

Progetto INGV/DPC S5

“High-resolution multi-disciplinary monitoring of active fault test-site areas in Italy”

(coordinatori: L. Margheriti, A. Zollo)

Integrazione: Test site “L’Aquila” *(coordinatore A. Amato)*

WP 4.6: Toward a new Earthquake Forecast: a multi- disciplinary approach (Warner Marzocchi)

Scopo principale

- ❖ Esplorare possibili nuove strategie per migliorare il forecast di breve-termine
- ❖ Creare una comunità multi disciplinare in grado di facilitare la comunicazione tra diversi ambiti di ricerca sismologica.

Premessa

- ❖ I modelli di short-term forecasting forniscono stime di probabilità di accadimento di terremoti di diversa magnitudo su finestre temporali da 1 a pochi giorni.
- ❖ Tali modelli sono fondamentali per mitigare il rischio sismico attraverso la riduzione del valore esposto.
- ❖ Finora i modelli a disposizione hanno mostrato una buona capacità di forecast durante le sequenze di aftershocks. La valutazione per il forecast dei mainshock è ancora in corso.
- ❖ I modelli disponibili attualmente utilizzano modelli basati su semplici regole fisiche e utilizzano quasi esclusivamente i dati del catalogo sismico.

Attività previste

Activity 1. Short-term forecasting models: state of the art

Activity 2. Identification of new potential (and available) components to improve earthquake forecast

Activity 3. Definition of standards for each component

Activity 4. Generalization of the structure of the forecasting model to integrate components up to now neglected.

Activity 5. Preliminary test to verify the "relevance" of added components using the L'Aquila case

- ❖ Allo stato attuale esistono pochi modelli in grado di fornire probabilità di breve termine in tempo reale: modelli **ETES**, Reseanberg & Jones (**RJ**) (usato da CEPEC per aftershocks e mainshocks), **STEP** (pagina USGS ma non usato per decision-making), Agnew & Jones (**AJ**) (1991: usato da CEPEC per i mainshock)
- ❖ Per ora il modello **ETAS** è il migliore (*reliability and highest skill*) per i forecast su brevi periodi di tempo; **STEP** abbastanza simile; **RJ** non particolarmente reliable; **AJ** mai verificato.
- ❖ **ETES** è stato verificato su sequenze di aftershock. Molto più difficile dire qualcosa su come funziona per i mainshock poiché gli eventi sono molti di meno.
- ❖ Un'analisi retrospettiva recente (e altri recenti lavori) mostra che i foreshocks osservati nei cataloghi sembrano compatibili con i modelli **ETES** (activity 5).
- ❖ Il mondo **ETES** è molto semplice (**background seismicity stazionaria + un modello semplice di trigger**).
- ❖ Tutti i modelli utilizzano fondamentalmente i dati del catalogo (storico e/o strumentale)

Esempio

Durante la crisi di Bombay Beach (inizio 2009), CEPEC ha valutato la probabilità di un magnitudo 7+ in un arco di tempo di 3 giorni intorno al 2%.

Il modello **AJ** ha fornito un valore molto più alto rispetto **RJ**.

AJ usa il concetto di terremoto caratteristico.

Sono state identificate **2 possibili strategie di sviluppo**:

❖ **implementare il modello ETES** (magari con altri parametri, non solo la sismicità).

VANTAGGI: verificabilità; SVANTAGGI: difficoltà di implementazione

❖ **costruire un nuovo modello probabilistico** che tenga conto dell'**expert opinion** e/o di possibili parametri **precursori**.

VANTAGGI: più facile da sviluppare; SVANTAGGI: più difficile da verificare

Assunzioni “critiche” e potenziali nuove strade di sviluppo

- ❖ Gutenberg-Richter: la vicinanza di faglie “mature” non è presa in considerazione da ETES. AJ lo fa ma in maniera discutibile. Possibili integrazioni con **paleosismologia** e **deformazioni**.
- ❖ Stima del background del modello ETES e STEP. Per ora basato solo sulla sismicità strumentale e storica. Possibili implementazioni di informazioni **geologiche** (in senso lato), ad esempio con zonazione mappe complete di faglie, del campo di **deformazioni** e/o del tasso di deformazione.
- ❖ Possibili precursori non sono utilizzati: Analisi della microsismicità, rapporto V_p/V_s , ecc...

La lista completa dei parametri e precursori è in corso di definizione da un gruppo allargato di persone

Standard per i parametri (still in progress)

(“paletti” per discriminare tra infiniti parametri)

- ❖ I parametri devono essere omogenei nello spazio e in un definito intervallo di tempo. L’uso di risoluzioni spaziali molto diverse pone seri problemi per ora non risolti in modo soddisfacente.
- ❖ I parametri devono avere una certa credibilità scientifica (pubblicazioni sull’argomento) e non devono essere già stati “scartati” da analisi passate. Possibilmente devono essere condivisi da un’ampia maggioranza di ricercatori.
- ❖ I parametri devono essere chiari e inequivocabili (ad esempio deve essere definita chiaramente cosa è un’anomalia)
- ❖ I parametri devono essere disponibili in tempo (quasi) reale o comunque compatibile con la finestra di forecast che si utilizza.
- ❖ ...

Sviluppo ETES model

$$\lambda(t, x, y, m/\mathcal{H}_t) = \left[\nu u(x, y) + \sum_{t_i < t} \frac{K}{(t - t_i + c)^p} e^{\alpha(M_i - M_c)} \frac{c_{d,q,\gamma}}{\left[r_i^2 + \left(d e^{\gamma(M_i - M_c)} \right)^2 \right]^q} \right] \beta e^{-\beta(m - M_c)}$$

- ❖ Stima del **background** $u(x,y)$ (tasso di sismicità spaziale)
- ❖ Legge **frequenza-magnitudo** può dipendere dallo spazio (e dalla vicinanza di una faglia)

Sviluppo modelli probabilistici alternativi che utilizzino diverse informazioni e/o potenziali precursori, e/o expert opinion

- ❖ Modello probabilistico basato sull'*Expert Opinion* (e.g. Aspinall, Nature 2010)
- ❖ Modello probabilistico **Bayesiano** con precursori
- ❖ Modello basato sull'*Hidden Markov Model*

Questi modelli ed il precedente hanno significative differenze in ambito filosofico e scientifico. Tutte le implicazioni legate alle diverse classi di modello sono state già attentamente analizzate in Marzocchi (2010, in preparation)

Test preliminari per verificare l'esistenza di fasi pre-evento

❖ Analisi dei precursori sismici di grande magnitudo: In sintesi, i foreshock più energetici osservati prima del terremoto del 6 aprile sono compatibili con un modello ETES? (lavoro in preparazione).

Risposta sintetica: SI (i cataloghi sismici presi in considerazione sono la California e l'Italia). *Implicazioni sui modelli AJ basati sul conteggio dei foreshocks.*