



*Ministero dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca*



UNIVERSITY OF SALERNO

Department of Civil Engineering

*PhD course in
Risk and Sustainability in Civil Engineering, Architecture
and Environmental Engineering Systems*

Cycle XXXII (2016-2019)

**A NEW METHOD FOR CHARACTERIZING AND
FORECASTING THE EVOLUTION OF SLOPE
MOVEMENTS**

Maria Rosaria Scoppettuolo

Supervisor

Prof. Leonardo Cascini

Coordinator

Prof. Fernando Fraternali

Co-supervisor

Dr. Enrico Babilio

Sommario

La caratterizzazione e la previsione dell'evoluzione dei movimenti di versante sono temi ampiamente studiati a causa delle possibili conseguenze delle frane su edifici, infrastrutture ed in termini di perdite umane. La letteratura scientifica internazionale fornisce analisi e modellazioni dettagliate di specifici fenomeni, mentre è mancante una procedura generalizzata volta ad identificare proprietà comuni delle frane.

In questa tesi è presentato uno schema generale per la comprensione di andamenti tipici dei movimenti di versante, con l'obiettivo di classificare le fasi di attività delle frane e predire la loro evoluzione nel tempo. A questo scopo, si sono raccolti i dati di monitoraggio di spostamenti di molteplici casi studio presenti in letteratura che differiscono per materiali, geometria e fattori innescanti. Questi dati sono analizzati riferendosi a singole fasi di attività, selezionate sulla base delle proprietà geometriche delle serie di dati e delle variazioni delle cause innescanti.

Successivamente, sono stati costruiti diagrammi adimensionali di spostamento, permettendo l'identificazione di alcuni trend, ciascuno caratterizzato da comuni leggi di crescita relative solo allo stadio evolutivo indipendentemente dalle specifiche caratteristiche in termini di dimensioni, geometria, materiali e così via.

I trend adimensionali sono analizzati tramite le derivate della funzione di spostamento fino al terzo ordine, ossia velocità, accelerazione e jerk. Segno e crescita delle derivate permette di identificare caratteristiche comuni nell'evoluzione delle frane. Quindi, si è introdotta una opportuna funzione interpolante dei dati di spostamento al fine di sviluppare un algoritmo di previsione capace di stabilire livelli di allerta utili in sistemi di preallarme.

Tale algoritmo è applicato ai casi di letteratura e alla frana di La Saxe (Courmayeur, Valle d'Aosta, Italy) per cui sono disponibili dati di monitoraggio continuo, con una frequenza di acquisizione di un'ora. Si sono ottenuti trend adimensionali in termini di spostamento, velocità e jerk, mostrando una correlazione soddisfacente con la reale evoluzione temporale dei movimenti franosi. Inoltre, l'algoritmo di previsione è applicato ad un'importante collasso che ha coinvolto localmente la frana di La Saxe e ad alcune instabilità in una miniera a cielo aperto, mostrando la capacità del metodo nello stabilire utili livelli di allarme.

Abstract

Characterizing and forecasting the evolution of slope movements are highly studied topics due to the possible consequences of landslides on buildings, infrastructures and in terms of loss of life. The international scientific literature provides detailed analysis and modelling of specific phenomena, whereas a generalized procedure aimed at identifying common properties of landslides is lacking.

In this thesis a general framework for understanding typical behaviours of slope movements is presented, with the aim of classifying stages of activity of landslides and predicting their time evolution. For this purpose, monitoring displacement data are collected for several case studies from literature that differ in materials, geometry and triggering factors. These data are analysed referring to single activity stages, selected on the basis of geometric properties of data series and on variations of triggering causes. Thereafter, displacement dimensionless diagrams are constructed, allowing the identification of some trends, each characterized by common growth properties related only to the evolutive stage not depending on the specific characteristics in terms of dimensions, geometry, materials and so on.

Dimensionless trends are analysed through the derivatives of displacement function up to the third order, namely velocity, acceleration and jerk. Sign and growth properties of derivatives allow identifying common characteristics in the evolution of landslides. Hence, an appropriate interpolating function of displacement data is introduced in order to develop a forecasting algorithm able to establish alert levels useful in early warning systems.

This procedure is applied to the cases from literature and to La Saxe rockslide (Courmayeur, Valle d'Aosta, Italy) for which continuous monitoring data are available with a sampling frequency of one hour. Dimensionless trends are obtained in terms of displacements, velocities, accelerations and jerks, showing a satisfying correlation with actual time evolution of landslide motions. In addition the forecasting algorithm is applied to an important failure that locally involved La Saxe rockslide and to some instabilities in an open pit mine, showing the capability of the method in establishing useful alert levels.