

CATALOGO COMPOSITO DELLA SISMICITÀ STRUMENTALE ITALIANA (CCSSI)

P. Harabaglia¹, V. Marchitelli¹, T. Tufaro²

¹ Scuola di Ingegneria, Università della Basilicata, Italy

² Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, Trieste, Italy

Ad oggi esiste un pregevole catalogo della sismicità strumentale (Gasperini et al., 2013) che tuttavia presenta alcuni limiti: fra questi il primo è che risale a diversi anni fa mentre nel frattempo si sono rese disponibili numerose soluzioni nuove; il secondo è legato al fatto di non considerare le reti regionali che spesso, nelle loro aree, offrono delle determinazioni più accurate di quelle disponibili a livello nazionale; il terzo è che si tratta di un prodotto statico non soggetto ad aggiornamenti.

Nel presente lavoro si è deciso di considerare ovviamente il catalogo di Gasperini et al. (2013) come la base di partenza e di introdurre tutte le soluzioni non considerate da detti autori. Lo scopo è quello di fornire un catalogo composito che, per ogni evento, consideri la migliore determinazione epicentrale, riporti tutte le stime di magnitudo disponibili per ciascun evento, e, novità del presente lavoro, le associazioni disponibili con i vari cataloghi per permettere a ciascun ricercatore di modificarlo con semplicità.

I cataloghi nazionali disponibili sono il *Catalogo Strumentale dei Terremoti Italiani (CSTI 1.1)* dal 1981 al 1996, il *Catalogo della Sismicità Italiana (CSI 1.1)* dal 1981 al 2002, il *Bollettino*

Sismico Italiano (BSI), dal 1983 ad oggi. Quest'ultimo è stato completamente ricalcolato a partire dal 1985, fornendo nuove stime sia in termini di localizzazione che di magnitudo.

I cataloghi regionali che vanno considerati sono, almeno in una prima fase, 1) *OGS* dal 1977, 2) *Università di Genova* dal 1990, 3) *Università della Calabria* dal 2013 e 4) *Rete Regionale Umbria-Marche* dal 1996 al 2009. Purtroppo altri cataloghi regionali disponibili non forniscono tutte le informazioni necessarie per procedere ad una valutazione della qualità delle localizzazioni e delle magnitudo.

Esistono poi una serie di cataloghi globali che contengono molte soluzioni per il territorio italiano. I principali sono il *bollettino ISC* che è in fase di ricostruzione (per il quale le nuove soluzioni sono attualmente quelle del periodo 1964-1979 e dal 2010) e che attualmente è disponibile fino a tutto il 2015, l'*ISC-EHB* che è stato completamente ricostruito nel periodo 2000-2014 e per il quale è prevista la ricostruzione nel periodo 1964-1999, nonché l'estensione per gli anni più recenti ed, infine, l'*ISC-GEM* che comprende attualmente il periodo 1904-2014 e che viene continuamente migliorato con almeno un aggiornamento annuale.

Infine per quanto riguarda la stima del momento sismico e della conseguente magnitudo momento M_w , sono disponibili il catalogo *Global CMT* dal 1976, l'*RCMT*, per il quale, includendo gli eventi dell'*Italy Data Set*, la data di inizio viene anch'essa fatta risalire al 1976, il *TDMT* che inizia nel 2004 e l'*ETHZ* dal 1999 al 2006. Si è al momento deciso di non procedere all'utilizzo dei dati *USGS-NEIC*, in quanto le poche magnitudo momento disponibili per il territorio italiano non sono facilmente rapportabili alle altre.

In questa prima fase vengono considerati solo gli eventi accaduti dal 1987 in poi, anche se nei prossimi anni si prevede di estendere il catalogo dall'inizio dell'era strumentale agli inizi del '900.

Come parametro per scegliere la migliore localizzazione, generalmente si preferiscono i cataloghi nazionali o regionali scegliendo la soluzione che presenta il valore più basso di $rms/(\#.fasi)^2$. Si è scelta tale parametrizzazione in quanto diventa estremamente semplice ottenere bassi valori di rms riducendo il numero di fasi utilizzate.

Per ciascun evento la magnitudo viene calcolata seguendo il medesimo approccio di Gasperini et al. (2013), la magnitudo momento M_w corretta se disponibile o un proxy di questa ottenuto applicando il metodo *GOR* come proposto da Lolli e Gasperini (2012). L'unica differenza nell'approccio è che nel caso in cui siano disponibili delle stime di M_w sia di fonte *Global CMT* che di fonte *RCMT* si è seguita la medesima filosofia dell'*Italy Data Set*, ossia fino al 2004 si scelgono le soluzioni *Global CMT* se $M_w > 5.5$ altrimenti si preferisce quella *RCMT*. Dal 2004 la soglia viene abbassata a $M_w > 5$. La motivazione è dovuta al fatto che i due gruppi utilizzano essenzialmente il medesimo codice anche se il gruppo *INGV* preferisce utilizzare delle frequenze più alte. I due dati sono quindi correlati e vi è un elevato rischio di peggiorare la soluzione.

Il catalogo così ottenuto risulta statisticamente completo dal 1987 da $M_w = 2.4$ per profondità inferiori a 40 km, sull'area che corrisponde alla griglia 5' utilizzata per modelli di pericolosità dell'*INGV*, con esclusione della fascia ionica a sud di Calabria e Puglia.

Il catalogo, di cui qui viene presentata una versione beta, verrà rilasciato probabilmente nel primo quadrimestre del 2019 sul sito www.seisrisk.org Esso verrà periodicamente aggiornato e verrà fornito un codice fortran per aggiungere autonomamente i dati più recenti, scaricabili dal sito *INGV* tramite *Quake ML*.

Bibliografia

- Gasperini P., Lolli B. and Vannucci G.; 2013: *Empirical Calibration of Local Magnitude Data Sets Versus Moment Magnitude in Italy*. Bull. Seism. Soc. Am., **103**, 4, 2227-2246 pp., doi: 10.1785/0120120356.
- Lolli B. and Gasperini P.; 2012: *A comparison among general orthogonal regression methods applied to earthquake magnitude conversions*. Geophys. J. Int., 190, 2, 1135-1151 pp., doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05530.x.

DOVE POTREBBE AVVENIRE IL PROSSIMO GRANDE TERREMOTO IN ITALIA

P. Harabaglia¹, V. Marchitelli¹, C. Troise², G. De Natale²

¹ Scuola di Ingegneria, Università della Basilicata, Italy

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy

Oggi è abbastanza chiaro quali siano le aree a maggiore pericolosità del territorio italiano. Da una decina di anni esiste una mappa (Meletti, 2007) di pericolosità sismica che dà una buona indicazione di quali siano le aree soggette a terremoti di magnitudo elevata. Tuttavia non esiste una stima su quali siano le zone in cui probabilmente si verificherà il prossimo grande evento. Qui vogliamo proporre un metodo qualitativo che possa permettere di individuare tali zone.

La prima osservazione deriva dall'analisi del catalogo macrosismico *CPT115* (Rovida *et al.*, 2016): sebbene il catalogo sia completo per $M > 6$ solo negli ultimi 400 anni, sembra che non vi siano repliche esatte di eventi di tale magnitudo. Forse si sono fratturate le medesime faglie ma certamente non le medesime asperità. Tuttavia vi è una seconda caratteristica che si evince chiaramente da tale catalogo: gli eventi tendono a raggrupparsi nello spazio, ossia eventi spazialmente isolati come quello del 1968 del Belice sono relativamente rari. Anche eventi di magnitudo più bassa mostrano il medesimo comportamento: difficilmente si ripetono nel medesimo luogo nell'arco di alcuni secoli ma possono in un certo senso essere dei precursori ad eventi più importanti, quale il precursore del sisma del 1693 della Sicilia orientale.

Da quanto visto sopra abbiamo una certezza: è probabile che il prossimo sisma importante avvenga in prossimità di un evento di magnitudo egualmente importante presente nel catalogo *CPT115* o in prossimità di eventi di magnitudo minore (maggiore comunque di 5.5) avvenuti negli ultimi 150-200 anni.

Ciò permette di formulare un'ipotesi di lavoro che consenta l'utilizzo di dati strumentali: l'asperità da cui si evolverà il prossimo terremoto importante è bloccata; quindi eventi strumentali lungo tale asperità devono essere pressoché assenti. In realtà dovrebbero essere totalmente assenti ma l'incertezza sulle localizzazioni potrebbe far sì che qualche sisma con $M > 2$ o 3 possa sembrare localizzato nell'area bloccata. Inoltre è logico che in prossimità di

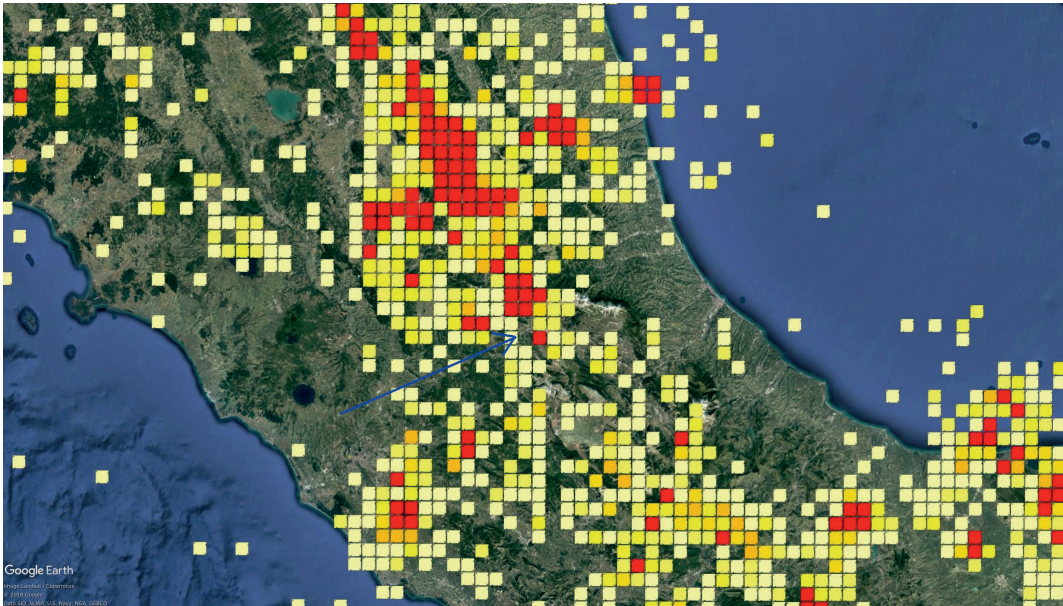


Fig. 1 - Griglia della densità di eventi il giorno precedente al sisma dell'Aquila del 2009. In rosso i nodi con un numero di eventi superiore alla media, in arancio un numero di eventi pari a quello medio, colori tendenti al giallo e al bianco con un numero decrescente di eventi.

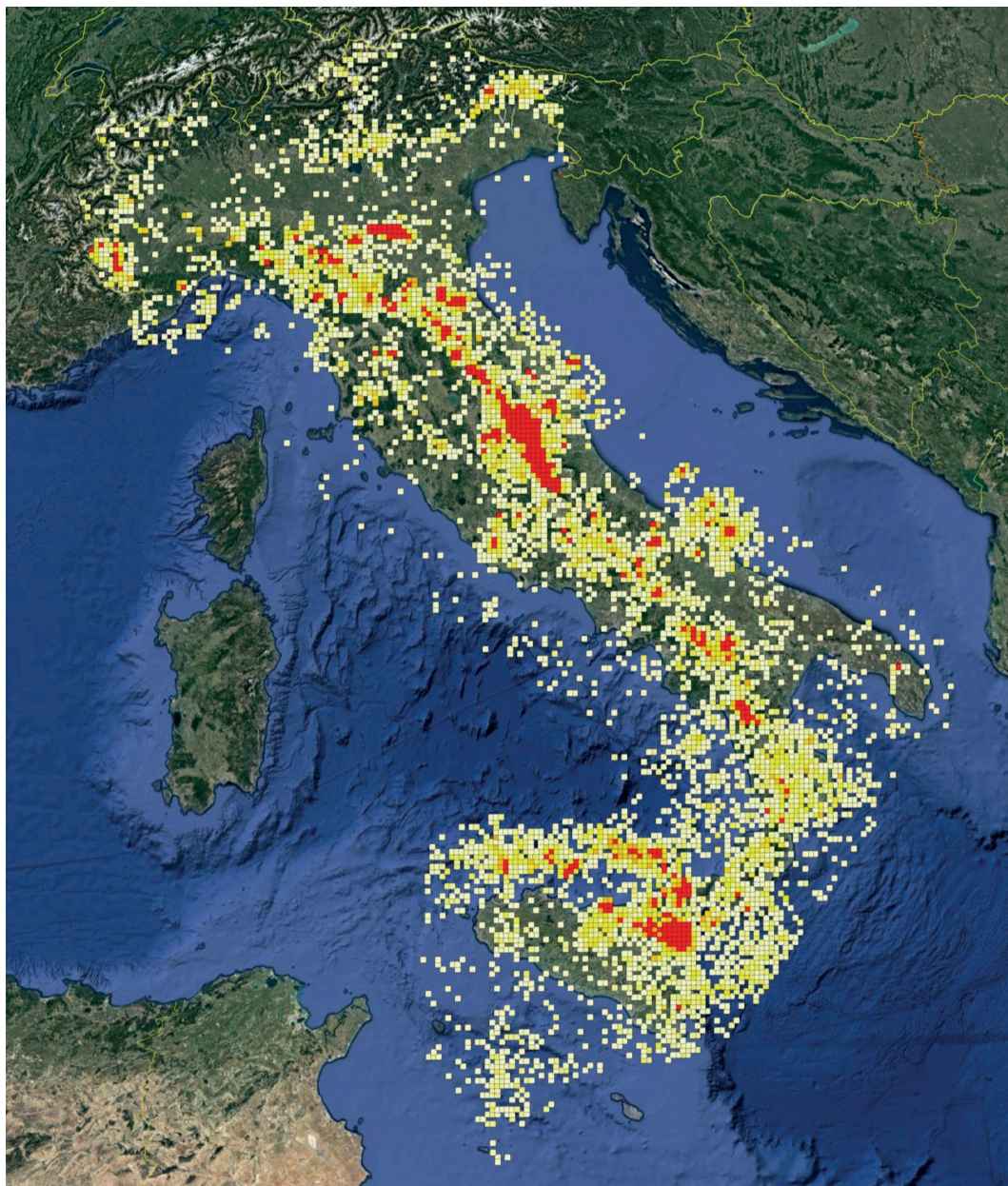


Fig. 2 - Griglia della densità di eventi per il giorno 20/10/2018. Il codice colori è identico a quello di Fig. 1.

tale asperità vi sia stato nel corso degli ultimi decenni (verosimilmente si potrebbe comunque pensare ad un tempo di preparazione più lungo, anche di una cinquantina d'anni) un aumento dell'attività strumentale. Ne consegue che, in via del tutto qualitativa, si possano individuare delle zone a maggiore pericolosità nel medio periodo, rendendo un approccio poissoniano del tutto superato. Tali zone saranno pertanto caratterizzate da assenza o quasi di sismicità strumentale ed in prossimità di aree sismicamente attive in tempi recenti. Se inoltre dovessero essere prossime a zone già mobilizzate nel corso degli ultimi 1000 anni, queste diventano delle primarie candidate ad eventi importanti nel corso dei prossimi decenni.

Si è pertanto deciso di utilizzare la versione beta, non definitiva di un catalogo strumentale, al momento quasi completo da $M=2.4$ in su per i terremoti superficiali italiani dal 1987 in poi, con la seguente parametrizzazione: si è scelto di utilizzare la griglia a 5' disponibile sul sito INGV per gli studi di pericolosità e si sono contati quanti sismi ricadano in ciascun nodo a partire dal 1987. Se in prossimità di un nodo caratterizzato da un numero di eventi uguale o superiore a quello medio per i nodi che fino a quel momento hanno degli eventi associati, ci sono dei nodi con sismicità assente o quasi, questi diventano appunto candidati ad ospitare eventi di magnitudo elevata.

In Fig. 1 mostriamo a titolo d'esempio il caso del sisma dell'Aquila del 2009, con la situazione congelata al giorno precedente. Questo approccio funziona per i casi dell'Umbria Marche del 1997, dell'Aquila del 2009, del primo evento della Pianura padana del 2012 e del primo evento, quello cosiddetto di Amatrice, del 2016. Il nostro metodo invece non dà buoni risultati nel caso del sisma al largo di Palermo del 2002, probabilmente perché la qualità delle localizzazioni e delle stime di magnitudo nell'area è scarsa. Ovviamente mentre una sequenza è in atto, come nel caso dell'evento del 20 Maggio 2012 o in quelli di ottobre del 2016 o di gennaio 2017, il metodo non è applicabile in quanto chiaramente nel corso di una sequenza, come ci testimonia anche il catalogo storico CPTI15, è normale attendersi ulteriore attività in prossimità, anche di magnitudo superiore. E' noto però che successivamente all'accadimento di un terremoto di magnitudo elevata, il calcolo del trasferimento di sforzo di Coulomb sulle faglie adiacenti può dare buoni risultati in termini di previsione (Alessio *et al.*, 1993; De Natale *et al.*, 1998; Nostro *et al.*, 1997; De Natale *et al.*, 2011).

In Fig 2. mostriamo invece la situazione congelata al 20 ottobre 2018. Volutamente non diamo interpretazioni per evitare di essere tacciati di tentare delle previsioni azzardate, senza una casistica consolidata e ben verificata; tuttavia le zone a rischio maggiore sembrano chiaramente evidenti. Va comunque precisato che tale mappa è dinamica in quanto la media di eventi per nodo viene continuamente ricalcolata e deve pertanto essere ridisegnata quotidianamente per poter essere di ausilio per una futura forma previsionale. D'altra parte, tali osservazioni possono già essere utilizzate, a nostro avviso, per attività di programmazione e prevenzione. Nel nostro Paese, infatti, è chiaramente necessario ed urgente procedere ad un adeguamento sismico degli edifici, specialmente nelle aree ad alta pericolosità sismica, iniziando da quelli strategici (ad esempio le scuole, gli ospedali ed altri edifici pubblici). Il problema è che questa necessità riguarda praticamente l'intero territorio nazionale, ed è quindi globalmente un'operazione di immani dimensioni (e costi), e necessita pertanto di una programmazione diluita nel tempo. Pertanto, questo metodo, dando delle indicazioni empiriche ma basate su una logica condivisibile, può rivelarsi estremamente utile per indicare le priorità, ossia le aree dove una rapida e/o accurata valutazione della vulnerabilità, ed eventuale rapido adeguamento, degli edifici strategici è più urgente.

Bibliografia

- Alessio G., De Natale G., Esposito E., Gorini A., Pingue F., Porfido S. and Troise C.; 1993: *Interazione tra terremoti dell'Appennino meridionale dovuta a variazioni di stress associate a dislocazioni*. Atti XII Convegno NGGTS, Roma, 1993.
- De Natale G., Crippa B., Troise C., Pingue F.; 2011: *Abruzzo (Italy) earthquakes of April 2009: heterogeneous fault slip models and stress transfer from accurate inversion of Envisat-InSAR data*. Bull. Seism. Soc. Am., **101**, 5, pp. 2340-2354, doi: 10.1785/0120100220.
- Meletti C. (coord.); 2007: *Progetto SIProseguimento dell'assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismicoprevista dall'Ordinanza PCM 3274/2003 e progettazione di ulteriori sviluppi – Rapporto finale*. <http://esse1.mi.ingv.it/>
- Nostro C., Cocco M. and Belardinelli M.E.; 1997: *Static stress changes in extensional regimes: An application to southern Apennines (Italy)*. Bulletin of the Seismological Society of America, **87**, 1, pp. 234-248.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. and Gasperini P. (eds); 2016: *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Doi: 10.6092/INGV.IT-CPTI15
- Troise C., De Natale G., Pingue F. and Petrazzuoli S.; 1998: *Evidence for earthquake interaction in South-Central Apennines (Italy) through static stress variations*, Geophys. Journ. Int., **134**, pp. 809-817.