

# Prevedere i terremoti

oggi si può

Siamo ancora lontani dal dire addio ai disastri sismici ma le previsioni diventano sempre più precise ed attendibili. Il metodo sperimentato a Trieste

di GIULIANO F. PANZA  
e ANTONELLA PERESAN

Terrorismo e terremoti hanno punti in comune. Di entrambi si sa che prima o poi possono colpire e si sa anche più o meno dove, ma per scoprire i dettagli della loro attività futura, si possono solo decifrare, con pazienza, i segni premonitori delle loro azioni. Che un lavoro d'intelligence potesse prevenire, almeno in parte, il terrorismo, lo si sapeva. Molto meno nota è la possibilità di prevedere i terremoti. Da più di trent'anni un gruppo di scienziati russi, americani, giapponesi ed italiani sta lavorando a questo risultato.

## I GRANDI TERREMOTI SI POSSONO PREVEDERE

Uno dei fondatori dell'International Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics (IIEPT), Accademia delle Scienze Russa di Mosca, Vladimir Keilis-Borok, intuì che i grandi terremoti possono essere preannunciati dalle scosse minori che interessano le regioni sismiche quasi quotidianamente. Secondo lo scienziato russo quattro sintomi possono indicare l'approssimarsi di un forte terremoto in una certa zona: le piccole scosse diventano più frequenti, tendono a raggrupparsi nel tempo, si verificano simultaneamente in aree distanti ed infine la loro intensità media cresce. Keilis-Borok e colleghi, svolgendo un'intensa attività anche presso l'Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics

(Ictp) di Trieste, hanno sviluppato algoritmi in grado di indicare, a partire dai dati della sismicità minore, l'imminenza di grossi terremoti. Solamente alcune zone al mondo come California, Giappone ed Italia, caratterizzate da frequenti scosse e da una buona rete di sismografi, forniscono i decenni di registrazioni di qualità sufficiente a tarare i complessi algoritmi di predizione. Unendo la notevole intuizione scientifica dei Russi, con l'abbondanza e l'accuratezza della banca dati da noi messa a punto, è stato possibile creare algoritmi sempre più precisi (M8 e CN). Il primo di questi, l'M8, prevede, sia pure con grande approssimazione sull'area e sul tempo, il 90% dei terremoti con magnitudo superiore ad 8. Nel giugno 2003, usando un nuovo sviluppo del metodo, chiamato Chain, perché si basa su serie di piccoli terremoti che si succedono a catena (in inglese, appunto, *chain*), "puntando" al terremoto maggiore in preparazione, il gruppo russo-californiano ha previsto un sisma con magnitudo di almeno 6.4, entro 9 mesi, in una zona relativamente piccola della California meridionale; il 22 dicembre 2003 un sisma di magnitudo 6.5 ha colpito la cittadina di San Simeon, esattamente al centro dell'area d'allarme. Nel luglio 2003 Keilis-Borok con i colleghi giapponesi ha previsto un terremoto di magnitudo superiore a 7, entro 5 mesi, a Hokkaido; il 25 settembre 2003 un terremoto di magnitudo 8.1 ha colpito l'isola. Un allarme appena concluso, dichiarato per un terremoto di magnitudo 6.4 che avrebbe potuto colpire un'area desertica tra Los Angeles e San Die-

go, si è rivelato invece un falso allarme, in quanto il terremoto previsto non si è verificato. Va tenuto presente che sono possibili, anzi attesi, falsi allarmi e fallimenti di previsione, che non confutano la validità dei metodi, la cui significatività è stata dimostrata con un livello di confidenza prossimo, nei casi migliori, al 99.5% e mai inferiore al 95%. La stampa californiana ha dato risalto a queste previsioni ed in tal modo le discussioni sulla validità del sistema, fino ad ora limitate al mondo dei sismologi (alcuni dei quali accusano i Russi di usare astruse formule matematiche non basate su una teoria precisa), si sono estese al gran pubblico.

## COSA VIENE FATTO IN ITALIA

Da circa un anno anche in Italia, presso il Dipartimento di Scienze della Terra (DST) dell'Università e l'Ictp di Trieste, si è iniziato a fare previsioni sistematiche sui terremoti futuri, dopo che esperimenti sui sismi del passato hanno mostrato che gli algoritmi sarebbero stati in grado di prevedere fra il 64% ed il 100% dei terremoti di magnitudo superiore a 5.4, avvenuti in Italia dal 1955 al 2001. L'Italia è stata ricoperta con centinaia di cerchi d'investigazione con raggio dell'ordine di un centinaio di chilometri. Dall'inizio del 2003, abbiamo evidenziato tre vaste aree, localizzate in Croazia, nella pianura Padana centrale e nelle Alpi centro-occidentali, in cui era superiore al normale la probabilità che si verificassero terremoti di magni-

6°

8°

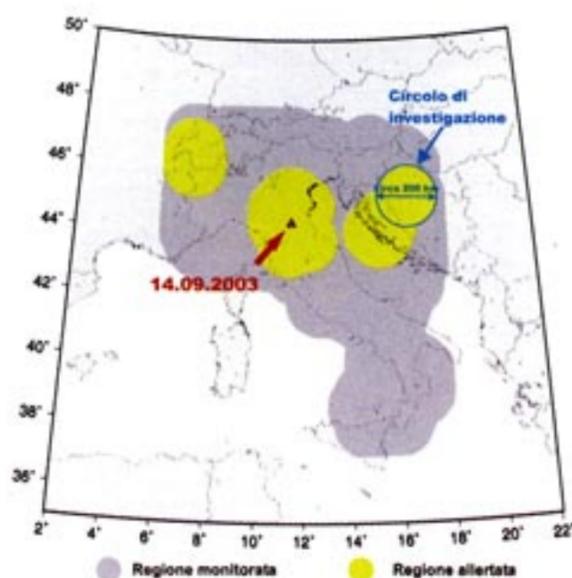
10°

12°

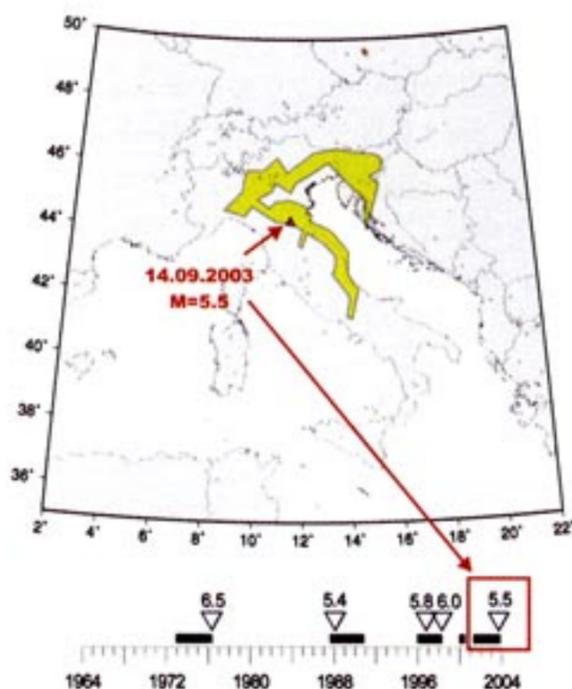
14°

16°

18°



L' algoritmo M8 applicato all' Italia. L' area monitorata è stata divisa in cerchi d' indagine. I cerchi con valori di sismicità alterati rispetto al normale definiscono le aree allertate. All' inizio del 2003 si prevedeva un sisma di magnitudo maggiore o uguale a 5.5, che si è verificato il 14 Settembre 2003 al centro dell' area allertata. La mappa delle aree allertate è aggiornata con cadenza semestrale.



Previsioni effettuate con l' algoritmo CN, anche in retrospettiva per i terremoti avvenuti prima del 2003. L' area d' indagine in giallo è stata identificata sulla base del modello sismotettonico dell' Italia, costruito utilizzando dati geologici, tettonici e sismologici della zona studiata. Nella scala temporale in basso i rettangoli neri danno i periodi d' allarme e i triangoli indicano i terremoti che si sono effettivamente verificati, con la magnitudo indicata dal numero, in quei periodi. Evidenziato il terremoto del settembre 2003.

tudo fra 5.5 e 6, entro un periodo di 12 mesi. Le nostre previsioni sono state confermate da tre terremoti, della magnitudo prevista, verificatisi entro le tre aree d'allarme prima della primavera 2004. Anche il recente evento del 12 luglio 2004 va annoverato fra i successi di previsione. L'allarme ad esso relativo ci ha spinto a realizzare, con un certo anticipo rispetto ai piani previsti dal progetto *Alpine Space Interreg III-B Alpine Integrated GPS Network: Master Model for Continental Deformation and Earthquake Hazard*, coordinato presso il Dst, in collaborazione con l'Ictp, da Karim Aoudia, misure GPS proprio nella zona epicentrale pochi giorni prima del terremoto, ottenendo così dati

unici al mondo. Queste previsioni non sono mai state rese note al gran pubblico, ma solo ad un ristretto numero di scienziati, tecnici ed amministratori locali che si sono impegnati a non divulgarle in modo improprio.

### PREPARIAMOCI ALLE FUTURE EMERGENZE

L'Italia non è la California, dove molti terremoti riguardano zone desertiche: non vogliamo scatenare il panico e rovinare così trent'anni di serio lavoro scientifico. Vorremmo invece rendere noto a chi deve prendere le decisioni, che è in fase d'a-

vanzata sperimentazione un metodo attendibile per prevedere le scosse sismiche. Gli algoritmi utilizzati hanno un'incertezza spaziale di almeno 200 km, che in un Paese piccolo e densamente abitato come il nostro è un'enormità. Per adesso non possiamo fare di meglio; in ogni modo la prossima previsione sarà resa nota, al solito gruppo ristretto, nel gennaio 2005. Speriamo che, verificata la validità dei metodi, aumenti l'attenzione delle autorità competenti alla previsione dei sismi. Anche se non possiamo, e forse non potremo mai, arrivare al grado di precisione necessario a prendere provvedimenti drastici come l'evacuazione di città, previsioni come le nostre possono servire a prepararsi alle future emergenze, con azioni di prevenzione mirate all'organizzazione ed efficienza dei soccorsi, quali, ad esempio, la garanzia di funzionamento d'ospedali, caserme (pompieri, carabinieri e polizia), principali vie di comunicazione immediatamente dopo l'evento, impiegando anche procedure opportunamente mutate dalle purtroppo attuali attività antiterrorismo. A meno che non convenga continuare a pensare che i terremoti siano del tutto imprevedibili, e... lavarsene le mani. ■

• **Giuliano Francesco Panza** è professore di Sismologia presso l'Università di Trieste e responsabile del gruppo Sand presso l'Ictp. Membro di autorevoli accademie scientifiche e insignito di prestigiosi riconoscimenti internazionali, è noto a livello mondiale per aver formulato un modello rivoluzionario per il sistema litosfera-astenosfera per l'area europea. È responsabile di numerosi rilevanti progetti relativi alla stima della pericolosità sismica e vulcanica.

• **Antonella Peresan** è assegnista di ricerca presso l'Università di Trieste e collabora alle attività del Gruppo Sand - Ictp. Le sue attività di ricerca riguardano principalmente l'utilizzo di metodologie di *pattern-recognition* per la previsione a medio-termine dei terremoti, la loro integrazione con le procedure per la stima deterministica del rischio sismico e lo studio della dinamica a blocchi della litosfera, con particolare attenzione per l'area italiana.

# Prospettive per l'Ictp

## Abdus Salam

Ritornando a Trieste, dopo quindici anni d'assenza dall'Italia, come Consigliere del Direttore, cercherò qui di indicare il mio punto di vista sull'Ictp e sulle sue prospettive future.



di CLAUDIO TUNIZ

Posto che la base del successo di quest'istituzione rimane l'eccellenza dei suoi gruppi di ricerca e l'incredibile network internazionale creato in quarant'anni d'attività, in particolare nei paesi meno sviluppati, il futuro del Centro dipende principalmente, a mio avviso, da cinque fattori:

1. l'efficacia con cui l'Ictp userà sinergicamente le connessioni con le altre istituzioni nazionali ed internazionali presenti nell'area triestina - il cosiddetto "Sistema Trieste";

2. la capacità dell'Ictp e delle altre istituzioni scientifiche locali di continuare ad attrarre i migliori scienziati di fama internazionale (capitalizzando sulla massa critica istituzionale sviluppatasi nella zona);
3. il ruolo che l'Ictp e le altre istituzioni si ritaglieranno nella nuova situazione geopolitica europea, con Trieste idealmente al centro dell'Europa allargata;
4. la capacità dell'Ictp di creare partnership con altri centri d'eccellenza scientifica, particolarmente nei Paesi in via di sviluppo, per promuovere la cooperazione Sud-Sud;
5. il livello di supporto finanziario che verrà assicurato all'Ictp dall'Italia e dalle Nazioni Unite.

L'Ictp è nato per la promozione di studi e ricerche in quelle che sono definite "enabling disciplines", ovvero le discipline che rendono possibile lo studio di tutti gli aspetti della realtà naturale, principalmente quindi la fisica teorica e la mate-

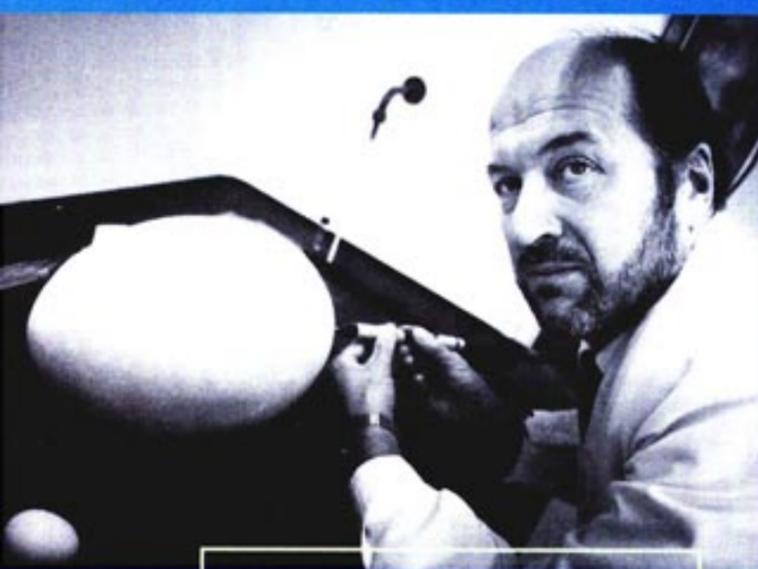
matica. È in fin dei conti la fisica, ad esempio, con i suoi orologi atomici, che ha reso possibile stabilire la scala temporale che caratterizza l'evoluzione dell'uomo o la formazione delle rocce terrestri. È stato un fisico, il grande Schrödinger, uno dei padri della meccanica quantistica, a fornire a Watson l'ispirazione che ha portato alla scoperta della struttura a doppia elica del Dna. Proprio per promuovere la fisica ed il suo ruolo nella conoscenza e nello sviluppo, l'Unesco ha nominato il 2005 Anno Internazionale della Fisica, anche per celebrare l'*annus mirabilis* in cui Einstein ha rivoluzionato il nostro concetto di spazio, tempo ed energia.

Durante gli anni, e già ai tempi di Abdus Salam, l'area delle discipline promosse dal Centro si è allargata ed attualmente ci sono gruppi che fanno ricerca avanzata anche in materia condensata, geofisica, climatologia, fluidodinamica, astrobiologia, radiopropagazione, ottica, ecc. La chiave di volta del sistema Ictp, che lo rende diverso dalle altre istituzioni nelle Nazioni Unite, è proprio la presenza di "in-house research", che permette di stabilire un rapporto "da scienziato a scienziato" con la comunità di ricerca dei Paesi in via di sviluppo.

I ricercatori dei Paesi in via di sviluppo traggono benefici anche dai collegamenti che esistono fra il Centro e le altre istituzioni dell'area triestina, quali la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, l'Università di Trieste (in particolare il Dipartimento di Fisica), il Centro

Internazionale per l'Ingegneria Genetica e la Biotecnologia, l'Accademia delle Scienze del Terzo Mondo e il Centro Internazionale per la Scienza e l'Alta Tecnologia. Si tratta di un insieme di risorse che compongono un organismo ancora non ben definito nel suo comportamento globale, ma che già viene chiamato, con una giustificata dose di orgoglio, "Sistema Trieste". Il Centro ha inoltre meccanismi per rendere disponibili agli studiosi dei Paesi in via di sviluppo centri sperimentali avanzati come la macchina di luce di sincrotrone, Elettra, o altri laboratori gestiti dal Cnr, Enea e varie università italiane.

Senza scendere nei dettagli basterà ricordare che, nelle quattro decadi della sua esistenza, l'Ictp ha promosso quasi cento mila visite di studiosi, la metà provenienti dai paesi in via di sviluppo, per svolgere attività di studio e ricerca. Ma questa è solo la punta dell'iceberg della domanda proveniente dal Sud del mondo e servirebbero più risorse per ampliare l'intervento del Centro. Per questo stiamo ora considerando la possibilità di sviluppare proposte per accedere ai fondi del Sesto Programma Quadro della Commissione Europea, disponibili per il sostegno scientifico dei paesi in via di sviluppo. L'Ictp e la Commissione Europea hanno infatti interessi comuni, per esempio nell'area dello sviluppo sostenibile, del cambio climatico globale, degli ecosistemi e, più in generale, nello sviluppo di capacità di ricerca in Africa, Sud America e altre regioni in via di sviluppo. Un programma che verrà possibilmente attivato nel prossimo futuro riguarda lo sviluppo di un sistema di osservazione globale del "Sistema Terra", basato su centri di raccolta dati spesso localizzati nei paesi in via di sviluppo. L'Unione Europea vuole anche incoraggiare il coinvolgimento dei paesi in via di sviluppo nell'area delle nanotecnologie; a questo fine l'Ics assieme all'Ictp ed altri istituti, organizzerà il pros-



*Claudio Tuniz impegnato in lavori di datazione tramite Ams in Australia*

simo anno un convegno su nanotecnologie e sviluppo. È questa un'area di ricerca di particolare interesse per Trieste, dove l'Università ha già fatto partire sia un Centro di Eccellenza sia un Dottorato di Ricerca nella stessa tematica.

Il professor Budinich, uno dei fondatori dell'Ictp, mi faceva notare che, sfortunatamente, nonostante quarant'anni di sforzi, non si riesce ancora purtroppo ad arrestare la fuga dei cervelli dalle aree più povere del mondo. Molti sono convinti che servano nuove strategie che passano attraverso un miglioramento dell'ambiente scientifico locale, compreso l'atteggiamento delle classi dirigenti nei confronti della scienza. A tal fine il Centro sta cercando di sviluppare nuovi meccanismi, coinvolgendo un limitato numero di istituzioni da certi Paesi in via di sviluppo, con piccoli gruppi di studiosi provenienti da ogni singola istituzione. La speranza è di raggiungere una massa critica di studiosi, che consenta la nascita di centri d'eccellenza nei Paesi in via di sviluppo in specifiche aree di ricerca. Questi nuovi centri potrebbero, con il supporto dell'Ictp, espandere la loro area d'influenza nei paesi di destinazione ed agire come catalizzatori della cooperazione scientifica anche con altri Paesi in via di sviluppo (stimolando la cosiddetta cooperazione Sud-Sud). Un primo programma di questo tipo è stato recentemente sviluppato dal Centro con gruppi di ricercatori che modellano il tempo atmosferico ed il clima. In generale, la clonazione di centri associati all'Ictp nelle diverse aree del Sud del mondo, un'idea che Abdus Salam aveva immesso nel Dna del Centro fin dalle origini,

rimane la strategia di base seguita dal professor Sreenivasan, Direttore del Centro, per moltiplicare l'impatto sulla promozione scientifica nei Paesi in via di sviluppo.

Ma ci sono altri fattori che contribuiscono al divario scientifico e tecnologico tra Nord e Sud, fra questi il cosiddetto "digital divide", la barriera digitale che limita l'accesso alle informazioni in rete in molti dei paesi in via di sviluppo. Per fare un esempio, la velocità di accesso a Internet negli Stati Uniti è superiore di mille volte a quella disponibile in Africa. Tale situazione dipende dagli alti costi della telecomunicazione e dalla presenza di monopoli. Il professor Sreenivasan sta quindi sviluppando un programma per rafforzare la "ciber-connettività" in Africa, Asia e Sud America, in uno sforzo congiunto tra Ictp, Unesco e Unione Internazionale delle Telecomunicazioni. Tali tematiche saranno anche affrontate al Summit mondiale sulla Società dell'Informazione, che si terrà a Tunisi nel 2005 e alla quale parteciperà una delegazione dell'Ictp.

La tecnologia dell'informazione e della comunicazione è critica per molte altre attività collegate con la "mobilità della conoscenza", che è anche il tema posto alla base del progetto Expo 2008, per la quale Trieste è la sede candidata dall'Italia. Si pensi al trasferimento d'informazione e conoscenza nel campo della telemedicina, un metodo sempre più efficace, grazie alle nuove tecnologie, per risolvere la situazione catastrofica della salute nel Sud del mondo. Un altro tema affine, che il Centro sta sviluppando assieme all'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (Aiea) è quello della preservazione della conoscenza nucleare. Il problema riguarda la diminuzione drammatica di studenti e ricercatori nelle discipline della fisica nucleare e delle sue applicazioni tecnologiche, in cui le conoscenze sono critiche per lo sviluppo sostenibile. Si pensi alla produzione d'energia, all'uso di tecniche isotopiche in nutrizione, agricoltura e studi climatici, alle applicazioni di radiazione x e isotopi radioattivi in medicina o all'analisi non distruttiva con fasci neutronici e gamma in applicazioni industriali. Per di più, la mancanza di un adeguato numero di esperti in questo settore implica drammatici rischi futuri, causati, per esempio, dall'incapaci-

tà di valutare l'impatto ambientale delle applicazioni nucleari.

Per concludere, fin dalle sue origini, la missione dell'Ictp s'è spinta anche aldilà della fisica. Il Centro nacque in piena guerra fredda, fornendo a quei tempi un foro internazionale dove i rappresentanti dei due blocchi potevano incontrarsi sul terreno comune della scienza ("scientific thought is the common heritage of mankind", diceva Abdus Salam). Oggi sembra crescere il numero dei paesi che ha ancora più bisogno di "comunicare" e di abbattere le barriere che la situazione politica internazionale sta creando. Serve quindi più che in passato promuovere lo scambio di conoscenze tra gli scienziati dei paesi sviluppati e quelli dei paesi più poveri, contribuendo così anche all'aumento di comprensione reciproca. ■

• Con l'incarico di Consigliere Speciale del direttore del Centro di Fisica Teorica, lo scorso giugno **Claudio Tuniz** ritorna a Trieste dopo quindici anni di brillante attività internazionale, che l'ha visto occupare ruoli di primo piano nella ricerca e nella promozione della scienza ai più alti livelli. Dopo la laurea e le prime ricerche a Trieste, Tuniz inizia ad occuparsi di spettrometria di massa ad alte energie (Ams) e delle sue applicazioni. Approdato a Sidney, in Australia, sviluppa presso i Laboratori Nazionali di Lucas Heights un centro per l'Ams, che sotto la sua direzione acquisisce prestigio internazionale con applicazioni all'archeologia, alla climatologia, alla salvaguardia nucleare e alla biomedicina. Collabora con gli archeologi australiani nella datazione dell'arte rupestre aborigena di Capo York e del Kimberley ed è coinvolto in radiodatazioni che sollevano l'interesse dei mass media internazionali, come la datazione della corona di Carlo Magno, l'attribuzione a Donatello della "misteriosa" riparazione di alcune sue statue e la datazione dell'enorme uovo, ritrovato nei pressi di Perth, dell'estinto Uccello Elefante che popolava il Madagascar. È autore e coautore di più di cento pubblicazioni su riviste scientifiche ed autore dell'unico libro di testo finora pubblicato sulla tecnica Ams e le sue applicazioni.

Dal 1999 al Maggio 2004 Tuniz è consigliere del governo australiano presso l'Ambasciata d'Australia a Vienna, con incarico di promuovere gli interessi strategici dell'Australia nell'area della tecnologia nucleare, in particolare, per i programmi dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (Aiea), quali la non-proliferazione nucleare, l'anti-terrorismo nucleare, la sicurezza e la salvaguardia nel ciclo del combustibile nucleare e nei reattori nucleari, l'uso di acceleratori ed isotopi nel campo ambientale, medico ed agricolo, l'applicazione della tecnologia nucleare nello smantellamento umanitario ed il trasferimento di tecnologia nucleare verso i Paesi in via di sviluppo.