POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Strumenti GIS per la gestione del rischio di caduta massi

Original
Strumenti GIS per la gestione del rischio di caduta massi / Alessandra, C., Chaussod, A., DE MAIO, M., Alessandro, G., Lingua, A.M., Marchelli, M., Musci, M.A., Peila, D., Gioia Tore, M., Torelli, G., Uccheddu, M.. - ELETTRONICO. - (2018), pp. 297-304. (ASITA 2018 Bolzano 27-29 novembre 2018).

Availability:
This version is available at: 11583/2763353 since: 2020-08-20T08:45:17Z

Publisher:
Federazione ASITA

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

25 November 2026

(2 interlinee 16pt)

Strumenti GIS per la gestione del rischio di caduta massi

Alessandra Cauli ([a]), Andrè Chaussod([a]), Marina De Maio ([b]), Alessandro Grange ([a]), Andrea Maria Lingua ([b]), Maddalena Marchelli ([b]), Maria Angela Musci([b]), Daniele Peila([b]), Maria Gioia Tore([a]), Giordano Torelli([a]), Marco Uccheddu ([a])

(a) Engineering Ingegneria Informatica, Sede Legale Via San Martino della Battaglia, 56, 00185 Roma, Tel. 06-49201, email: nome.cognome@eng.it

([b]) Politecnico di Torino, DIATI, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino, 011-090(7685,7700,7657, 7703, 7607), nome.cognome@polito.it

Riassunto

Una delle problematiche principali dell'arco alpino e delle aree montane in generale è rappresentata dai fenomeni di crolli di roccia, che prevedono il distacco con conseguente movimentazione per caduta libera, rimbalzo e rotolamento di blocchi di roccia anche di centinaia di metri cubi.

Con l'aumento delle reti viarie e dei volumi turistici, risulta sempre più incalzante l'esigenza di provvedere alla pubblica incolumità, attraverso una corretta pianificazione territoriale nell'ambito della protezione geo-idrologica.

In questo contesto, si configura la necessità di fornire uno strumento di supporto alla decisione multi-scala e multi-temporale per la raccolta dei dati relativi ai crolli e la relativa analisi, in cui sia possibile definire i diversi scenari di rischio ed elaborare analisi di pericolosità e di rischio.

In risposta a tale esigenza il progetto RED (Risk Evaluation Dashboard), finanziato dalla Regione Valle d'Aosta nell'ambito del Programma investimenti per la crescita e l'occupazione 2014/20 (FESR) e del Programma investimenti in favore della crescita e dell'occupazione 2014/20 (FSE), prevede lo sviluppo di un Cruscotto/Dashboard, che con l'applicazione di appositi algoritmi, effettui valutazioni speditive e ponderate a supportare la gestione del rischio di crolli in roccia.

All'interno delle attività di progetto, è stato quindi condotto uno studio dello stato dell'arte dei sistemi informativi utilizzati e degli open data già resi disponibili per la documentazione dei fenomeni di crolli in roccia da un lato, e dall'altro uno studio sugli *end-user requirements* per la progettazione di un modello dati a supporto del Cruscotto.

Nel presente lavoro si propone la descrizione della dashboard e della struttura dati del GIS, ponendo l'attenzione sugli aspetti di interoperabilità e armonizzazione necessari per migliorare l'interscambio dati provenienti da

diverse fonti e favorire la collaborazione di tutte le risorse (gestionali e operative) coinvolte per la gestione del rischio di caduta massi.

Abstract
The rockfall is one of the main problems of mountain areas and thus of the Alpine space. The rockfalls involve detachment and therefore the movement by free fall, rebound and rolling of rock blocks even hundreds of cubic meters.
due to the increasing of road networks and tourist volumes, a more accurate territorial planning of geo-hydrological protection is an important requirement, in order to guarantee the public safety.
In this scenario, a multi-scale and multi-temporal decision support tool that collect data on the rockfalls and develop the related analysis needs to be designed in order to define different risk scenarios and to elaborate analysis of hazard and risk.
The RED project (Risk Evaluation Dashboard) financed by the Regione Valle d'Aosta, as part of the "Programma investimenti per la crescita e l'occupazione 2014/20 (FESR) 2014-20" and the "Programma investimenti in favore della crescita e dell'occupazione 2014/20" (FSE), addresses the issue of developing a dashboard able to supports, by the application of customized algorithms, prompt and weighted assessments of the risk of rockfall.
A part of the project activities has been focused, on one hand, on the state of the art of the available information systems and open data for the documentation of the rockfalls, and, on the other hand, a study of the end-user requirements for the design of dashboard data model.
In this paper, the dashboard and the GIS data structure are described. The attention is focused on the interoperability and harmonization aspects in order to improve the data exchanging from different sources and to support the collaboration of all involved resources (management and operational) in the rockfall documentation and risk assessment.

Introduzione

Le gestione del rischio di caduta massi rappresenta una delle principali problematiche dei territori montani, soprattutto sull'arco alpino. I maggiori problemi riguardano gli aspetti connessi ad una corretta pianificazione territoriale e protezione geo-idrogeologica per garantire la pubblica incolumità.
La pianificazione infatti, necessita dell'individuazione di scenari di rischio, la valutazione dell'impatto sugli elementi a rischio, unitamente alle informazioni relative alla ricorrenza e all'intensità di tali fenomeni. Questa grande mole di dati risulta spesso non solo difficile da raccogliere e stimare per l'incertezza che accompagna ciascuna variabile in gioco, ma anche da gestire.

In questo contesto, il progetto RED (Risk Evaluation Dashboard), finanziato dalla Regione Autonoma della Valle d'Aosta, si pone l'obiettivo di definire uno strumento informativo unitario utile per la definizione e gestione del rischio di caduta massi e valanghe. In particolare, nel presente lavoro verrà analizzata solo la parte relativa ai "crolli in roccia".
Il punto di forza del progetto, il cui lavoro di ricerca si materializza nell'implementazione di una dashboard, è quello della definizione di un unico strumento di raccolta e analisi dati che si rivela necessario per ridurre quell'intrinseco grado di incertezza legato non solo alla natura del fenomeno ma anche alle scelte dell'operatore. Unitamente alla gestione dei dati relativi alla caduta massi, il sistema informativo si configura come uno strumento di frontiera per il monitoraggio e la valutazione dello stato di conservazione delle opere di difesa.
In tal senso il cruscotto può fornire alle amministrazioni uno strumento utile per la valutazione e conseguente gestione del rischio, con ricadute sulla pianificazione territoriale e sulla predisposizione di opportune opere di mitigazione. Tale strumento può risultare altresì utile anche per tecnici e professionisti che intendono studiare il pericolo di crolli di roccia e progettare opportune opere di difesa.
In sintesi, quindi il sistema è configurato per raccogliere, produrre mappe tematiche e elaborare dati strutturati. In particolare permette di:

- raccogliere, uniformare e integrare tutte le informazioni su una specifica area in differenti livelli di approfondimento;
- generare mappe tematiche delle opere di difesa esistenti sul territorio e di identificare per ciascuna di esse lo stato di conservazione;
- definire differenti scenari di pericolosità, livello di pericolosità e rischio per due differenti scale di approfondimento considerando differenti elementi a rischio;

Nel presente lavoro, si vuole illustrare la struttura dati del GIS, ponendo l'attenzione sugli aspetti di interoperabilità e armonizzazione. Esistono infatti a livello regionale, seppur non in maniera non diffusa, sistemi informativi di catasto per fenomeni di caduta massi. L'idea alla base di questo progetto invece vuole enfatizzare la necessità di farli convogliare in un unico strumento e favorire la collaborazione tra tutte le risorse coinvolte.

Breve descrizione dello scenario italiano in ambito GIS

Attualmente esistono a livello italiano diversi sistemi GIS che raccolgono dati relativi al fenomeno della caduta massi. Tuttavia molto spesso si tratta di strumenti di archivio degli eventi passati con poche possibilità di disporre di

dati aggiornati e poche possibilità da parte dell'utente di collaborare e di integrare il dato.
La fase di ricerca riguardo lo stato dell'arte degli strumenti informativi, costituisce il punto di partenza per la progettazione della dashboard. La nuova struttura dati è stata armonizzata con i database esistenti per evitare la duplicazione di dati già ben organizzati.
Tra gli esempi di banche dati analizzate, i principali limiti riscontrati sono relativi all'impossibilità di distinguere la tipologia del dissesto, dalla scarsità e l'aggiornamento delle informazioni fornite sui singoli eventi. Tuttavia, esistono prodotti più completi, ma riportano forti limitazioni dovute alla bassa velocità di caricamento, alla gestione della grande mole di dati presenti e alla possibilità di non accedere agevolmente ai dati.
A livello nazionale l'inventario IFFI risulta attualmente l'unico sistema informatico in grado di fornire i dati relativi allo storico dei crolli in roccia (SINAnet, ISPRA, Cart@net-IFFI,2007). I dati forniti riguardano sostanzialmente la data del crollo e il volume indicativo. I dati vengono rilasciati ma sul web-gis non è possibile effettuare alcuna elaborazione o analisi direttamente. Inoltre la base cartografica fornita, per il catalogo in questione, non risulta completa. A livello regionale, esistono degli strumenti simili, ad esempio la Valle d'Aosta (considerata come caso studio principale del progetto), dispone di un Geoportale (Regione Autonoma Valle d'Aosta, GeoDissesti) che raccoglie gli eventi di dissesto idro-geologico, fornendo per ciascuno una scheda con l'indicazione della località, la data, una descrizione del fenomeno e del danno e l'indicazione approssimativa della volumetria. Anche in questo caso, le informazioni raccolte sono limitate a catalogare storicamente l'evento. In tal senso, il cruscotto progettato, permette una visione onnicomprensiva delle informazioni relative ai fenomeni di crolli in roccia, fornendo non solo la base cartografica strettamente legata alla localizzazione del fenomeno, ma anche quella utile a favorire analisi di rischio e pericolosità. All'esigenza di fornire tutte le informazioni necessarie è legato l'aspetto di standardizzazione di alcuni dati attualmente registrati solo sotto forma di relazioni tecniche e quindi in modalità descrittive. Il modello di dati a tal proposito è stato progettato come estensione del modello proposto dalla direttiva INSPIRE (European Commission, 2007).

La dashboard RED

La progettazione back-end e front-end della dashbord e la gestione degli strati informativi ha richiesto un accurato studio bibliografico del fenomeno di caduta massi e analisi di pericolosità e rischio disponibili in letteratura per l'individuazione della base dati di partenza (Corominas et al., 2005; Castelli M.,

Scavia C., 2008; Volkwein et al., 2011,Mavrouli et al., 2014; Crosta et al., 2015).
Le procedure esistenti sono state criticamente analizzate e rimodellate in funzione del livello di approfondimento dei open dati disponibili.
A partire dall'analisi critica dei dati raccolti e delle metodologie di analisi di rischio, è emersa la necessità di:

- operare a due differenti livelli di approfondimento;
- effettuare una ri-codifica dei dati secondo la direttiva INSPIRE;
- sviluppare opportune metodologie per l'integrazione dati con dettagli maggiori.

Il cruscotto, progettato per configurarsi come uno strumento multi-scala e multi-temporale è stato organizzato in due moduli interconnessi, ognuno dei quali focalizzato su una scala di rappresentazione differente:

- piccola scala: porzione di territorio facente riferimento a unità territoriali quali ad esempio province, comunità montane o intere regioni;
- grande scala o scala di dettaglio: porzione limitata di territorio strettamente circoscritta a un evento di crollo avvenuto o potenziale, o ad una specifica parete rocciosa oggetto di analisi dedicate

A partire da una base cartografica comune INSPIRE *compliant,* è possibile navigare nel sistema informativo geografico alle diverse scale e valutare il grado di dettaglio necessario.
Sono stati individuati come base cartografica le seguenti informazioni:

- Modello Digitale del Terreno (DTM, Digital Terrain Model);
- Carta Tecnica Regionale (CTR);
- ortofoto;
- grafo stradale e traffico veicolare;
- carte tematiche (e.g. carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, Corine Land Cover, Inventario dei fenomeni franosi);
- carte di pianificazione (Piano Regolatore);
- carte strategiche;
- carta di stazioni di monitoraggio meteo.

Al fine di fornire dei dati aggiornati, si è prevista la possibilità di visualizzare direttamente le mappe rese disponibili in base all'ultimo aggiornamento dalle amministrazioni e la possibilità di editare sul Cruscotto gli strati informativi in base alle necessità dell'utente. All'utente è consentito aggiornare anche eventualmente la parte geometrica del dato.

La struttura dati per il GIS sviluppato per RED

Al fine di sviluppare uno strumento GIS multi-scala si è partiti dalla definizione di un modello che prendesse in considerazioni nello specifico i seguenti moduli (Figura 1):

- Dati metereologici
- Monitoraggio
- Caratterizzazione del sito
- Opere di difesa
- Analisi di propagazione (analisi traiettografiche)

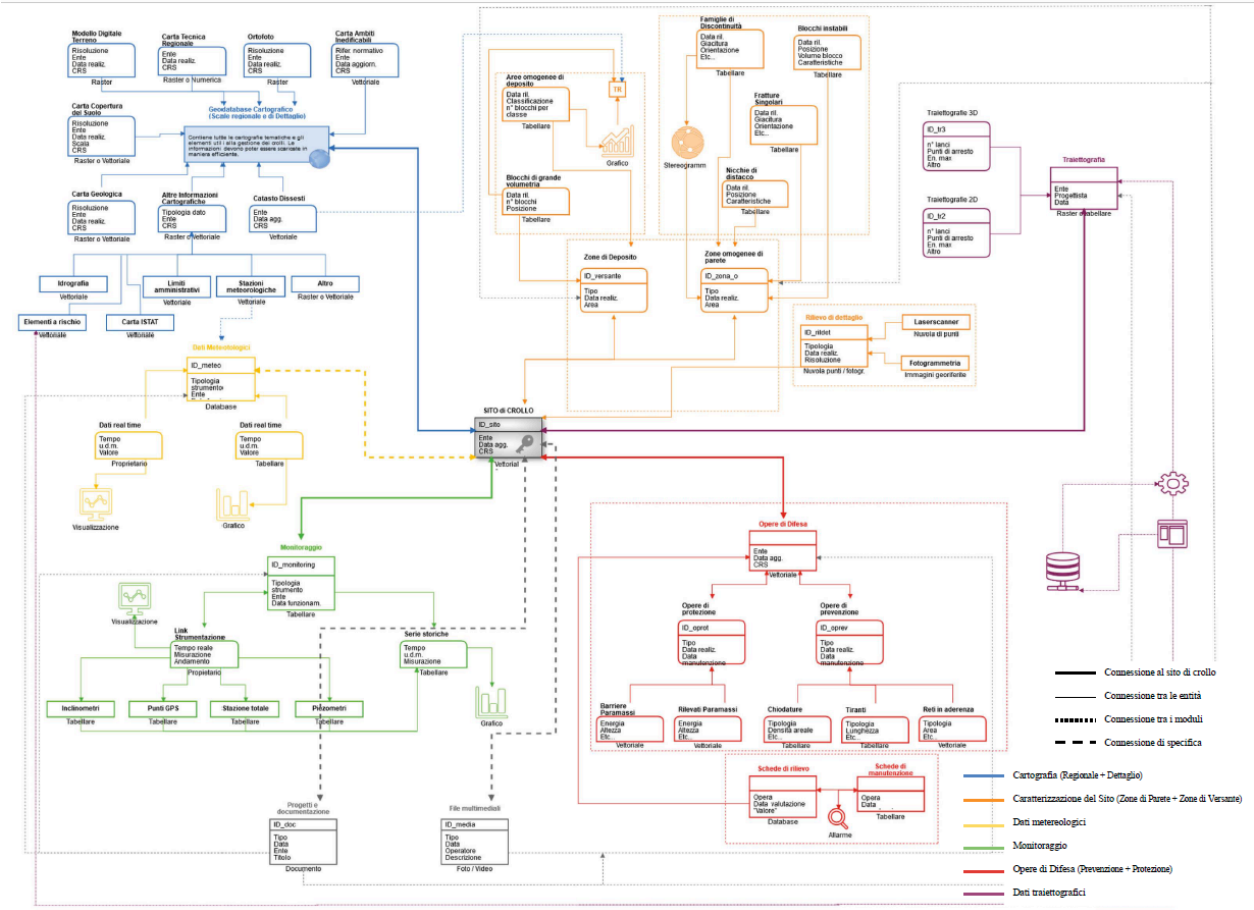


Figura 1 – Modello concettuale

La scelta delle ulteriori classi di dati è stata fatta in funzione degli algoritmi per il calcolo della suscettibilità e pericolosità e rischio implementati nel cruscotto. Per la scelta degli opportuni scenari di pericolosità e le conseguenti analisi di pericolosità e rischio sono quindi state individuate le seguenti classi di dati, già esistenti in alcuni inventari e opportunamente integrabili dai diversi utenti:

- storico dei siti di crollo(IFFI- Inventario dei fenomeni franosi);

- siti di potenziale crollo (IFFI- Inventario dei fenomeni franosi);
- tipologie di copertura del suolo (da CLC- Corine Land Cover).

Relativamente alla scala di dettaglio, non essendo usualmente disponibili e/o strutturati in maniera congruente i dati necessari, si è scelto di codificare i dati richiesti, al fine di ottenere una descrizione univoca di input e output delle analisi condotte. I dati di input nella maggior parte dei casi sono deducibili da un rilievo di dettaglio in sito. Il rilievo in sito consente di creare a livello di dettaglio un database univoco ed aggiornato.
La definizione della struttura dati è stata pensata secondo procedure e formati standard, quando disponibili. In alternativa, vista la complessità del fenomeno e le forti condizioni a contorno definite dagli algoritmi, sono proposte delle specifiche estensioni dello standard INSPIRE (2007/2/CE del 14 Marzo del 2007).
La conformità della base dati definita per il cruscotto con tale direttiva, soprattutto per le zone montuose, come ad esempio la Valle d'Aosta, risulta un elemento fondamentale per le opportunità di condivisione con le regioni europee a essa confinanti e quindi una quantità maggiore di dati per un quadro più completo per le analisi di rischio. Per la progettazione del modello di dati si è fatto riferimento in particolare, all'Allegato II e Allegato III della direttiva (Directive 2007/2/EC).

Conclusioni

La dashboard sviluppata, disponibile come strumento web, si pone come obiettivo quello di raccogliere i dati relativi a crolli in roccia e valanghe, in maniera armonizzata e facilmente aggiornabile. In tal modo, si mette a disposizione uno strumento per la gestione del rischio idro-geologico, utile per qualsiasi operazione di pianificazione e prevenzione. La difficoltà progettuale di uno strumento del genere risiede nella complessità di modellare un fenomeno complesso e contenere la mole di dati necessari per compiere le analisi di rischio e pericolo conoscendo bene le condizioni a contorno. Il grande punto di forza della soluzione applicativa realizzata è la possibilità di integrare dati open source e già presenti in rete con dati più di dettaglio armonizzati ed integrati. Avendo a disposizione tutti i dati necessari, è possibile nel cruscotto disporre di uno strumento per lo studio speditivo e la produzione di mappe di pericolosità e rischio a diverse scale di approfondimento, considerando diverse metodologie ed elementi a rischio. Il sistema quindi si configura come uno strumento integrato ed integrabile in base alle esigenze, per le analisi di rischio e per le attività di prevenzione e protezione in caso di crolli in roccia.

Riferimenti bibliografici

Bonnard, C., Forlati, F., Scavia, C., (eds.) (2004): "Risk Analysis of Large landslides in alpine environment: the IMIRILAND project". Rotterdam: Balkema.

Budetta P. (2004), "Assessment of rockfall risk along roads", *Natural Hazard Earth System Science*, Vol. 4, pp. 71–81. doi:10.5194/nhess-4-71

Bunce CM, Crude DM, Morgenstern NR (1997), "Assessment of the hazard from rockfall on a highway", *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 34, pp. 344–356

Campus S., Castelli M., Grisolia M., Pispico R., Lanteri L., Barbero M. (2016), "QPROTO - Una procedura in ambiente open GIS per la stima a piccola scala della propagazione di crolli in roccia*", ArcheoFOSS - GFOSS 2016: Book of Abstracts*.

Castelli M., Scavia C. (2008), "A multidisciplinary methodology for hazard and risk assessment of rock avalanches". *Rock Mechanics and Rock Engineering*, Vol. 41 (1), 3–36 DOI 10.1007/s00603-007-0151-x

Corominas, J., Copons, R., Moya J., Vilaplana, J.M., Altimir, J., Amigç, J. (2005). Quantitative assessment of the residual risk in a rockfall protected area. *Landslides*, Vol. 2, pp- 343-347.

Crosta, G., Agliardi, F., Frattini, P., Lari, S. (2015). Key Issues in Rock Fall Modeling, Hazard and Risk Assessment for Rockfall Protection. G. Lollino et al. (eds.), *Engineering Geology for Society and Territory* – Volume 2, DOI: 10.1007/978-3-319-09057-3_4, Springer International Publishing Switzerland

De Biagi V., Napoli M.L., Barbero M., Peila D. (2017), "Estimation of the return period of rockfall blocks according to their size". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 17, pp. 103-113.

European Commission Joint Research Centre (2007), "INSPIRE Directive (Infrastructure for Spatial Information in Europe), Technical Guidelines" , https://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892 (10/01/2018)

Jaboyedoff, M. (2003), "CONEFALL 1.0 User's Guide. Open report – Soft 01". Quanterra, Lausanne, Switzerland, http://www.quanterra.org/Manual_conefall.pdf (25/01/2017)

Jaboyedoff, M. & Labiouse, V. (2003), "Preliminary assessment of rockfall hazard based on GIS data". In: *10th International Congress on Rock Mechanics ISRM 2003 – Technology roadmap for rock mechanics,* pp. 557–578

Li Z., Farrokh N., Huang H., Uzielli M., Lacasse S. (2010), "Quantitative vulnerability estimation for scenario-based landslide hazards". *Landslides*, Vol. 7, pp. 125-134.

Mavrouli, O.-C., Abbruzzese, J., Corominas, J., Labiouse V. (2014). Review and Advances in Methodologies for Rockfall Hazard and Risk Assessment. T. vanAschetal. (eds.), Mountain Risks: From Prediction to Management and Governance, Advances in Natural and Technological Hazards Research 34, DOI 10.1007/978-94-007-6769-0 6, Springer Science & Business Media Dordrecht

Mignelli C, Lo Russo S, Peila D (2012), "ROckfall risk MAnagement assessment: the RO.MA". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 62(3), pp. 1109–1123. doi:10.1007/s11069-012-0137-1

Mignelli, C. (2014), "Sviluppo di un metodo di analisi di rischio da caduta massi: applicazione alle strade regionali della Regione Autonoma Valle d'Aosta". Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino

Peila, D., Guardini, C., (2008), "Use of the event tree to assess the risk reduction obtained from rockfall protection devices", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 8, pp. 1441-1450

Regione Autonoma Valle d'Aosta, "Geodissesti", http://geonavsct.partout.it/pub/geodissesti/, (25/09/2017)

Ruiz-Carulla R., Corominas J., Mavrouli O. (2015), "A methodology to obtain the block size distribution of fragmental rockfall deposits", *Landslides*, Vol. 12, pp. 815–825.

SINAnet, ISPRA, Cart@net-IFFI, 2007, http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/carto3.asp?cat=38&lang=IT# , (25/09/2017)

Volkwein, A., Schellenberg, K., Labiouse, V., Agliardi, F., Berger, F., Bourrier, F., Dorren, L., Gerber, W., and Jaboyedoff, M. (2011). Rockfall characterisation and structural protection – a review, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 11, pp. 2617– 2651, DOI: 10.5194/nhess-11-2617-2011