

# Previsione operativa dei terremoti e decisioni

Gordon Woo, Warner Marzocchi

*Un'adeguata regolamentazione antisismica è la migliore difesa contro i terremoti. Ma diversi motivi spingono a trovare misure aggiuntive per la riduzione del rischio sismico. Compito di scienziati e decision makers è quello di esplorare nuove possibili azioni di mitigazione del rischio. Questo è lo scopo principale della cosiddetta previsione probabilistica operativa dei terremoti.*

**L**a maggior parte delle vittime causate da un terremoto è dovuta a crolli di edifici e strutture. Per questo motivo un'adeguata regolamentazione antisismica è la migliore difesa che abbiamo contro i terremoti. Tuttavia, esistono diversi motivi che spingono a trovare misure aggiuntive per la riduzione del rischio sismico. Per esempio, molte costruzioni sono state costruite prima della definizione delle regole antisismiche più recenti. Un'eventuale opera di rinforzamento (retrofitting) potrebbe costare fino al 30-50% del valore della casa e quindi risultare troppo onerosa per molti proprietari. Inoltre, il retrofitting richiede un certo tempo per essere messo in opera, e non può essere ritenuto una valida opzione quando si prendono in considerazione variazioni del rischio sismico di pochi giorni, come durante una sequenza sismica. Infine, le regole di edilizia antisismica sono basate sulle mappe di pericolosità che non considerano gli effetti di possibili eventi estremi; per esempio, il terremoto di Christchurch, in Nuova Zelanda, nel febbraio 2011, ebbe livelli di scuotimento del terreno molto maggiori di quelli utilizzati per definire le regole antisismiche. Per questi motivi, gli scienziati e i decision makers hanno il dovere di esplorare nuove possibili azioni di mitigazione del rischio sismico, da aggiungere ad una definizione sempre più accurata di regole edilizie antisismiche adeguate.

Questo è lo scopo principale della cosiddetta previsione probabilistica operativa dei terremoti.

## **La previsione probabilistica operativa dei terremoti**

Dopo il terremoto di L'Aquila del 2009, il governo italiano nominò una *Commissione internazionale per la previsione dei terremoti (International Commission for Earthquake Forecasting, ICEF)* che aveva lo scopo di descrivere possibili iniziative future per la gestione del rischio sismico nel breve termine (giorni/settimane). La principale conclusione della commissione è stata quella di incoraggiare lo sviluppo di una previsione probabilistica operativa dei terremoti (*Operational Earthquake Forecasting, OEF*) e di protocolli quantitativi e trasparenti per il decision making. Essenzialmente, OEF è definita come l'insieme delle procedure per la stima e per la diffusione di informazioni ufficiali relative alla variazione temporale della pericolosità sismica, al fine di aiutare la società a prepararsi all'accadimento di un terremoto potenzialmente distruttivo. Questo processo coinvolge due attività chiave: l'aggiornamento continuo della probabilità di accadimento di un terremoto e/o di possibili scuotimenti del terreno; e la diffusione di informazioni ufficiali per aumentare la preparazione delle comunità minacciate dal terremoto.

Il termine *variazione temporale* indica che la pericolosità sismica, intesa come la probabilità di scuotimento del terreno in una finestra spazio-temporale, non è costante nel tempo. Tradizionalmente, le regole antisismiche vengono stabilite sulla base di stime di pericolosità per i prossimi 50 anni. Tali stime probabilistiche sono spesso considerate costanti nel tempo, per cui si potrebbero utilizzare le stesse mappe anche per pianificare azioni di riduzione del rischio su scale di tempo più brevi. Tuttavia, sappiamo che il tasso di sismicità ha variazioni molto grandi, ben oltre quelle aspettate per un processo che non dipende dal tempo. L'evidenza più chiara di queste variazioni è dato dalle sequenze sismiche composte di terremoti ravvicinati nello spazio e nel tempo, chiamati *cluster* sismici; un terremoto crea una perturbazione nelle aree limitrofe aumentando la probabilità di avere altri terremoti nelle vicinanze nel breve termine (da giorni a settimane).

L'utilizzo di modelli basati sui *cluster* sismici per descrivere le sequenze sismiche dopo un grande terremoto (dette in maniera colloquiale "sequenze di assestamento") stanno diventando molto popolari. L'ICEF suggerì che modelli analoghi potessero essere usati proficuamente anche per seguire l'evoluzione di una qualsiasi sequenza sismica, anche quindi quelle che non sono state generate da un grande terremoto. In genere, terremoti ravvicinati nel tempo di piccola e media magnitudo generano spesso molta preoccupazione tra le persone. Alcune volte i terremoti distruttivi sono effettivamente preceduti da crisi sismiche più o meno lunghe; allo stesso tempo, la maggior parte dei terremoti distruttivi non sono anticipati da sequenze sismiche risentite dalla popolazione e la maggior parte delle volte le sequenze finiscono senza eventi importanti. I sismologi non sono ancora in grado di distinguere le caratteristi-

che delle sequenze che anticipano un grande terremoto, ma oggi è chiaro che l'osservazione di una sequenza aumenta la probabilità di tale evento.

Allo stato attuale, le informazioni di questi modelli non sono prese in considerazione per stabilire misure di riduzione del rischio sismico. L'ostacolo maggiore è che una sequenza sismica può aumentare di molto la probabilità di accadimento di un forte terremoto nei giorni successivi, anche 100-1.000 volte, ma la probabilità assoluta rimane molto spesso ben al di sotto dell'1%. Ciò significa che ogni azione di riduzione del rischio intrapresa risulterebbe quasi sempre essere inutile e classificata come un falso allarme. E questo potrebbe erodere la credibilità degli scienziati e dei decision makers presso la società.

### **Il decision making con basse probabilità**

La Scienza e il decision making hanno due differenze sostanziali. Un ricercatore può decidere se pubblicare o meno un lavoro scientifico in base al grado di conoscenza che ha sull'argomento, mentre un decision maker deve fare delle scelte importanti e spesso in modo rapido, indipendentemente dal grado di incertezza sul fenomeno che minaccia la popolazione. Inoltre, la ricerca non ha certezze e si esprime spesso in termini di probabilità che è un valore continuo tra 0 e 1; il decision making, invece, segue una logica booleana, cioè fare o non fare una determinata azione di riduzione del rischio. Un modo per riconciliare questi due mondi e utilizzare le stime probabilistiche nel decision making è dato dall'analisi dei costi e benefici.

#### *L'analisi dei costi e dei benefici*

L'analisi dei costi e benefici è quanto di più comune si possa immaginare. In modo più o meno consapevole, tut-

te le nostre scelte nel quotidiano sono derivate da valutazioni di questo tipo. Alcuni ricercatori sostengono che anche l'evoluzione dell'uomo si sia sviluppata seguendo regole simili all'analisi dei costi e benefici.

In generale, si può dire che un'azione di riduzione del rischio è conveniente se i suoi costi di attuazione  $C$  sono minori dei benefici che ne derivano  $pL$ , dove  $p$  è la probabilità di avere un certo evento distruttivo e  $L$  sono le perdite causate da questo evento, cioè  $C < pL$ . Considerando che, come detto in precedenza, i valori di  $p$  nei giorni prima di un grande terremoto sono comunque bassi, le azioni di riduzione del rischio sismico dovrebbero avere un costo  $C$  basso. Per esempio, è stato dimostrato che l'evacuazione di una città, anche di piccole dimensioni, non può essere mai giustificata con un'analisi di questo tipo (almeno con le capacità previsionali attuali).

Prendere delle decisioni a fronte di probabilità basse ha conseguenze importanti. L'alto numero di falsi allarmi previsti suggerisce che le azioni di riduzione del rischio obbligatorie imposte alla società potrebbero portare ad una perdita di credibilità degli scienziati e decision makers. Inoltre, è ampiamente risaputo che le persone hanno una percezione del rischio molto diversa; in sintesi, le persone tendono a dare un diverso valore alla variabile  $L$  e anche ai costi  $C$ . Per esempio, di fronte allo stesso rischio del fumo di sigaretta, ci sono persone che smettono di fumare ed altri che continuano senza particolari problemi. Persone con figli piccoli possono essere meno inclini ad accettare rischi, mentre invece alcune categorie professionali spesso accettano rischi molto alti inerenti la loro professione (giornalisti in aree di guerra, vulcanologi, ecc.). In pratica, questo significa che la disuguaglianza  $C < pL$  potrebbe essere diversa da persona a persona.

Per questi motivi, per la gestione di casi analoghi a questi sono state proposte strategie diverse rispetto all'imposizione dall'alto di azioni di riduzione del rischio. Una soluzione possibile al problema potrebbe essere quella di suggerire alla popolazione possibili misure di riduzione del rischio lasciando libere le persone se adottarle o non. In inglese esiste un termine che descrive questa situazione, *nudge* (incoraggiare, esortare), che è anche il titolo di un libro molto importante scritto da Richard Thaler e Cass Sunstein. In estrema sintesi, il libro sostiene che le persone tendono a non gradire di essere spinti forzatamente a fare qualcosa, anche nel caso sia palesemente per il loro bene; per esempio, il divieto di uso di alcolici o di sigarette. Ciò deriva dal fatto che ognuno di noi ha una sua propria disuguaglianza da rispettare  $C < pL$ . Ciò che invece è ritenuto accettabile è una sorta di *nudging* verso comportamenti più virtuosi, lasciando però ad ogni persona la libertà di scelta. In sintesi, ogni persona diventa un decision maker per se stesso e per la propria famiglia.

Nel passato, ogni pericolo con una bassa probabilità non veniva comunicato per paura di causare panico, che avrebbe potuto anche portare a danni maggiori dell'evento stesso. Ora il mondo è cambiato. Dopo l'11 settembre, in tutti gli aeroporti viene comunicato il livello di allerta terroristico senza però imporre nessuna drastica azione ai viaggiatori. Sta nel singolo individuo, opportunamente informato, decidere se viaggiare oppure aspettare un momento in cui il pericolo sia minore.

#### *Il decision making individuale*

In generale, spesso le crisi presentano una vasta gamma di possibili minacce: di conseguenza esiste una gamma molto estesa di possibili azioni di riduzione del rischio. Questo vale sia nel caso in cui le decisioni vengano prese dall'alto,

sia per eventuali azioni di mitigazioni prese a livello individuale.

In questo ultimo caso, il problema è come consigliare alle persone un modo di comportamento virtuoso che riduca il rischio per la persona. Thaler e Sunstein, nel loro libro *Nudge*, suggeriscono che la prima azione di fondamentale importanza è un'informazione chiara sul tipo di rischio. Nel libro è riportato un esempio relativo agli effetti sulla salute di determinati prodotti. È bastato pubblicare una lista dei prodotti in base al loro contenuto di componenti nocivi per indurre la popolazione a cambiare significativamente i loro acquisti. Nel contesto del rischio sismico, ogni persona dovrebbe essere informata sulla vulnerabilità della propria abitazione, del posto dove lavora, della scuola dei propri figli, della chiesa che frequenta, ecc. La tecnologia moderna potrebbe permettere di accedere facilmente a questo tipo di informazioni, per esempio tramite Google. Questo tipo di informazioni è di fondamentale importanza perché potrebbe portare a diversi tipi di azioni individuali. Per esempio, una persona che vive in una casa ad alta vulnerabilità potrebbe essere più riluttante a rimanere nella propria abitazione durante una sequenza sismica e quindi decidere di trasferirsi temporaneamente da un'altra parte.

Oltre a questo tipo di informazione di base, si possono prefigurare altri tipi di azioni di riduzione del rischio a basso costo. La lista che segue non ha la pretesa di essere esaustiva, ma offre già un'ampia gamma di possibili azioni.

#### *Azioni individuali a basso costo per la riduzione del rischio*

Nel caso di azioni imposte alla società da decision makers, le regole adottate devono essere basate su una ragionevole analisi dei costi e benefici, che sia trasparente e chiara per chiunque. In questo modo, ogni azione intrapresa può

essere giustificata in ogni momento del processo di decision making. Nel caso di azioni prese individualmente, non occorre più avere protocolli di azione trasparenti, perché ogni persona sarebbe responsabile solo per se stessa o per la sua famiglia. Ciò non toglie, ovviamente, che ogni azione intrapresa individualmente debba seguire una propria analisi dei costi e dei benefici.

È chiaro che questo tipo di approccio non permetterà di salvare tutte le vite umane, ma anche nel caso serva a salvare una sola vita in più, sarebbe un approccio che merita di essere perseguito. Di seguito riportiamo una selezione di alcune possibili azioni personali.

a) *Aumento dello stato di allerta personale.* Un individuo che è in stato di allerta diventa più reattivo per reagire ad un evento pericoloso, nel caso questo avvenga. Gli allerta antiterrorismo emanati negli aeroporti hanno anche lo scopo di aumentare lo stato di allerta delle persone verso atteggiamenti sospetti. Come esempio semplice di un'azione di questo tipo, si consideri una sequenza sismica che svegli una persona durante la notte. In questo caso, preparare i vestiti (uscire in pigiama in inverno potrebbe causare parecchi problemi) ed eventualmente organizzarsi per uscire rapidamente in caso le scosse aumentino potrebbe diminuire anche di poco la possibilità di subire danni, ad un costo incommensurabilmente basso.

b) *Preparazione.* In ogni famiglia e in ogni posto di lavoro, scuola, ecc., ci dovrebbe essere un corredo di emergenza nel caso avvenga un terremoto. Questo dovrebbe includere, tra altre cose, acqua, torce, batterie, maschere per proteggersi dalla polvere, attrezzature per il primo soccorso e attrezzi per scavare. Durante una sequenza sismica, le persone potrebbero verificare la disponibilità di questi corredi per l'emergenza.

È ormai assodato che le esercitazioni per prepararsi ai terremoti portano a salvare delle vite. Se è molto tempo che queste esercitazioni non vengono fatte, la presenza di una sequenza sismica potrebbe essere un buon motivo per farne una.

c) *Turisti e non-residenti.* Qualsiasi persona che debba visitare (per proprio piacere o per lavoro) un'area in cui c'è stato un aumento del rischio sismico può decidere di rivedere i propri piani. La sostituzione di una meta turistica può essere fatta a costi minimi. Nel caso invece la visita sia legata ad un importante motivo di lavoro, la persona può valutare accuratamente i vantaggi e gli svantaggi di tale viaggio. Nell'ottobre del 2010, il dipartimento di stato degli Stati Uniti diramò un'allerta terroristica per i viaggiatori verso l'Europa. Alcuni viaggi di lavoro furono modificati come conseguenza di tale allerta, ma non tutti. È giusto che ogni azienda/persona sia libera di decidere in base alle proprie priorità ed esigenze.

d) *Residenti.* In caso di incremento dell'attività sismica e di eventuali allerta emessi, un residente locale che vive in una costruzione sismicamente vulnerabile può scegliere tra una gamma di azioni a basso costo, per esempio farsi ospitare da amici o parenti che abbiano una casa più resistente, prendersi un periodo di vacanza che si intendeva fare da tempo, o persino trasferirsi a vivere in macchina, in un caravan, oppure in una tenda piantata nel proprio giardino.

Lo stesso ragionamento vale per edifici pubblici particolarmente vulnerabili come, per esempio, le chiese. Durante una crisi sismica, si potrebbe prendere in considerazione di espletare le funzioni religiose in po-

sto più sicuri, ad esempio, se il tempo lo consente, anche all'aperto.

Spesso le crisi sismiche possono durare anche mesi, ed è ovvio che molte di queste opzioni non potrebbero essere prese per tutto il periodo. Ma la diminuzione del tempo di esposizione (per esempio andando in vacanza due settimane), pur non garantendo che il sisma avvenga proprio in quelle due settimane, diminuisce il rischio complessivo nella zona. È possibile pensare anche ad altri tipi di azioni di riduzione del rischio, come per esempio rendere disponibili strutture pubbliche per le persone che lo richiedano. Ciò comporta costi più elevati, per cui diventa necessaria un'attenta analisi dei costi e dei benefici globale.

### Riassumendo

La nostra difesa migliore contro i terremoti è costruire le abitazioni in maniera adeguata, seguendo le normative antisismiche vigenti. Tuttavia, esistono ulteriori misure aggiuntive che possono ridurre il rischio sismico su scale di tempo più brevi. Queste misure possono essere prese da ogni persona nel momento in cui sia informata correttamente su come il rischio sismico varia nel tempo. La lista di azioni riportata in questo articolo non ha la pretesa di essere esaustiva, e non garantisce che ogni persona possa azzerare il rischio da terremoto (i terremoti possono avvenire quando non c'è nessuna sequenza sismica risentita). Tuttavia, in un'ottica complessiva, questo tipo di azioni porterebbero, inevitabilmente, ad una riduzione delle perdite nel caso avvenga un terremoto, e ogni persona ridurrebbe la probabilità di subire gravi infortuni da questo tipo di eventi.