

# La previsione dei terremoti

Warner Marzocchi

**A**llo stato attuale delle conoscenze, i sismologi non sono in grado di prevedere deterministicamente (cioè con un alto grado di precisione) dove e quando avverrà il prossimo terremoto distruttivo. Nel passato, la previsione dei terremoti si è basata sulla ricerca dei fenomeni precursori – cioè di osservazioni che precedono un terremoto distruttivo con un’elevata correlazione – con esiti pressoché nulli. Di norma, i precursori (tra gli altri, accelerazione dell’energia sismica, quiescenza sismica, pattern di sismicità e deformazioni, anomalie di alcuni gas come il radon, di emissioni elettromagnetiche, termiche, gravimetriche, ecc.) sono stati identificati sempre “dopo” un terremoto, e raramente si è tenuto in debito conto che le analisi retrospettive sono spesso ingannevoli. L’effetto più noto è il cosiddetto *fishing expedition*, cioè, più è alto il numero di osservazioni che possiamo fare prima del terremoto, più è probabile osservare anomalie che sono dovute al puro caso. In sintesi, anomalie completamente *casuali* rispetto all’occorrenza dell’evento sismico vengono a volte interpretate come precursori perché erroneamente si stabilisce un rapporto *causale* tra precursore e terremoto che in realtà non esiste. Analisi statistiche rigorose hanno mostrato che nessuno dei precursori proposti è in grado di prevedere deterministicamente i terremoti.

Il problema della previsione dei terremoti ha aspetti teorici interessanti. Ci si può chiedere ad esempio se, almeno in teoria, i terremoti possano essere previsti. Molti ricercatori credono di no. Tale convinzione si basa sul fatto che secondo alcuni modelli di rottura delle rocce, tutti i terremoti, grandi e piccoli, nascono uguali. In altre parole, un terremoto quando parte non sa quando si fermerà e quindi quanto sarà grande; di conseguenza, sarà impossibile da prevedere in anticipo, anche tramite eventuali precursori. Altri non sono d’accordo e sostengono che sia possibile dire con anticipo quanto sarà grande un terremoto che avviene in una determinata zona della crosta terrestre. La discussione scientifica procede, senza per ora avere una conclusione accettata dalla maggior parte della comunità scientifica. Nonostante questo aspetto, di certo, non sorprenderebbe se, anche migliorando molto le nostre conoscenze sismologiche, la previsione deterministica rimanesse una chimera. L’essere umano è spesso guidato dalle proprie speranze piuttosto che dalla ragione; nessuno si sorprende che il gioco dei dadi o del lotto siano intrinsecamente imprevedibili, poiché ciò è l’essenza del gioco e quindi del divertimento. L’occorrenza di un terremoto non è un gioco, né tantomeno divertente, ma i processi che lo generano sono molto più complessi di quelli del gioco dei dadi o del lotto, e

quindi, forse, anch'essi intrinsecamente imprevedibili.

Indipendentemente dal fatto che l'imprevedibilità attuale dei terremoti sia dovuta alla nostra ignoranza o ad una imprevedibilità intrinseca del processo che genera i grandi eventi, i sismologi hanno sviluppato modelli per prevedere probabilisticamente i terremoti. In sintesi questi modelli stimano la probabilità di occorrenza di un terremoto di una certa magnitudo, in un determinato intervallo di tempo e di spazio. Questi modelli si possono categorizzare in due classi distinte, a seconda che le previsioni probabilistiche si riferiscano ad un intervallo di tempo lungo (per esempio anni, decenni, o secoli) o breve (fino a pochi giorni). Questa distinzione ha importanti risvolti pratici, poiché una previsione probabilistica di lungo termine permette di identificare le aree dove avverranno i grandi terremoti del futuro in modo da definire opportuni criteri di costruzione antisismica. La previsione probabilistica su tempi brevi, invece, può essere la base per altri tipi di mitigazione del rischio sismico, come la gestione delle operazioni di soccorso durante la sequenza delle scosse di assestamento dopo un grande terremoto ed, eventualmente, per pianificare operazioni di preparazione ad un possibile evento sismico imminente.

Lo studio delle previsioni probabilistiche a lungo termine è un'attività scientifica ben sviluppata. La maggior parte delle nazioni con una elevata sismicità hanno sviluppato mappe di pericolosità che forniscono stime attese di scuotibilità del terreno su intervalli temporali di alcuni decenni. Queste informazioni hanno un chiaro utilizzo pratico in quanto sono le basi per la definizione di regole ingegneristiche costruttive adeguate per la nazione.

La ricerca sulle stime probabilistiche di breve termine e sul loro utilizzo pratico è ancora in una fase preliminare. Ricerche effettuate dopo il terremoto di L'Aquila hanno mostrato come alcuni modelli di previsione probabilistica, originariamente sviluppati per le scosse di assestamento dopo un grande terremoto, possono essere utilizzate anche per prevedere l'evoluzione di uno sciame sismico. Tali modelli possono essere categorizzati tutti in un'unica famiglia denominata ETES (*Epidemic-Type Earthquakes Sequence*). Il modello si basa sul fatto che ogni terremoto può generare altri terremoti seguendo regole predeterminate; tale capacità è funzione della magnitudo e decade nello spazio e nel tempo con leggi di potenza. Una delle prerogative importanti di tale modello è che può essere usato in tempo-reale per cui si possono effettivamente fare previsioni probabilistiche giornaliere aggiornate, tenendo conto di come sta evolvendo la sismicità. Il concetto è molto simile alle odierne previsioni del tempo che vengono aggiornate in modo continuo a seconda delle nuove misure che si hanno a disposizione. In quest'ottica uno sciame sismico non può essere considerato un 'precursore' come definito in precedenza, poiché il rapporto causale tra sciame sismico e grande terremoto è molto debole. Tali modelli, infatti, mostrano come la probabilità giornaliera di un evento distruttivo può aumentare anche di centinaia di volte durante uno sciame sismico, ma tale probabilità rimane ben al di sotto di 1%, molto spesso inferiore allo 0.1%. Inoltre tali modelli prevedono che la maggior parte dei grandi terremoti avvengano senza essere anticipati da sciame percepiti dalle persone.

In attesa di nuovi modelli che possano fornire stime più informative, i re-

sponsabili del *decision-making* (il Dipartimento della Protezione Civile in Italia) si devono porre la domanda di come, ed eventualmente se, utilizzare questo tipo di informazioni fornite dai sismologi per adottare misure di riduzione del rischio sismico nel breve termine. Tale compito è tutt'altro che banale, poiché si tratta di prendere decisioni spesso critiche sulla base di stime probabilistiche che per definizione non forniscono certezze. Ciò implica l'impossibilità di pianificare azioni di mitigazione del rischio che a posteriori risultino essere sempre le migliori possibili. Un modo per ovviare al dilemma è quello di stabilire in anticipo dei protocolli di *decision-making* che siano basati su concetti quantitativi e ragionevoli. In questa direzione, esistono alcuni lavori molto recenti basati sull'analisi dei costi-benefici che permettono di creare un legame quantitativo tra stime probabilistiche e *decision-making*. In sintesi, il metodo consiste nel valutare quantitativamente i costi e i benefici di ogni azione possibile tenendo conto della probabilità di un terremoto distruttivo. L'azione migliore è quella in cui i benefici superano i costi. Ciò non porterà a scegliere sempre l'azione che a posteriori risulterà migliore (ciò è impossibile per definizione), ma la strategia risulterà la migliore sul lungo termine. Inoltre, essendo quantitativa, razionale e trasparente, tale metodo permetterà in ogni

momento di spiegare l'intera catena decisionale.

Esiste un problema ulteriore: poiché le stime fornite dai modelli probabilistici sono quasi sempre minori dell'1%, ciò comporta che ogni azione di riduzione del rischio risulterebbe in un falso allarme. Questa caratteristica non è peculiare della sismologia, ma è condivisa anche in altri ambiti di ricerca, tra le altre dalla medicina e dall'antiterrorismo. Un'attitudine che sta recentemente avendo successo nel gestire probabilità basse è quello di sostituire azioni di mitigazione imposte con l'utilizzo dei cosiddetti *nudges* (traduzione letterale, leggera spinta). In sintesi, per evitare possibili critiche e perdita di credibilità come conseguenza di ripetuti falsi allarmi, una possibile strategia è quella di fornire un'informazione scientifica completa corredata da *nudges* più o meno espliciti, cioè incoraggiamenti a perseguire azioni virtuose per la riduzione del rischio, lasciando di fatto il *decision-making* ad ogni singolo individuo. La codifica dei possibili *nudges* per la riduzione del rischio da evento naturali è solo all'inizio, e una sua effettiva applicazione può avvenire solo con un intenso programma educativo e migliorando i sistemi di comunicazione dei ricercatori e *decision-makers* verso la società.