L’analisi di stabilità di pareti rocciose in ambiente GIS: un caso studio in Comune di Cortaccia (Bolzano)

Daniela PIACENTINI (*); Claudia STRADA (**)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Largo Sant’Eufemia 19, 41100 Modena, Tel. 0592055857, mail: piacentini.daniela@unimore.it,
(**) Ufficio Geologia e Prove Materiali - Provincia Autonoma di Bolzano, Via Val d’Ega 48, 39129 Cardano (BZ), Tel 0471361564, mail: claudia.strada@provincia.bz.it

Riassunto

La valutazione della pericolosità da frana riveste nei territori montani, interessati da tali fenomeni, un ruolo fondamentale ai fini della corretta gestione e pianificazione territoriale. In particolare le frane di crollo risultano particolarmente pericolose a causa delle loro caratteristiche intrinseche di velocità non solo per gli insediamenti e le infrastrutture, ma altresì per le vite umane.
L’obiettivo del lavoro è di valutare e sperimentare nuovi metodi con l’ausilio di strumenti GIS per l’analisi e la gestione di tali fenomeni attraverso più fasi di ricerca che presuppongo osservazioni, misure, analisi e modelli. Le diverse fasi di analisi sono state condotte con l’ausilio delle tecnologie GIS, e sono state concepite per essere riproducibili, previo specifico adattamento, in modo semiautomatico in un’ampia casistica di aree anche dalle caratteristiche morfologiche, geologiche, geomorfologiche e climatiche differenti. A partire da un DEM ottenuto dal laser scanner e dai dati da esso desunti è stata sperimentata una metodologia per la realizzazione semiautomatica di analisi cinematiche, volte a determinare la stabilità di cunei e porzioni di roccia: ovvero si verifica se la giacitura della discontinuità rilevata in campagna o tramite l’analisi del DEM nei confronti dell’orientamento del versante può indurre condizioni di instabilità per le tipologie di rottura di tipo planare e a cuneo. In particolare sono state esplicitate equazioni di calcolo che permettono di sviluppare in ambiente GIS il metodo di Matheson (1983). La procedura elaborata permette di studiare con maggiore precisione ed oggettività le condizioni cinematiche di un versante roccioso potenzialmente instabile prescindendo da rilievi soggettivi e da analisi non uniformi. Inoltre l’implementazione GIS di una procedura semi-automatica oltre che ridurre notevolmente i tempi di elaborazione, consente la localizzazione dei settori critici estremamente utile per lo sviluppo di successivi modelli atti ad analizzare la propagazione delle frane di crollo.

Abstract

The evaluation of landslides hazard is of fundamental importance in the moutain areas which are more interested by such events, also in view of a correct land management and planning. Rockfalls landslides result to be particularly dangerous because of their specific speed characteristics as well a for the settlements and the infrastructures, especially in terms of human beings.
The main objective of this work consists of the experimentation of new methods using GIS instruments for such events analysis and management through different research phases for which observations, measures, analysis and models are necessary. The different analytical phases have been conducted using GIS technologies, and have been realized in order to be semiautomatically reproduced, and previously adapted, to a wide record of area cases considering the different morphological – geological - geomorphological and climatic conditions. Starting from a DEM which has been obtained by a laser scanner and from its resulting data methodology for the

semiautomatic kynematic analysis processing has been experimented, in order to determine the wedges and rock portions stability: using the field survey data or the DEM analysis, it is possible to control if the lying discontinuity towards the slope orientation can be at the origin of instability conditions in terms of planar or wedge fractures. Some calculus equations have been especially elaborated in order to develop the Matheson method using a GIS system. The elaborated procedure allows to study with higher precision and objectivity the kinematic conditions of a rock slope which can be potentially unstable excluding in this way any subjective field surveys results as well as any heterogeneous analytical data. Moreover the GIS implementation is extremely useful for the development of the following models in charge of the location of the rock landslides propagation critical areas.

Introduzione

L'instabilità di un versante roccioso è fortemente connessa al suo assetto strutturale, costituito dal sistema di discontinuità che intersecano e suddividono la roccia, ed è determinata da una perdita di equilibrio di una parte o dell'intero versante. La geometria e l'orientamento delle discontinuità influenzano notevolmente la stabilità di un ammasso roccioso in quanto costituiscono le linee di debolezza lungo le quali si impostano i fenomeni franosi. I giunti possono infatti essere soggetti a scivolamento e dal loro orientamento rispetto a quello del versante dipende l'evoluzione del processo di rottura. Le porzioni di versante instabili possono così dare origine a vari tipi di fenomeni gravitativi, che per le loro elevate velocità, si presentano nella maggioranza dei casi, indipendentemente dai volumi coinvolti, alquanto pericolosi.

Essendo stato l'abitato di Cortaccia (BZ) più volte interessato nell'anno 2005da fenomeni di caduta massi, l'Amministrazione Comunale ha deciso di rivolgersi al Servizio Geologico Provinciale affinché studiasse il fenomeno e prendesse le adeguate misure di sicurezza. L'obiettivo specifico del lavoro è stato quello di individuare, con l'ausilio di rilevamenti laser scanner e analisi GIS, le porzioni instabili della parete rocciosa oggetto di analisi. In particolare sono stati considerati gli scivolamenti bidimensionali, o piani, (governati da una singola discontinuità immergente in concordanza con il fronte della scarpata) e gli scivolamenti tridimensionali, o a cuneo, (definiti da due discontinuità con una linea di intersezione immergente in concordanza con il fronte delle scarpata). Per tali modelli di rottura sono quindi state effettuate analisi cinematiche, applicate tridimensionalmente in ambiente GIS, volte a determinare se la giacitura della discontinuità nei confronti dell'orientamento del versante può indurre condizioni di instabilità. Le diverse fasi di analisi sono state concepite per essere riproducibili, previo specifico adattamento, in modo semiautomatico, in un'ampia casistica di aree anche dalle caratteristiche differenti.

Area di studio

L'area di studio si trova in prossimità dell'abitato di Cortaccia in provincia di Bolzano (Figura 1).

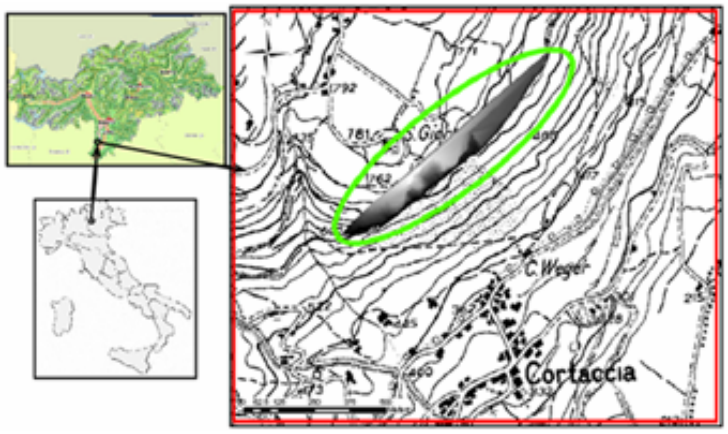

Figura 1: Inquadramento area di studio

Il nucleo principale del paese si trova su un terrazzamento naturale sul fianco orografico destro della Valle dell'Adige prima della stretta di Salorno. A monte e a valle del paese sono presenti pareti sub-verticali di dolomia (Formazione del Contrin). L'area è interessata essenzialmente da due tipi di fenomeni gravitativi, i crolli in roccia, che interessano le pareti dolomitiche sia superiori che inferiori e che hanno generato la coltre detritica che dalle pareti superiori degrada fino all'abitato di Cortaccia e gli espandimenti laterali di porzioni di bancate dolomitiche causati dalla differenza di permeabilità e di plasticità tra la Formazione del Contrin e gli "Strati Variegati" (Figura 2). Mentre il primo fenomeno, oggetto del presente studio, è molto diffuso in tutto il territorio alto atesino, il secondo è tipico della Dolomia del Contrin lungo la valle dell'Adige e segue in genere come direttrice di distacco principale o il lineamento della valle o strutture tettoniche ben marcate, come poco a sud dell'abitato, in località Pennone.

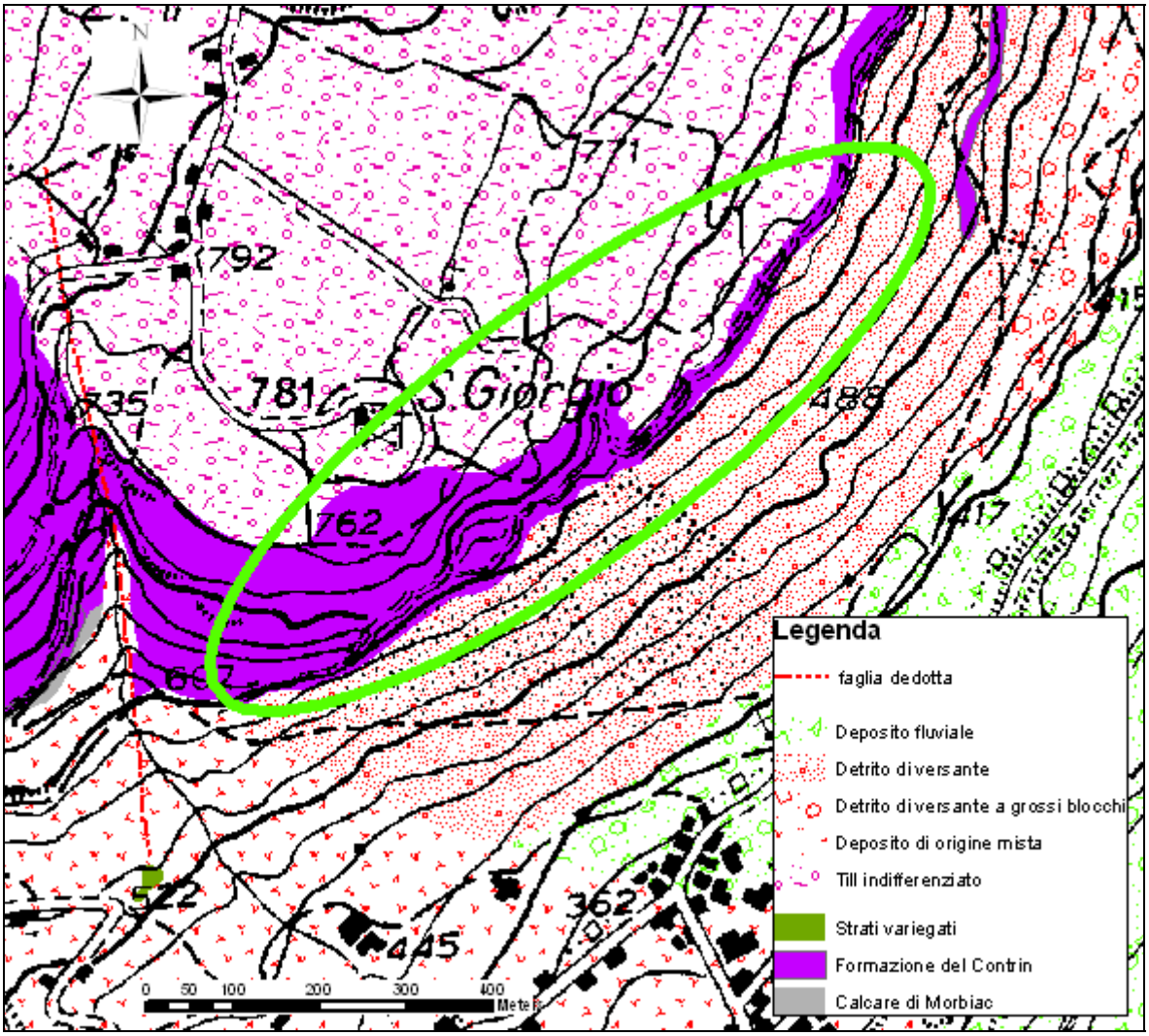

Figura 2: Inquadramento geologico - geomorfologico

Metodologia

Le analisi cinematiche, inserite nel processo di analisi di stabilità dei versanti unitamente alle verifiche di stabilità in senso stretto, permettono di individuare le modalità di rottura cinematicamente possibili e quindi le porzioni di versante potenzialmente instabili.

Nel lavoro è stata messa a punto una metodologia che permette di effettuare, a partire da un rilievo laser scanner e dai dati da esso desunti, analisi cinematiche applicando, mediante equazioni di calcolo, il cosiddetto Test di Matheson (Matheson, 1983). Tale metodo risulta infatti utile per

fornire un'indicazione qualitativa della stabilità di uno o più piani di discontinuità in funzione del loro orientamento reciproco rispetto al versante nonché della stima delle resistenze al taglio mobilitate lungo i piani di possibile scorrimento (quantificata attraverso il valore dell'angolo d'attrito medio delle discontinuità).
Per effettuare l'analisi dapprima è stata individuata la porzione di versante potenzialmente distaccante alla quale sono poi stati attribuiti i valori di immersione ed inclinazione delle principali famiglie di discontinuità, ricavate dall'analisi stereografica di tutte le fratture rilevate direttamente sulla parete mediante rilievo laser scanner con risoluzione di 0,25 cm, nonché i valori relativi alla direzione e inclinazione della linea di intersezione tra le diverse famiglie individuate.
Per i cinematismi di instabilità lungo superfici planari sono state esplicitate equazioni che esprimono tre condizioni strutturali necessarie per lo sviluppo del movimento; ovvero:

- l'immersione della superficie di potenziale scivolamento deve essere di circa ± 20° gradi rispetto all'immersione del pendio;
- l'inclinazione della discontinuità deve essere minore dell'inclinazione del pendio o la potenziale superficie di scivolamento deve affiorare sul pendio;
- l'inclinazione della discontinuità deve essere maggiore dell'angolo di attrito della superficie della discontinuità stessa.

Anche per quanto riguarda i cinematismi di rottura a cuneo sono state esplicitate le tre condizioni strutturali necessarie; ovvero:

- la direzione della linea d'intersezione deve approssimare la direzione del versante;
- l'inclinazione della linea d'intersezione deve essere minore dell'inclinazione del versante;
- l'inclinazione della linea d'intersezione deve essere maggiore del valore dell'angolo di attrito della superficie di discontinuità.

Il metodo così esplicitato (Figura 3) permette quindi di individuare le esatte porzioni del versante (in accordo con la risoluzione del DEM) ove le discontinuità, considerate presenti in ugual modo su tutta la parete, posso dare origine a rottura.

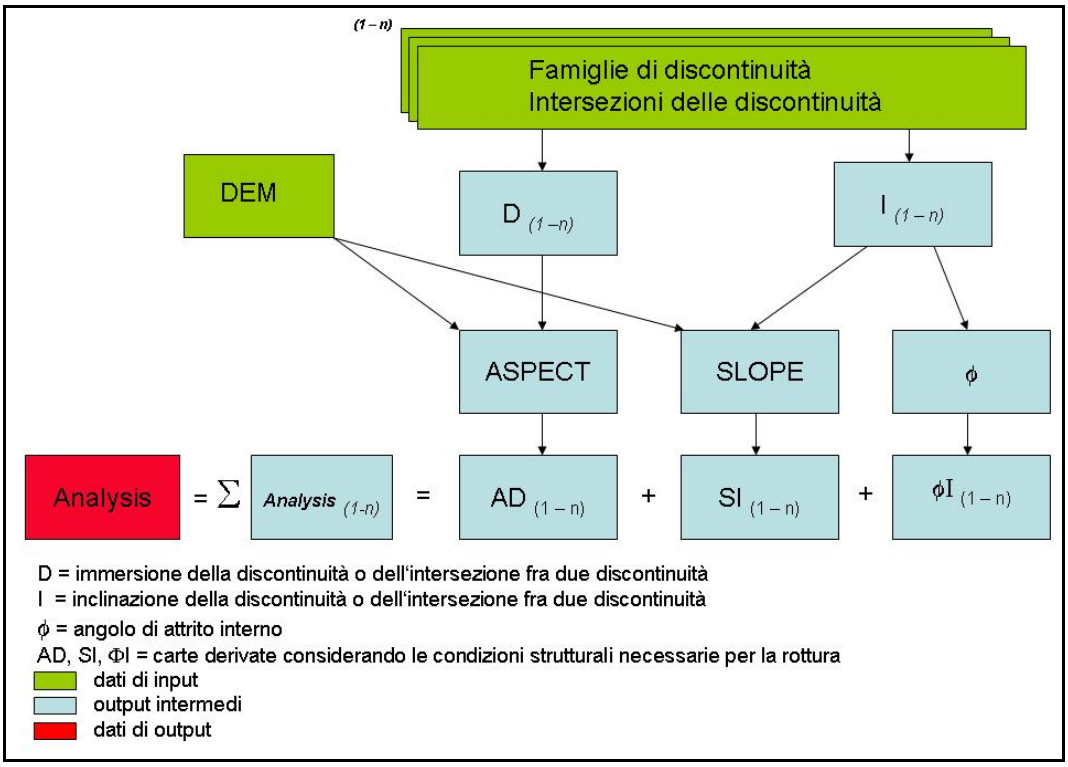

Figura 3: Schema della metodologia applicata

Risultati dell'analisi

A partire dal rilievo laser scanner effettuato sulla parete rocciosa di Cortaccia è stato possibile ricavare il modello digitale delle altezze (DEM) con risoluzione 0,25 cm e le informazioni relative all'immersione e all'inclinazione delle principali discontinuità. (Gaspari, 2006).

Tali informazioni sono state successivamente analizzate mediante l'ausilio di proiezioni stereografiche ed è stato quindi possibile individuare le otto principali famiglie di discontinuità presenti (Figura 4).

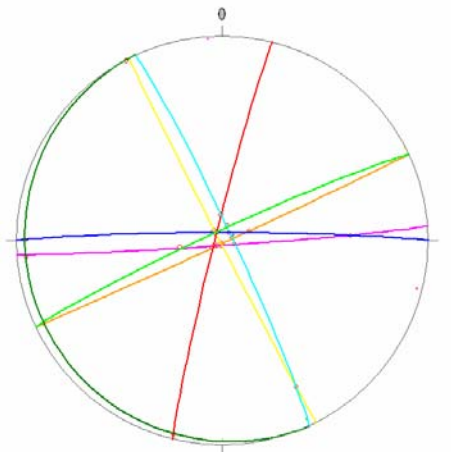

Figura 4: Proiezione stereografica delle principali discontinuità

Di queste famiglie sono state prese in considerazione i valori relativi all'immersione e all'inclinazione, oltre che la direzione e l'inclinazione delle loro intersezioni, che sono risultati essere come riportati in figura 5.

FAMIGLIA DI DISCONTINUITA' (n)	IMMERSIONE (°)	INCLINAZIONE (°)	INTERSEZIONE TRA DISCONTINUITA' (n)	IMMERSIONE (°)	INCLINAZIONE (°)
1	245	5	1/2	245	5
2	335	86	1/3	270	5
3	0	87	1/4	-	-
4	65	86	1/5	194	3
5	284	87	1/6	332	0
6	243	89	1/7	265	5
7	176	88	1/8	245	5
8	155	89	2/3	324	86
			2/4	19	84
			2/5	330	86
			2/6	317	85
			2/7	260	73
			2/8	-	-
			3/4	40	86
			3/5	324	86
			3/6	320	85
			3/7	87	38
			3/8	71	79
			4/5	357	80
			4/6	153	21
			4/7	108	85
			4/8	75	86
			5/6	315	86
			5/7	236	86
			5/8	234	85
			6/7	193	88
			6/8	211	89
			7/8	225	87

Figura 5: Orientazione delle principali famiglie di discontinuità e delle linee di intersezione

Questi valori sono quindi stati attribuiti al *raster* rappresentante la zona di potenziale distacco e successivamente confrontati, secondo le equazioni di calcolo che esplicitano le condizioni strutturali necessarie per la rottura, con l'immersione e l'inclinazione del versante ricavate a partire dal DEM.
Effettuando così l'analisi sia per quanto riguarda la rottura planare che per quella a cuneo è stato possibile ricavare le porzioni del versante più instabili (Figura 6).

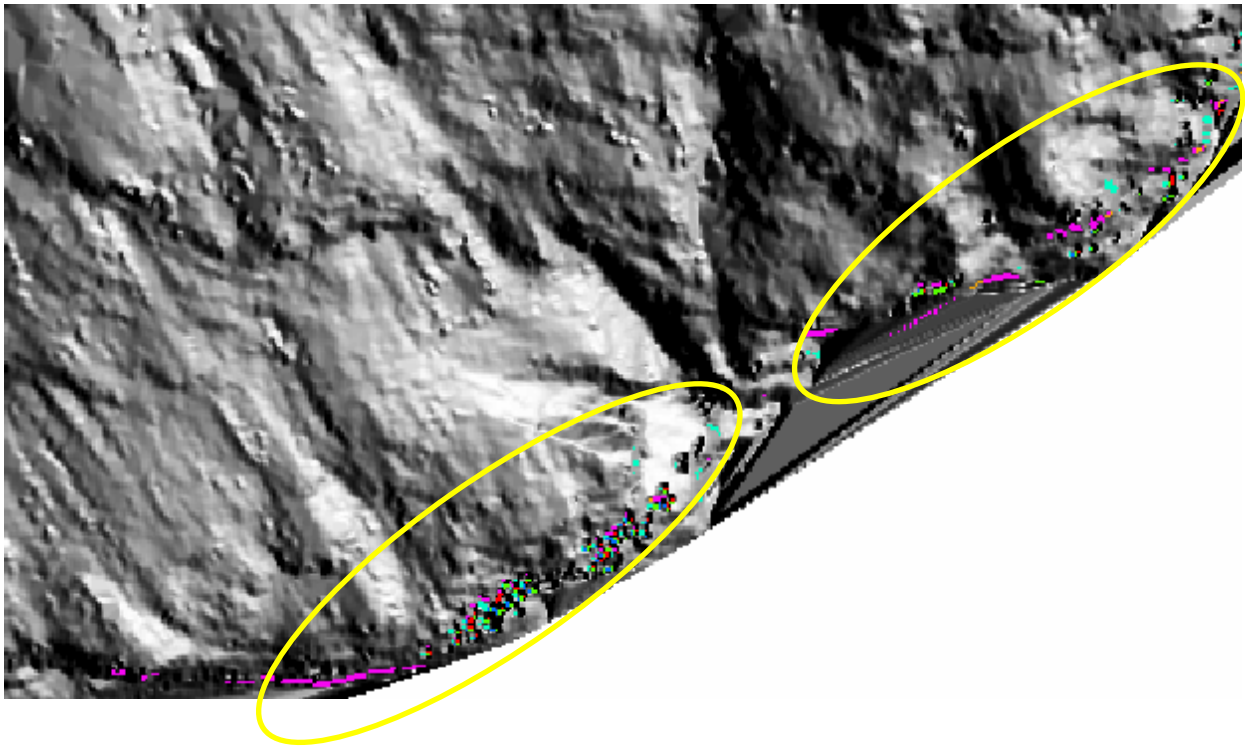

Figura 6: Esempio di risultato

Conclusioni

Si ritiene che il metodo messo a punto possa coniugare un'agevole trattazione dei dati strutturali con la possibilità di ottenere risultati precisi riferiti a ben definite porzioni del versante.
Il metodo fornendo infatti informazioni riguardo la possibile rottura ogni 0,25 cm permette di individuare in maniera immediata l'esatta ubicazione delle porzioni di versante instabile.

Bibliografia

Matheson G.D. (1983), "The collection and use of field discontinuity data in rock slope design" *Quarterly Journal of Engineering geology*, 22

Gaspari A. (2006), "Rilievo laser scanner della parete rocciosa in Comune di Cortaccia (BZ)" *Relazione interna Provincia Autonoma di Bolzano*