



i quaderni della ricerca

Landslide dynamic analysis by CSI – Adaptive Artificial System

ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E PREVISIONE DINAMICA FRANE

- CORVARA IN BADIA CASE STUDY -

Summary

1	Background.....	2
2	Il metodo di lavoro	3
3	Case Study.....	3
3.1	Il modello Twisting Theory.....	3
3.2	I modelli CSI e i punti nascosti.....	4
3.3	La fase di verifica	5
4	Considerazioni finali.....	6

1 BACKGROUND

Le attività di ricerca hanno riguardato l'applicazione della matematica riconducibile ai Sistemi Adattivi Artificiali (AAS), di proprietà CSI, all'analisi delle dinamicità delle frane lente.

In particolare, ci si è focalizzati su quattro delle problematiche tipiche delle frane lente, ovvero:

1. la descrizione dei confini del fenomeno, con evidenza delle zone di maggiore accelerazione della frana,
2. l'individuazione di punti su cui installare della sensoristica che meglio permetterebbe il monitoraggio della frana,
3. la possibilità di individuare le zone che, con grande probabilità, saranno maggiormente soggette alle future manifestazioni del fenomeno,
4. l'individuazione delle zone che, con grande probabilità, sono origine della frana.

Ad ognuno dei precedenti punti è stato associata una specifica algoritmica di AAS. Rispettivamente:

1. **Twisting theory:** Brevetto US 8,666,707 del 04/03/2014, *A model for simulating the evolutionary dynamics of event or processes and method for generating a model for simulating the evolutionary of events or processes.* <https://www.google.it/patents/US8666707?q=US+8,666,707&hl=en&sa=X&ei=q7JPU8LAJ a6q7Abfi4Bo&ved=OCDoQ6AEwAA>.
L'algoritmo localizza le entità in input su una *griglia* e definisce un modello in grado di dedurre come ogni punto geometrico modificherà le sue

coordinate ad ogni passo temporale in funzione della posizione iniziale e dei novi spostamenti di ogni altro punto della griglia.

2. **Recurrent MST:** Brevetto US 8,666,707 del 04/03/2014, *A method for determining implicit hidden features of phenomena which can be represented by a point distribution in a space.* <https://www.google.it/patents/US8665270?q=US+8,665,270&hl=en&sa=X&ei=5rJPU4eOK aug7Aag5oDIAQ&ved=OCDoQ6AEwAA>.

L'algoritmo individua dei punti impliciti che vengono inferiti a partire dai punti assegnati tramite un algoritmo di minimizzazione delle distanze.

3. **Harmonic Centre:** Brevetto n. US 8,665,269 del 04/03/2014, *A method for determining features of events or processes having a dynamic evolution in space and/or time.* <https://www.google.it/patents/US8665269?q=US+8,665,269&hl=en&sa=X&ei=DLNPU5W 5MMGV7Aal8ICwDw&ved=OCDoQ6AEwAA>.

L'algoritmo genera un campo scalare nel quale definisce i luoghi di convergenza più probabile del processo rappresentato dai punti discreti assegnati.

4. **Topologically Weighted Centroid (TWC):** geographics profiling method, progettato e sperimentato per individuare gli outbreak di luoghi logistici nascosti. A differenza dei metodi classici di geographics profiling che si basano su criteri gravitazionali che utilizzano funzioni di analisi di densità della probabilità, il metodo TWC si basa su criteri topologici.

2 IL METODO DI LAVORO

Nel corso della sperimentazione si sono approfondite le esperienze effettuate con successo in altri ambiti scientifici.

Denominatore comune è l'approccio topologico. Questo si basa su informazioni fornite da sensori GPS posti sui siti oggetto di osservazione. Gli stessi punti vengono rilevati nel tempo con successioni periodiche non necessariamente regolari. Una primissima fase di pre-processing è finalizzata a rendere omogenee e consistenti tutte le rilevazioni che si hanno a disposizione. Una seconda fase di pre-processing consiste nel rendere le rilevazioni indipendenti dal periodo temporale. Il passo finale, prima dell'avvio delle elaborazioni, consiste nella determinazione dello spazio geometrico su cui rappresentare la scena di osservazione, ovvero la costruzione delle maglie della cosiddetta *griglia* dove saranno localizzati i punti origine GPS e dove avrà luogo la simulazione e la predizione delle dinamicità.

Dal punto di vista strategico, i cosiddetti *punti nascosti*, ovvero non forniti in input ai modelli AAS, ma generati in output dagli stessi, hanno una potenzialità enorme, per esempio, in termini di risparmio sulla sensoristica da installare e di campagne di rilievo da effettuare e, in termini di predizione, sull'evidenza dei futuri sviluppi del fenomeno franoso.

3 CASE STUDY

Il sito di riferimento è stata la frana di Corvara in Badia (BZ). La sperimentazione ha avuto in input 52 punti GPS interessati da 26 campagne di misura in un periodo di tempo di otto anni.

3.1 IL MODELLO TWISTING THEORY

Obiettivo di questa sperimentazione è quello di determinare la corrispondenza tra i risultati espressi dalla modellistica matematica e la rappresentazione delle dinamiche conosciuta ai geologi e ben sintetizzata nella seguente figura, disponibile sul portale della Provincia di Bolzano:



Figura 1 La frana di Corvara studiata dai geologi della Provincia di Bolzano

Il primo dei risultati ottenuti è stata la modellazione della frana attraverso la Twisting Theory che, a partire dall'elaborazione delle sole rilevazioni temporali dei punti 52 punti GPS, ben rappresenta la scena oggetto di osservazione, evidenziando il perimetro delle zone quiescenti e quelle interessate dalla dinamicità:

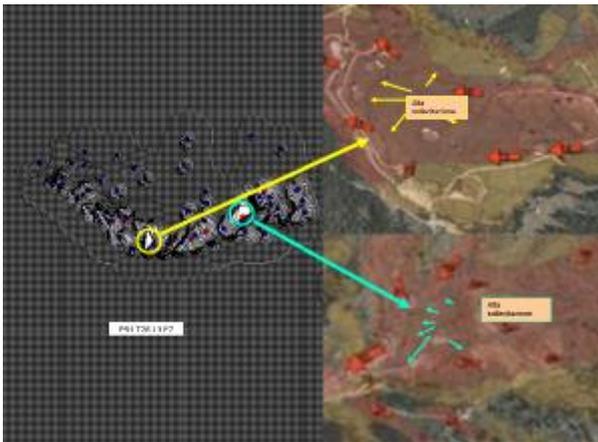


Figura 2 La frana di Corvara descritta dalla Twisting Theory

Da questa prima rappresentazione, si è passati alla sovrapposizione del risultato della simulazione Twisting sulla mappa 3D di Corvara. Anche in questo caso è evidente la coerenza del modello nella individuazione dei perimetri e delle aree che hanno marcata movimentazione e velocità di spostamento:



Figura 3 Sovrapposizione 1 del modello Twisting su mappa 3D



Figura 4 Sovrapposizione 2 del modello Twisting su mappa 3D

3.2 I PUNTI NASCOSTI

Il modello Recurrent-MST ha come obiettivo quello di determinare l'insieme di *punti nascosti*, ovvero aggiuntivi sul territorio, che permettono di migliorare il percorso a minima energia MST che connette la struttura dei punti usati come capisaldi ai tempi iniziale–finale delle rilevazioni. Questo percorso è detto Recurrent-MST o MMST. Nel caso di Corvara, l'elaborazione ha fornito la seguente rappresentazione:

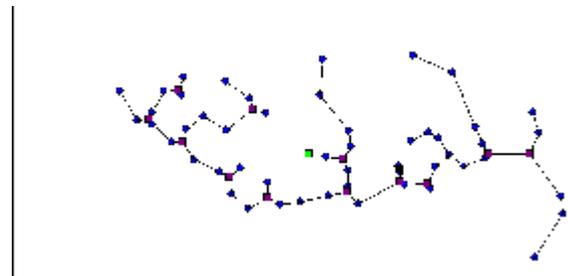


Figura 5 Il modello Recurrent-MST di Corvara

Tutti i punti aggiuntivi determinati dal modello sono stati successivamente georeferenziati e rappresentati sulla mappa 3D di riferimento, con il seguente risultato:



Figura 6 Punti MMST al tempo T_0



Figura 7 Punti MMST al tempo T_{26}

Analogamente, sono stati elaborati sia il modello Harmonic Centre, sia quello del TWC, che a seguito della fase di georeferenziazione, hanno fornito il seguente risultato:



Figura 8 I modelli Harmonic e TWC di Corvara

3.3 LA FASE DI VERIFICA

A modello complessivo ricostruito, si è provveduto a fornire le mappe con le coordinate GPS dei *punti nascosti* a dei geologi che hanno effettuato una serie di verifiche sul campo. Relativamente ai punti di natura Recurrent-MST (o MMST), è stato rilevato che il 100% degli extrapoint, ovviamente non noti al sistema perché non forniti in input ai modelli AAS, erano stati già oggetto di intervento antropico. Infatti o si era provveduto a recinzione, oppure, addirittura erano in corso dei lavori per l'installazione di sensoristica GPS. Nel seguito alcuni esempi:



Figura 9 Punto nascosto n. 9



Figura 10 Punto nascosto n. 10

Anche il punto individuato dal modello TWC ha avuto una significativa verifica sul campo, come mostra la seguente immagine:



Figura 11 Punti nascosti TWC

Particolarmente significativa è infine stata la verifica degli Harmonic Centre dove si è potuto rilevare una vera e propria nuova frana in atto:

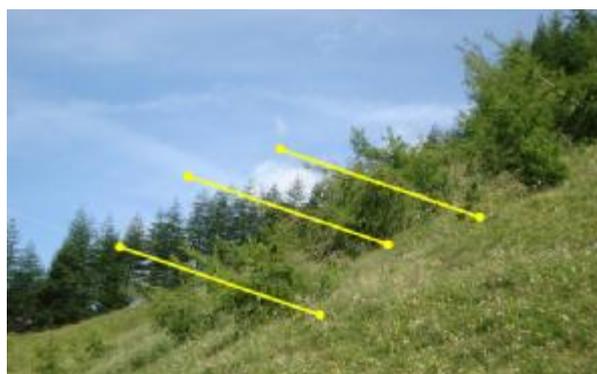


Figura 12 Punti nascosti Harmonic Centre

4 CONSIDERAZIONI FINALI

CSI, convinta delle potenzialità dell'algorithmica sperimentata per la descrizione delle frane lente, continua ad approfondire e a migliorarne le potenzialità i cui scenari di applicazione sono particolarmente interessanti e ritenuti strategici per il monitoraggio e la salvaguardia del nostro immenso patrimonio.