana (indice $b \approx a$) e pertanto il rapporto a/b sia unitario. Viceversa, la litofacies marnosa (MA(B)) ha una incidenza di area in frana superiore di circa il 50% rispetto al corrispondente areale di affioramento non in frana. La sintesi di tali osservazioni è riassunta nella colonna a/b di figura 2. Per valori del rapporto inferiori a 1 è preponderante il fattore stabilità rispetto a quello franosità; il contrario è vero per rapporti superiori a 1. Il rapporto limite di 1 (ad es. MA(A)), è indicativo di una condizione tipo 'testa o croce', ossia di una isoprobabilità di avere o meno instabilità per quel tematismo.

Risultati.

La sommatoria dei diversi IFrel per ciascun layer, conduce ai risultati di sintesi riportati in figura 3 in termini di distribuzioni e in figura 4 in forma spaziale. Dalla figura 3 è possibile confrontare tra loro gli indici relativi a ciascun

tematismo per ogni layer utilizzato, al fine di comparare l'incidenza di ciascuno di essi. Ad esempio è possibile osservare che i layer geologia e uso del suolo hanno la maggiore incidenza ai fini della determinazione della propensione al dissesto; in particolare, poi, la litofacies marnosa e le aree a destinazione agricola, sono quelle che determinano la maggiore frequenza relativa di fenomeni franosi. Questa semplice osservazione è già di per sé molto indicativa ai fini di un'eventuale sviluppo e pianificazione dell'uso del suolo che voglia tener conto dei fattori, naturali e/o antropici, che determinano le condizioni più gravose sotto l'aspetto dell'equilibrio geostatico. Infine la figura 4, riguardando anche quelle aree dove la combinazione dei diversi fattori, pur non manifestando instabilità, è tuttavia sintomatica di una suscettività al dissesto ($a/b > 1$), è una rappresentazione della propensione areale alla franosità. Quest'ultima è a sua volta propedeutica alla definizione di una pericolosità con connotati non solo di tipo spaziale, ma anche temporale, laddove legata allo stato di attività dei fenomeni osservati o di quelli osservabili, il cui studio, compiuto per l'area in esame, non è tuttavia mostrato nella presente nota breve per ragioni di spazio.

classes	Landslide occurred		Landslide not occurred		a/b	IFrel	
	count	ratio a	count	ratio b			
MA (B)	140754	23,5%	143595	16,1%	1,46	100	HIGH
MA (A)	315425	52,6%	466857	52,3%	1,00	68	
SCHLIER	104169	17,4%	186044	20,9%	0,83	57	
BISCIARO	39099	6,5%	89266	10,0%	0,65	44	
S. CINEREA	682	0,1%	6323	0,7%	0,14	9	LOW
Tot.	600129	Tot.	892085				

Figura 2. Esempio di calcolo dell'indice di franosità relativo (IFrel) per il layer 'Geologia'.
Sample output of the computed landslide relative index (IFrel) for the layer 'Geology'.

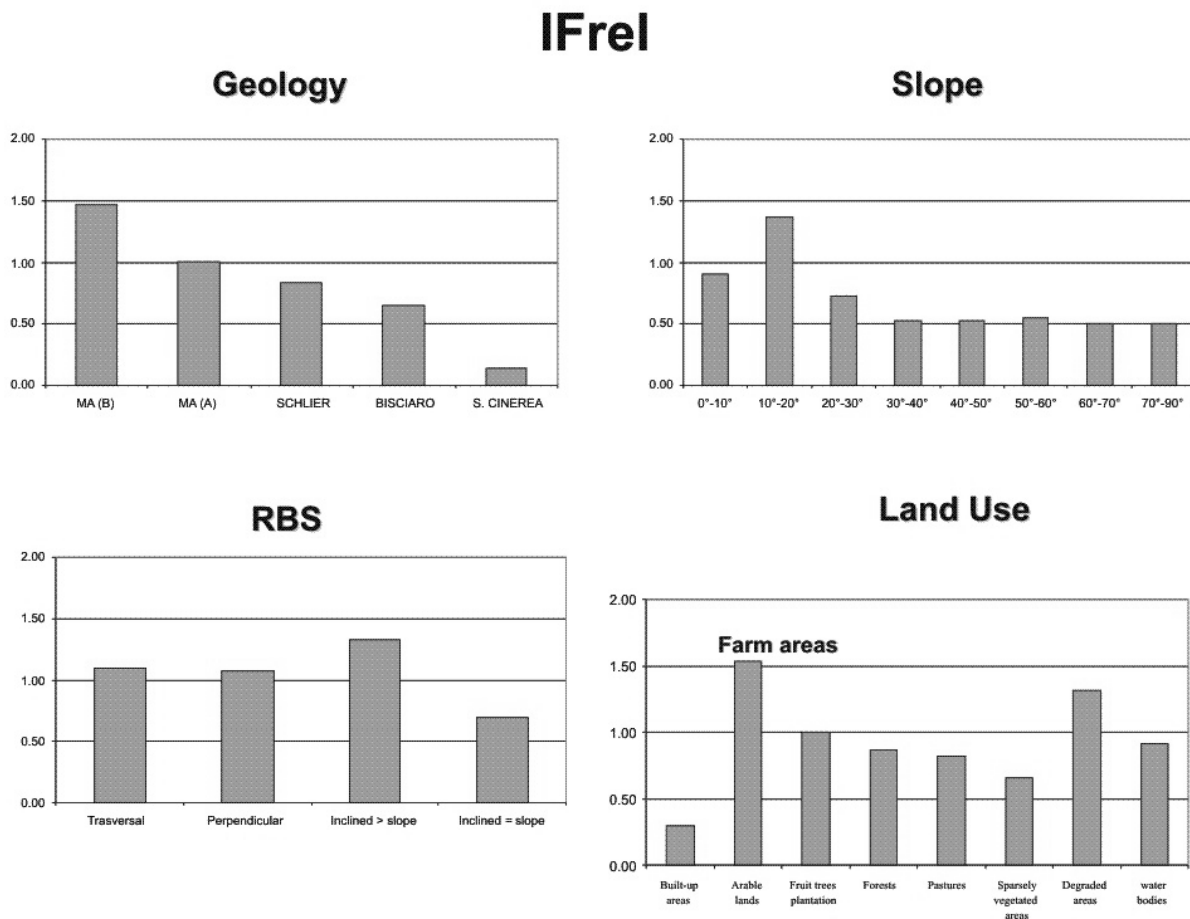


Figura 3. IFrel dei layers esaminati.
IFrel outputs for the examined layers.

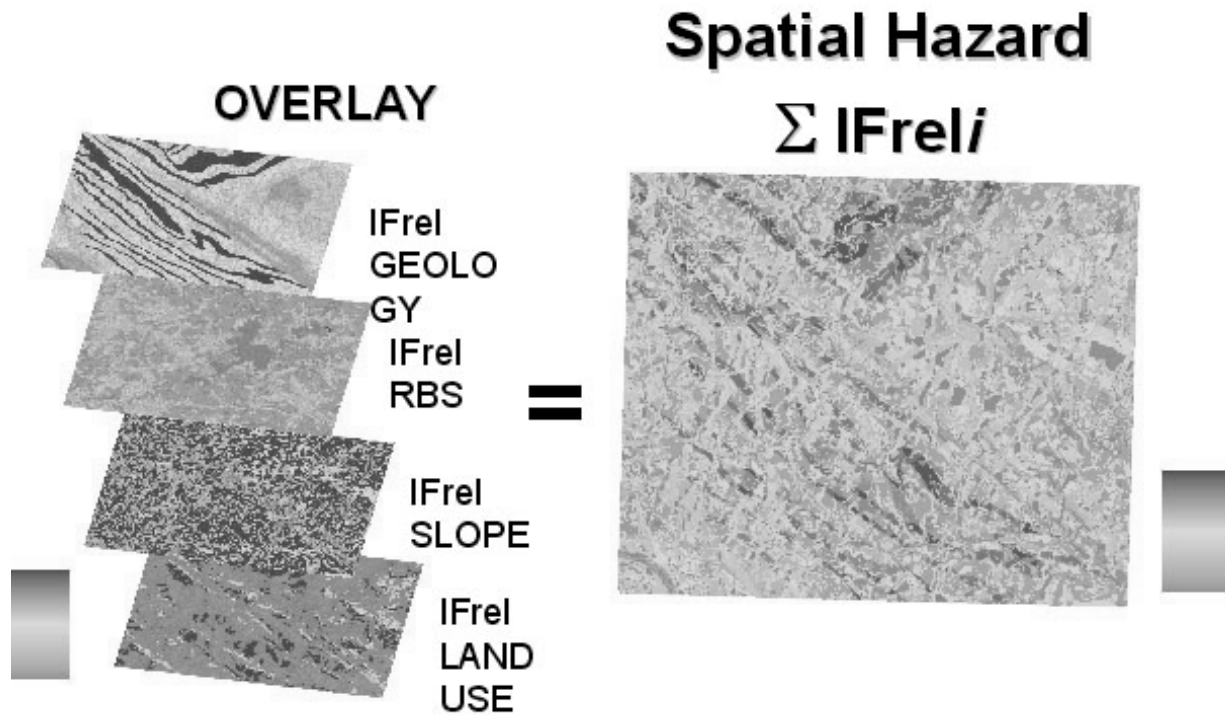


Figura 4. Carta della pericolosità spaziale da frana basata sugli IFrel.
Landslide spatial hazard map based on the computed IFrel.

Bibliografia.

Aleotti P. & Chowdhury R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Env.*, 58, 21-44.

Floris M., Mari M., Romeo R.W. & Gori U. (2004). Modelling of landslide-triggering factors- a case study in the Northern Apennines, Italy. *Lecture Notes in Earth Sciences* n.104,

Hack, Azzam and Charlier eds., 745-753, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Hilley G.E., Bürgmann R., Ferretti A., Novali F. & Rocca F. (2004). Dynamics of Slow-Moving Landslide from Permanent Scatterer Analysis. *Science*, 304, 1952-1955.

Lee S. & Min K. (2001). Statistical analysis of

landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geology*, 40, 1095-1113.

Romeo R.W., Floris M. & Veneri F. (2005). Area-scale landslide hazard and risk assessment. Submitted for publication.