

Gli strumenti GIS e l'instabilità dei pendii

Per eseguire un'analisi di caduta massi affidabile è di fondamentale importanza che il fronte su cui si svolge l'instabilità sia modellato con la migliore precisione possibile, e questa, come vedremo, è un'operazione delicata; se per l'analisi semplificata bidimensionale il pendio viene schematizzato con una successione di segmenti, per l'analisi tridimensionale bisogna necessariamente utilizzare una procedura più completa, che si avvalga di Modelli Digitali del Terreno (DTM) e di metodi di calcolo specifici.

Gli strumenti GIS permettono di agevolare la definizione della geometria del fronte nel codice di calcolo utilizzato per l'analisi dell'instabilità, sia per il caso bidimensionale sia per quello tridimensionale, grazie a precisione e semplicità di utilizzo. La rapida diffusione negli ultimi anni di questi strumenti è indicativa delle potenzialità che essi offrono.

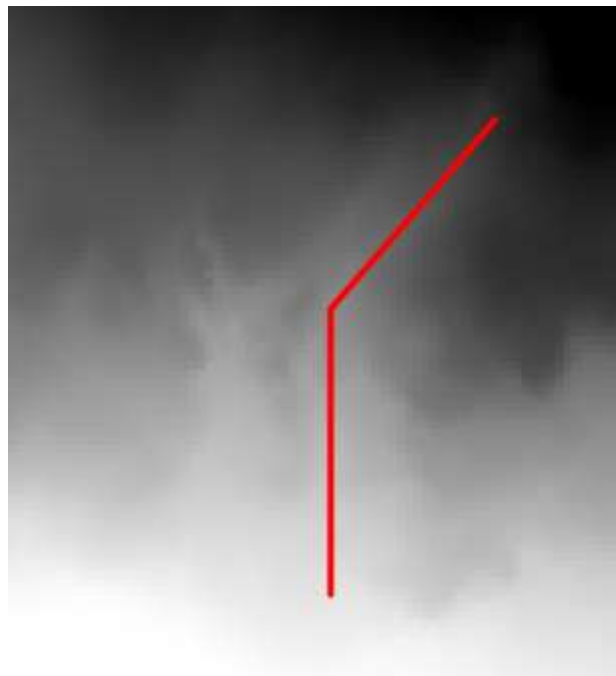


Figura 1 – Rappresentazione in scala di grigi di un DTM grazie al software QGIS, con evidenziata la sezione estratta in Figura 2

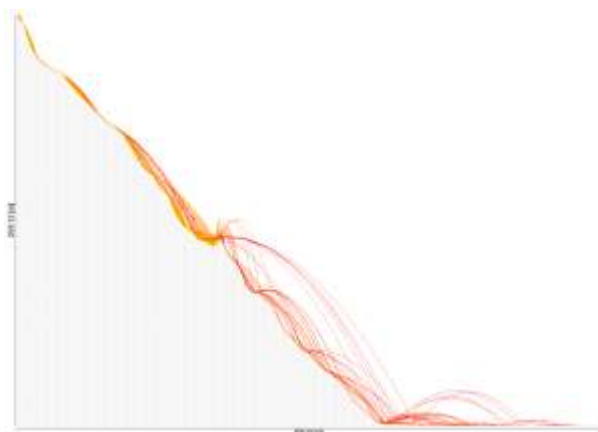


Figura 2 – Modello 2D e analisi di caduta massi semplificata (realizzata con il software IS GEOROCCE)

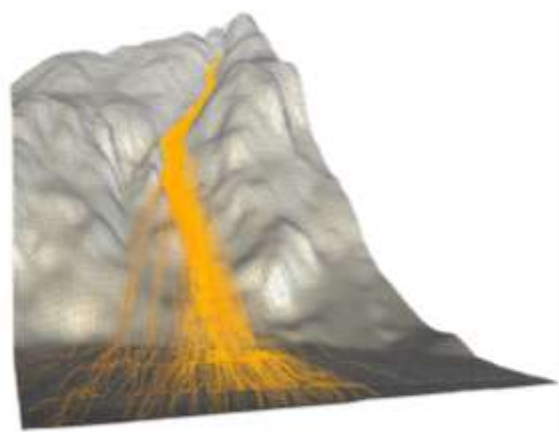


Figura 3 – Modello 3D e analisi di caduta massi completa (realizzata con il software IS GEOMASSI)

L'Ingegneria Ambientale e Geotecnica, più marcatamente degli altri rami dell'Ingegneria Civile, sono improntate alla modifica del territorio. Soprattutto in tempi recenti, grazie al diffondersi di una cultura sempre più sensibile a questi aspetti, le opere vengono progettate ed eseguite con maggiore grado conoscitivo del territorio, cercando soprattutto di aggregare e di unire quante più informazioni possibili si abbiano a disposizione. Volendo definire una costruzione di qualunque tipo bisogna considerare tutte le criticità a cui questa possa essere soggetta; nel contesto Geotecnico particolarmente importante è quali potenziali fenomeni franosi insistano sull'opera.

Per lo studio di un fenomeno di instabilità, oltre all'indispensabile caratterizzazione geo-meccanica del sito e alle eventuali prove di laboratorio, è di primaria importanza la definizione della geometria del problema in esame, ovvero la morfologia del pendio e i volumi instabili.

Tradizionalmente, prima di utilizzare un qualsiasi strumento per il calcolo (informatico e non), c'era sempre una fase di indagine analogica: rilievi topografici in sito, confronto con la Cartografia Tecnica Regionale e, in caso di analisi dettagliate, uso di fotogrammetria. L'interpretazione di questi dati, manuale, portava alla costruzione di un profilo schematizzato tramite i punti più significativi e, a causa di ciò, parte della precisione ottenuta nel rilievo era perduta.

Attualmente il paradigma di rilievo si sta spostando verso un modello interamente digitale, dall'acquisizione all'elaborazione: LiDAR (tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto utilizzando un impulso laser) e interferometria radar (tecnica di telerilevamento basata sul confronto di due immagini radar acquisite in tempi diversi), siano esse da un punto di cattura terrestre e fisso oppure aereo e mobile, sono le tecnologie maggiormente sfruttate per il dettaglio che sono in grado di restituire e per la velocità di produzione estremamente elevata che consentono di raggiungere.

Parallelamente, i dati ottenuti (i DTM, Modelli Digitali del Terreno) vengono rilasciati pubblicamente e resi disponibili in banche dati.

I software GIS permettono di visualizzare i DTM e di effettuare su di essi un gran numero di operazioni fondamentali per l'analisi ingegneristica/geologica/topografica: estrazione di curve di livello, interpolazione di dati, conversione tra i diversi formati, triangolazioni, riproiezioni in tempo reale per garantire congruità tra sistemi di riferimento differenti, analisi geomorfologica (pendenza, esposizione, ombreggiatura...), gestione di più layer, etc.

Uno dei punti di forza di questo approccio risiede proprio nella gestione e visualizzazione contemporanea di più livelli di informazione in modo sovrapposto. Ad esempio, avendo a disposizione una cartografia di base con rappresentazione delle infrastrutture, il catalogo frane (vettoriale) fornito dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e il DTM (raster) del territorio esaminato, si può delineare come una frana coinvolga un'infrastruttura e calcolare se il suo distacco sia possibile.

All'interno del mondo GIS esistono due approcci diversi per la rappresentazione di un dato, che si traducono in altrettanti formati.

Il formato raster suddivide la realtà fisica in celle (pixel) di dimensioni regolari e organizzate in una griglia equispaziata; tra i punti del raster e i punti sulla superficie terrestre esiste una corrispondenza biunivoca, determinata dal sistema di riferimento in cui il raster è inquadrato e dalle dimensioni della griglia che esso

descrive. La posizione di una cella nella griglia è definita in termini di indici di riga e di colonna; l'estensione maggiormente utilizzata per questo formato è la .ASC.

Il formato vettoriale si basa, invece, sulla rappresentazione analitica delle entità; gli elementi fondamentali con cui si costruiscono i file vettoriali sono il punto, la linea e la superficie; l'estensione più comune di questo formato è la .SHP.

Per quanto riguarda il panorama italiano, la distribuzione dei dati è gestita in modo frammentario, ma regolata dal Decreto Legislativo 32/2010: ogni Regione ha il proprio portale per la distribuzione dei dati e detiene i diritti sugli stessi. Allo stesso modo la produzione di nuovi dati avviene a livello regionale, per cui spesso accade che alcune Regioni offrano file DTM molto più precisi di altre. Gli Enti più organizzati forniscono metodi di distribuzione dei dati con un collegamento diretto operabile dal software GIS in uso, tramite diversi protocolli; a seconda di quello utilizzato per la richiesta di un dato da un database è possibile ottenere risultati differenti:

- **WMS** Web Map Service, grazie a cui il dato viene restituito solo *visualmente* sotto forma di immagine ed è quindi soltanto visualizzabile senza poter eseguire alcuna operazione;
- **WFS** Web Feature Service, grazie a cui il dato viene restituito *numericamente* in formato vettoriale ed è scaricabile localmente;
- **WCS** Web Coverage Service, grazie a cui il dato viene restituito *numericamente* in formato raster ed è scaricabile localmente.

Altri Enti permettono di scaricare i dati tramite un portale accessibile via browser.

Esistono anche dei portali che cercano di armonizzare questa frammentarietà (ad esempio il Geoportale Nazionale), ma i dati liberamente scaricabili non godono della stessa precisione di quelli disponibili presso la corrispettiva Regione. Basti pensare che il DTM che copre tutta l'Italia, disponibile proprio sul Geoportale Nazionale, gode di un'interpolazione su celle 20x20 metri (e quindi risulta poco preciso); per i DTM specifici regionali meno precisi, come quelli di Basilicata e Lombardia, la dimensione delle celle è 5x5 metri; per quelli più precisi, tra cui quelli di Trentino e Toscana, 1x1 metri. Già avendo a disposizione DTM con celle 5x5 metri, è possibile effettuare analisi molto più significative rispetto a quelle ottenibili a partire da un DTM con celle 20x20 metri.

Quanto detto fin qui delinea come siano utili sia gli strumenti (tra cui si segnala il programma open source QGIS) sia i dati disponibili gratuitamente nel mondo GIS. Avendo a disposizione questo materiale, è possibile lavorare molto velocemente alla ricostruzione del modello di un pendio.

Volendoci qui concentrare sui problemi di caduta massi, si avrà a che fare sia con la modellazione bidimensionale sia con quella tridimensionale. Nel primo caso, partendo dal DTM (Figura 1), è necessario estrarre una sezione significativa su cui eseguire l'analisi e tutti i software GIS sono in grado di eseguire questa operazione. In modo analogo i software di calcolo per la caduta massi sono in grado di ricostruire direttamente la sezione estratta da un software GIS (in Figura 2 si vede un profilo all'interno del software IS GeoRocce prodotto da CDM DOLMEN) e di effettuare l'analisi.

Per quanto riguarda i programmi di calcolo tridimensionali, il pendio viene ricostruito direttamente importando il file DTM (in Figura 3 si vede un fronte all'interno del software IS GeoMassi prodotto da CDM DOLMEN) e il software GIS interviene al più se è necessaria la traduzione del DTM in un formato specifico, così come per ritagliarne un particolare o per unire dati confinanti ma non continui.

Sebbene entrambi gli approcci sfruttino in generale un metodo “Lumped Mass Ibrido” (per cui il blocco è considerato come un punto materiale nella determinazione dei punti di impatto, ma forma e dimensioni e ulteriori parametri legati al pendio, come la rugosità, influenzano il rimbalzo ed il moto di rotoscivolamento) associato ad un’analisi statistica, è chiaro come con un modello tridimensionale sia più facile cogliere in modo completo il moto sia nelle fasi di volo, sia in quelle di impatto/rimbalzo, sia in quelle di rotolamento. Questo è osservabile soprattutto durante l’impatto del masso, per cui le velocità in gioco si modificano sia in funzione dei coefficienti di restituzione, ma anche a causa della giacitura locale del pendio, dettaglio non riscontrabile in caso di un’analisi piana; in misura minore, anche durante il rotolamento la traiettoria del blocco viene deviata a causa della pendenza propria della superficie su cui avviene il moto.

Uno dei benefici dell’analisi bidimensionale rimane comunque la possibilità di costruire anche in modo manuale il profilo, definendo i singoli punti che lo compongono; un approccio di questo tipo nella modellazione tridimensionale è evidentemente impossibile, in quanto richiederebbe l’inserimento di migliaia di punti.

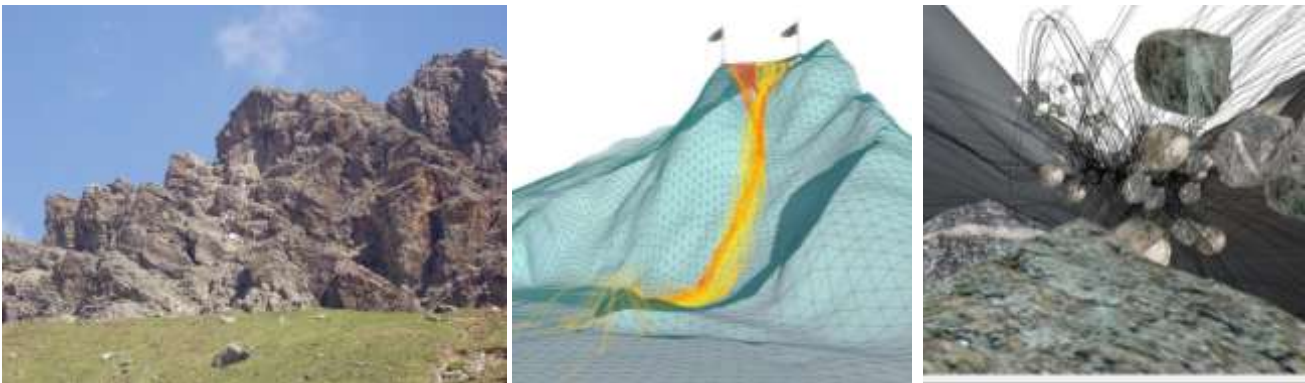


Figura 4 - Fronte roccioso, modello in IS GeoMassi e vista di alcune traiettorie percorse dai blocchi.

In conclusione possiamo affermare che gli strumenti GIS costituiscono la perfetta liaison tra l’analisi e l’interpretazione del dato spaziale di riferimento (DTM) e il calcolo di caduta massi 3D, grazie a software specifici che si avvalgono di metodi Lumped Mass completi, come IS GeoMassi. Questo tipo di approccio, più completo di quello bidimensionale, permette di evidenziare traiettorie di discesa dei blocchi che verrebbero trascurate effettuando l’analisi sezionale, e che quindi potenzialmente raggiungerebbero zone del territorio differenti rispetto a quelle attese.

Grazie all’accesso a database gratuiti e facilmente consultabili, infine, i modelli numerici possono essere costruiti con sufficiente precisione e senza la necessità di ulteriori e costosi rilievi dedicati.

Per approfondire l’utilizzo dei software di calcolo in 2D e in 3D vi invitiamo a visitare le pagine:

<http://www.cdmdolmen.it/Prodotti/isgr.htm>

<http://www.cdmdolmen.it/Prodotti/isgm.htm>

L’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Piacenza, in collaborazione con CDM DOLMEN, organizza il seminario “STABILITÀ DI: PENDII IN TERRENI SCIOLTI E FRONTI ROCCIOSI CON CADUTA MASSI” che si terrà il 6 ottobre presso la Fiera Geofluid a Piacenza. Per informazioni ed iscrizioni:

<http://www.cdmdolmen.it/incontri/anno2016/locandina-geotecnica-piacenza.pdf>