

Giuliano F. Panza, Antonella Peresan

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

L'approccio neo-deterministico



Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

Giuliano F. Panza, Antonella Peresan

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

L'approccio neo-deterministico



DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

ISBN: 978-88-6310-738-8

Copyright © 2016 EPC S.r.l. Socio Unico

EPC S.r.l. Socio Unico - Via dell'Acqua Traversa, 187/189 - 00135 Roma
www.insic.it - www.epc.it
Servizio clienti: 06 33245277 - Fax 06 3313212
Redazione: Tel. 06 33245264/205

Proprietà letteraria e tutti i diritti riservati alla EPC S.r.l. Socio Unico La struttura e il contenuto del presente volume non possono essere riprodotti, neppure parzialmente, salvo espressa autorizzazione della Casa Editrice. Non ne è altresì consentita la memorizzazione su qualsiasi supporto (magnetico, magneto-ottico, ottico, fotocopie ecc.).

La Casa Editrice, pur garantendo la massima cura nella preparazione del volume, declina ogni responsabilità per possibili errori od omissioni, nonché per eventuali danni risultanti dall'uso dell'informazione ivi contenuta.



Il codice QR che si trova sul retro della copertina, consente attraverso uno smartphone di accedere direttamente alle informazioni e agli eventuali aggiornamenti di questo volume.

Le stesse informazioni sono disponibili alla pagina:

<https://www.epc.it/Prodotto/Editoria/Libri/Difendersi-dal-terremoto-si-puo/3342>

*“Deve essere ricordato che nulla è più difficile da pianificare,
più dubbio a succedere o più pericoloso da gestire
che la creazione di un nuovo sistema.
Per colui che lo propone ciò produce l’inimicizia di coloro i quali
hanno profitto a preservare l’antico e soltanto tiepidi sostenitori
in coloro che sarebbero avvantaggiati dal nuovo”*

(Niccolò Machiavelli)

INDICE GENERALE

PREFAZIONE di Rodolfo Guzzi	9
PREFAZIONE di Carlo Doglioni	11
PRESENTAZIONE	13
RINGRAZIAMENTI	17
CAPITOLO 1	
NOZIONI PROPEDEUTICHE SULL'ORIGINE E GLI EFFETTI DEI TERREMOTI	19
1.1 Il terremoto e sua pericolosità	19
1.1.1 Introduzione	19
1.1.2 Tettonica delle placche	21
1.1.3 L'origine dei terremoti	23
1.1.4 Ipocentro, epicentro, piano di faglia	28
1.1.5 Zone sismogenetiche e nodi sismogenetici	33
1.2 Le onde sismiche	35
1.2.1 Effetti della distanza epicentrale, "amplificazione" locale delle onde sismiche	40
1.2.2 Intensità, Magnitudo ed Energia dei terremoti	42
1.2.3 La legge di Gutenberg-Richter e suoi limiti di validità	44
1.3 I cataloghi parametrici dei terremoti: storici e strumentali	47
CAPITOLO 2	
LE SORGENTI SISMICHE	51
2.1 Modelli per le sorgenti sismiche: faglie e nodi sismogenetici	51
INDICE GENERALE	5

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

2.2	Zonazione morfostrutturale e riconoscimento dei nodi sismogenetici nella regione del Friuli Venezia Giulia	55	
2.2.1	I nodi alla giunzione Alpi-Dinaridi	56	
2.2.2	Parametri delle sorgenti sismiche associabili ai nodi alla giunzione Alpi-Dinaridi	57	
CAPITOLO 3			
LA LITOSFERA			63
3.1	Caratterizzazione dei modelli strutturali	63	
CAPITOLO 4			
PSHA - DEFINIZIONE PROBABILISTICA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA			73
4.1	Metodi attualmente normati: PSHA	73	
4.1.1	Le norme in vigore: NTC 2008	81	
CAPITOLO 5			
NDSHA - DEFINIZIONE NEO-DETERMINISTICA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA			85
5.1	Stima deterministica di scenari di pericolosità (NDSHA)	85	
5.1.1	Applicazione di NDSHA in Italia	89	
5.1.2	La componente verticale del moto del suolo	91	
5.1.3	NDSHA e PSHA in Italia	92	
5.1.4	Problemi connessi all'utilizzo delle mappe PSHA	96	
5.1.5	Il terremoto del 20 maggio 2012 in Emilia	97	
CAPITOLO 6			
PREVEDERE I TERREMOTI È POSSIBILE MA NON CON PRECISIONE			107
6.1	La previsione dei terremoti	111	
6.1.1	Previsioni a medio termine spazio temporale	112	
6.1.1.1	<i>Critiche alle previsioni a medio termine</i>	115	
6.1.1.2	<i>I precursori sismici e gli algoritmi CN ed M8</i>	117	
6.1.1.2.1	<i>Concetti alla base di CN ed M8</i>	120	
6.1.1.3	<i>L'algoritmo CN</i>	122	
6.1.1.4	<i>L'algoritmo M8</i>	124	
6.1.1.5	<i>Funzioni del flusso sismico</i>	125	
6.2	La sperimentazione con gli algoritmi CN ed M8S in Italia	128	

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

6.2.1	Le quattro zone di applicazione dell'algoritmo CN in Italia.....	128
6.2.2	L'applicazione dell'algoritmo M8S in Italia	130
6.3	Previsione a medio termine mediante l'impiego simultaneo degli algoritmi CN ed M8S: un esperimento di avanguardia	130
6.3.1	I risultati della sperimentazione delle previsioni CN ed M8S	132
6.4	Considerazioni sugli esperimenti e valutazioni previsionali	134
6.4.1	Ridurre l'incertezza delle previsioni mediante l'utilizzo di nuovi dati	135
6.4.1.1	<i>Applicabilità degli algoritmi M8S e MSc al territorio del Friuli Venezia Giulia</i>	<i>136</i>
6.4.1.2	<i>L'algoritmo MSc studia in dettaglio la zona in cui è atteso l'epicentro.....</i>	<i>137</i>
6.4.2	Osservazioni geodetiche e sismiche integrate: prime analisi	138
6.5	Scenari di pericolosità.....	142
6.5.1	Scenari di pericolosità: il caso del nodo sismogenetico	142
6.5.2	Scenari di pericolosità con $I_{MCS} \geq X$ dipendenti dal tempo	146
6.6	Casi di studio.....	147
6.6.1	Il terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009.....	147
6.6.2	Il terremoto dell'Emilia del 21 maggio 2012	151
6.6.3	Il terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016.....	154
6.7	NDSHA e comportamento non lineare del terreno	156
CAPITOLO 7		
APPLICAZIONI DI NDSHA A SCUOLE ED EDIFICI STRATEGICI.....		
157		
7.1	Le prime applicazioni operative di NDSHA.....	157
7.1.1	Gli edifici scolastici della Provincia di Trieste	157
7.2	Il parere di un progettista	162
CAPITOLO 8		
IL MAREMOTO		
165		
8.1	Scenari di pericolosità da maremoto (Tsunami).....	165
8.2	Pericolosità da maremoto ad Augusta e Trieste	168
8.3	Il MoSE è adeguato per il rischio maremoto nella laguna di Venezia?	172
GLOSSARIETTO.....		
175		
<hr/>		
INDICE GENERALE		7

PREFAZIONE

Nella filosofia della scienza, falsificabilità o confutazione è una qualità o una caratteristica di un'ipotesi scientifica o teoria. La falsificabilità è considerata una qualità positiva (e spesso indispensabile) di un'ipotesi perché vuol dire che l'ipotesi è verificabile nell'esperimento empirico e quindi è conforme agli standard del metodo scientifico.

Il concetto di falsificazione fu introdotto da Karl Popper in contrapposizione al concetto di verificabilità. Questo concetto, sostenuto dalla scuola di Copenaghen diretta da Bohr, non è universalmente applicabile in quanto una teoria può essere sostituita da un'altra quando non sufficientemente adeguata. Il concetto Popperiano di falsificabilità (che definisce appunto un criterio di scientificità) si oppone nettamente a quello neopositivista di verificabilità, inteso a definire un criterio di senso (sono significative, cioè dicono qualcosa, solo le asserzioni verificabili induttivamente; le asserzioni delle metafisiche, che non lo sono, non sono significative). Tuttavia alcune affermazioni sono solo falsificabili in teoria, mentre altre sono anche falsificabili in pratica (cioè verificabili). Ad esempio, "pioverà qui tra 1 miliardo di anni" è teoricamente falsificabile, ma non in pratica.

L'assunzione del criterio di falsificabilità determina un mutamento d'indirizzo nella concezione del metodo scientifico. In primo luogo, il falsificazionismo (filosofia della scienza basata appunto sul concetto di falsificabilità) implica il deduttivismo. Pur non essendo perfetto il concetto di falsificabilità traccia un solco metodologico: rappresenta la linea di demarcazione tra scienza e non scienza.

Questo libro di Giuliano Panza e Antonella Peresan ha il pregio di rappresentare i fenomeni sismici e le implicazioni che ne conseguono, utilizzando concetti comprensibili, senza mai dimenticare la lezione Popperiana.

In scienza l'osservazione e la misura sono gli strumenti per eccellenza. Ciò che si deduce deve derivare da questi, attraverso criteri che ricostruiscano il sistema fisico sotto esame. Eppure quando si parla di terremoti i criteri adottati sembrano dimenticare questi semplici criteri.

Ne vien fuori che il criterio probabilistico PSHA diventi legge dello stato e si costruisca su di esso la mappa di pericolosità sismica del territorio italiano. Nessuno che si avveda che questo metodo è costruito su di un principio non falsificabile. Nel 1993 nasce il metodo neo-deterministico NDSHA, che è aderente al principio di falsificabilità, e della sua presenza ben se ne avvede il legislatore che in materia d'isolamento sismico delle costruzioni civili e industriali ribadisce la necessità di

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

“prevedere che, per la valutazione dei dati di pericolosità sismica, si affianchi al metodo probabilistico quello deterministico e, comunque, che il progettista di strutture isolate sismicamente faccia riferimento anche ai dati ottenuti con quest’ultimo metodo per determinare lo spostamento massimo di progetto degli isolatori” (VIII Commissione Parlamentare Permanente Ambiente e Territorio, risoluzione 8-00124 dell’8/6/2011). Ma come sempre, in Italia, nulla accade. Eppure i terremoti si susseguono con una sequenza di morti e distruzioni impressionanti.

Il metodo neo-deterministico è stato applicato con successo in numerose aree metropolitane come Delphi (India), Beijing (China), Napoli (Italy), Algiers (Algeria), Cairo (Egypt), Santiago de Cuba (Cuba), Thessaloniki (Greece) ed anche vari paesi hanno adottato il metodo neo-deterministico, come puntualmente ne dà notizia questo libro.

Ma Panza e Peresan vanno oltre all’osservazione, mettono in rilievo come modelli prognostici possono dare un contributo alla conoscenza del fenomeno sismologico: ad esempio attraverso gli algoritmi CN (la sigla deriva dal fatto che la prima applicazione è stata fatta al territorio California-Nevada) ed M8 (la sigla deriva dal fatto che la prima applicazione è stata fatta a livello globale per la previsione a medio termine dei terremoti con magnitudo maggiore di 8). Gli esperimenti condotti per oltre venti anni, su scala globale, e da oltre un decennio anche in Italia, hanno messo in evidenza la significatività statistica delle previsioni fornite da CN ed M8. Tali algoritmi, seppur non privi di falsi allarmi e fallimenti di previsione, come qualsiasi altra procedura previsionale (si pensi ai test diagnostici in medicina), hanno fornito risultati il cui livello di confidenza è superiore al 97% per CN ed al 99% per M8 (anche considerando il solo territorio italiano).

Infine nel libro vi è un accenno alle modalità di utilizzo del metodo NDSHA per la messa in sicurezza di edifici scolastici: *L’uso di accelerogrammi generati mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismo genetiche della sorgente e del mezzo di propagazione* (NTC 2008 3.2.3.6). L’esempio degli edifici della Provincia di Trieste rappresenta un *modus operandi* che vorremmo vedere esteso al resto dell’Italia.

Non c’è che dire questo libro rappresenta un summa utile a capire cosa si può e deve fare: il terremoto non è la reazione della natura contro l’uomo, ma è il respiro del pianeta che l’uomo deve sapere interpretare costruendo in modo adeguato. Questo libro offre tutti gli strumenti più attuali per mettere in pratica tutto ciò che conosciamo per rendere sicuro il vivere civile.

Rodolfo Guzzi
*Commissione di Valutazione
dei Piani Triennali degli Enti ricerca - MIUR*

PREFAZIONE

I terremoti sono parte del respiro della Terra, sono la dimostrazione della vitalità del pianeta che permette anche la continua alimentazione dell'atmosfera tramite il vulcanismo e quindi della vita. Sappiamo tuttavia che possono generare tragedie immani, soprattutto in quelle regioni del mondo dove le abitazioni e i centri abitati non sono costruiti per resistere alle sollecitazioni sismiche o agli tsunami. L'Italia, come tante altre nazioni, è fortemente vulnerabile ed esposta alla sismicità e un adeguamento edilizio richiederà uno sforzo che inevitabilmente durerà almeno diverse decine d'anni. Ciò significa che dobbiamo convivere con il rischio sismico ancora a lungo e il modo migliore per affrontarlo da oggi è cercare di conoscerne sempre meglio i meccanismi, di studiarne l'origine e capirne il funzionamento. Da un recente sondaggio, in Italia solo circa il 6% della popolazione è realmente cosciente del rischio sismico imminente nella propria regione e ciò dimostra quanto ci sia ancora da lavorare per diffondere le conoscenze di base e instillare nei cittadini una cultura sul tema dei terremoti. Gli eventi sismici non sono altro che energia liberata in modo improvviso e si enucleano principalmente da volumi di crosta terrestre all'interno dei quali nel corso dei secoli si è creato un gradiente di pressione, gravitazionale o elastico. La previsione completa dei terremoti, cioè dove, di quale magnitudo e quando avverrà, è ancora lontana. Gli studi però progrediscono ogni giorno e così come le previsioni del tempo o la cura dei tumori si sono evoluti gradualmente con piccoli tasselli crescenti di conoscenza fino ad arrivare a un incredibile miglioramento, così oggi sappiamo già piuttosto bene dove e quanto forte potranno avvenire i terremoti. Il quando è tuttora la parte più difficile da risolvere. La comunità scientifica internazionale si è per lo più concentrata sull'utilizzo di metodi probabilistici per "prepararsi" agli eventi sismici futuri. Il libro di Giuliano Francesco Panza e Antonella Peresan "Difendersi dal terremoto si può" è una disamina moderna dei limiti di questo metodo, della sua fallacità legata all'incompletezza dei cataloghi sismici e all'erronea concezione del tempo di ritorno di un evento sismico. La storia sismica che noi abbiamo a disposizione è necessariamente troppo breve rispetto ai 'tempi' della Terra che opera appunto su scale geologiche. Gli autori, dopo una necessaria e aggiornata introduzione alla dinamica terrestre, propongono in alternativa un metodo neo-deterministico che, sebbene non ancora in grado di prevedere con precisione quando avverrà un terremoto, ha il grande vantaggio di rendere più consapevole una comunità della pericolosità massima della zona in cui vive. Il testo è scritto in modo molto chiaro, comprensibile anche ai non addetti ai lavori, ma particolarmente utile per studenti e decisori politici.

Carlo Doglioni
*Presidente Istituto Nazionale
di Geofisica e Vulcanologia - Roma*

PRESENTAZIONE

Genius is one percent inspiration, ninety-nine percent perspiration

Thomas Alva Edison, 1932

I terremoti si verificano in modo solo apparentemente casuale ed in alcuni casi è possibile ricondurre la sismicità al concetto di caos deterministico. La sismicità, cioè, presenta un andamento apparentemente aleatorio, ma può essere spiegata da un meccanismo deterministico, che trae le sue origini nei vari moti di convezione e traslazione del mantello terrestre e nel contemporaneo moto delle placche litosferiche. La tettonica delle placche ha un motore a propulsione ibrida: (a) interna, ovvero utilizza l'energia fornita dal raffreddamento per convezione del mantello, (b) esterna, ovvero utilizza l'energia fornita in quantità rilevante dalla Luna, col fenomeno della "marea terrestre". La Terra, infatti sta progressivamente subendo una decelerazione nella sua rotazione propria principalmente a causa di tali maree, determinate dall'attrazione gravitazionale che la Luna esercita sulla Terra. La litosfera, cioè il guscio più esterno della Terra che, di regola, comprende la crosta e la parte più superficiale del mantello, è, di regola, più leggera del mantello sottostante. Quindi la litosfera rallenta più rapidamente e questo fatto produce, rispetto alle parti sottostanti, un moto relativo della stessa verso ovest. Il movimento non è omogeneo perché nella litosfera la crosta ha spessore e densità diverse negli oceani e nei continenti, ed è proprio questa differenza di velocità la causa principale della convergenza o della divergenza delle placche: se tra due zolle che migrano verso ovest, quella occidentale è più veloce si ha un allontanamento, mentre se è più lenta si ha un avvicinamento. Questa è l'essenza della tettonica delle placche polarizzata, che costituisce una evoluzione della teoria classica della tettonica delle placche, ormai incapace di spiegare un numero troppo elevato di fenomeni, per essere accettabile globalmente.

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

La tettonica delle placche polarizzata e la natura complessa dei fenomeni sismici, evidenziano la necessità di rifuggire dall'utilizzo di modelli troppo semplicistici, particolarmente per quanto riguarda la valutazione dei rischi associati ai terremoti. In un'ottica di prevenzione, coerente e compatibile con le teorie più avanzate, è essenziale che almeno le strutture strategiche e pubbliche siano progettate in modo da resistere ai futuri forti terremoti. Un terremoto compatibile con le caratteristiche sismogenetiche di una certa area, ancorché sporadico e dunque etichettato come "poco probabile", può verificarsi in ogni momento. Quando si verifica un terremoto con una data magnitudo M lo stesso genera un moto sismico del suolo che non dipende certamente dalla sua sporadicità nell'area di studio. In questa prospettiva, i parametri di progettazione antisismica non devono essere ridotti o aumentati in funzione della maggiore o minore sporadicità del terremoto, come previsto dall'approccio probabilistico (PSHA), ma devono tener conto dei valori di magnitudo definiti in base alla storia sismica e alla sismotettonica, come previsto dall'approccio neo-deterministico (NDSHA). Conseguentemente, per passare da un'ottica focalizzata sulla gestione dell'emergenza ad una nuova prospettiva basata sulla prevenzione, è necessario rivalutare sostanzialmente l'ambito di applicabilità di PSHA. Il metodo PSHA, come generalmente impiegato, non è falsificabile quindi è parascientifico: ciononostante attribuisce valori molto specifici a ciascun punto del territorio nazionale, stabilendo con precisione la severità di scuotimento di progetto, con stime che variano da numero civico a numero civico. È stato dimostrato che tra due siti a distanza di duecento metri uno dall'altro cambia in maniera percentualmente significativa, ma ovviamente del tutto artificiosa, lo scuotimento di riferimento al substrato roccioso. Inoltre la normativa basata su PSHA conteneva gravi errori, tali per cui numerosi disgraziati edifici potevano avere salti di scuotimento assai bruschi nel passare da una stanza all'altra degli appartamenti (room effect). Per dare una idea della incredulità e del sarcasmo con cui la norma fu accolta, sulla rivista tecnico scientifica *Ingegneria Sismica* fu proposto "nello spirito probabilistico che anima la norma" di risolvere il problema del salto di scuotimento mediante un ripetuto tiro di dadi ⁽¹⁾.

Le mappe PSHA sono eccessivamente dipendenti dalle ipotesi sulla ricorrenza dei forti terremoti, caratterizzate da notevoli incertezze, e spesso si sono rivelate errate, come, ad esempio in occasione dei recenti terremoti dell'Emilia (2012) ⁽²⁾, del Giappone (2011) e di Amatrice (2016) ⁽³⁾. Tali terremoti si sono verificati pochi anni dopo la pubblicazione delle mappe, che si sono rivelate fatalmen-

1. Rugarli P., (2008), Zone Griglie o...Stanze?, *Ingegneria Sismica*, 1, 2008.

2. Peresan A. e Panza G.F., (2012), Improving Earthquake Hazard Assessments in Italy: An Alternative to "Texas Sharpshooting". *Eos*, 93, No. 51, 18 December 2012, 538-539.

3. Peresan A., Kossobokov V., Romashkova L., Magrin A., Soloviev A. e Panza G.F., (2016), Time-dependent neo-deterministic seismic hazard scenarios: Preliminary report on the M6.2 Central Italy earthquake, 24th August 2016, arXiv:1608.07553 [physics.geo-ph].

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

te sottostimate e quindi prive di capacità prognostiche. D'altra parte il metodo NDSHA, che fornisce stime della pericolosità per le quali l'utilizzo della ricorrenza è opzionale (ossia la ricorrenza può essere associata in un secondo momento, se realmente necessario), ha fornito valori ben confrontabili con quelli registrati in occasione del terremoto dell'Emilia e di Amatrice, confermando le capacità prognostiche già parzialmente evidenziate in occasione del terremoto dell'Aquila del 2009.

Questi fatti sono stati portati all'attenzione del Parlamento nel corso dell'«Indagine conoscitiva sullo stato della sicurezza sismica in Italia», conclusasi il 30 novembre 2012 all'VIII Commissione Ambiente, Territorio e Lavori Pubblici della Camera dei Deputati, che nella risoluzione conclusiva 8-00124/2011 in materia di isolamento sismico delle costruzioni civili e industriali ribadisce la necessità di *prevedere che, per la valutazione dei dati di pericolosità sismica, si affianchi al metodo probabilistico quello deterministico e, comunque, che il progettista di strutture isolate sismicamente faccia riferimento anche ai dati ottenuti con quest'ultimo metodo per determinare lo spostamento massimo di progetto degli isolatori*. Detta opportunità è stata richiamata tra le motivazioni nel DDL C. 1184 dell'11 giugno 2013 – XVII Legislatura ad oggetto “Delega al Governo per l'adozione del Piano antisismico nazionale”.

L'utilizzo di procedure consolidate per la previsione e medio termine spazio-temporale dei terremoti, quali CN ed M8, possono essere integrate con dati geodetici e portare ad una definizione dipendente dal tempo della pericolosità sismica, basata su NDSHA, utilizzabile sia per azioni preventive a medio termine che nella definizione della priorità degli interventi di verifica sismica e conseguente adeguamento per gli edifici strategici.

In considerazione dei limiti evidenziati dal tradizionale approccio probabilistico, parascientifico nella sua formulazione ed insoddisfacente nelle sue applicazioni concrete, si chiede che unitamente al metodo PSHA, sino ad ora adottato per la definizione delle mappe di pericolosità sismica, ci si avvalga anche di metodi diversi, quale l'NDSHA, in grado di superarne gli evidenti limiti. Proprio seguendo queste indicazioni, al fine di ottimizzare l'allocazione delle risorse pubbliche, con lodevole lungimiranza è stato affiancato il metodo NDSHA nella verifica sismica e conseguente adeguamento di alcuni edifici scolastici della Provincia Trieste. Questo ha permesso di verificare non solo la fattibilità ed i vantaggi concreti forniti dall'utilizzo del metodo NDSHA, ma anche di formulare delle linee guida per una verifica sismica, ed eventuale successivo adeguamento, degli edifici esistenti ivi compresi quelli di particolare interesse sia strategico che culturale.

Il Don Chisciotte fu scritto con intento parodistico nei confronti dei libri sui cavalieri erranti, libri che a quel tempo inondavano l'Europa, quanto fanno oggi i romanzi rosa. Cervantes ridicolizzò a tal punto quel genere letterario, da farlo scomparire dalla scena. Questo libro è stato scritto con lo stesso intento nei confronti della pseudo scienza che definisce la pericolosità sismica su basi probabili-

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

stiche. La sorte di PSHA sarà la stessa del genere letterario bersagliato da Cervantes? Finalmente un approccio fisico-scientifico riuscirà a scalzare i mulini a vento ed i romanzi probabilistici?



Colloquio tra Don Chisciotte e Sancho Panza, ill. di Gustave Doré

Certamente i nostri lettori potranno contribuire alla sconfitta dei mulini a vento!

Giuliano F. Panza
Antonella Peresan

RINGRAZIAMENTI

Senza l'incoraggiamento e la competente sollecitazione dell'ing. Paolo Rugarli, che ci ha ricordato costantemente l'importanza di una divulgazione attenta all'innovazione ed al rigore scientifico, non avremmo mai scritto questo testo.

La maggior parte degli argomenti trattati è, appunto, il frutto dell'elaborazione con taglio divulgativo, di ricerche di avanguardia svolte in ambito internazionale e debitamente documentate nell'ampia bibliografia – gran parte delle illustrazioni è tratta, infatti, da pubblicazioni su riviste internazionali di indiscusso prestigio. Numerosi ricercatori, provenienti da Europa, Asia, America ed Africa hanno collaborato alla sperimentazione delle metodologie descritte, beneficiando dell'esistenza di una banca dati sismologica, in senso lato, unica al mondo: quella riguardante l'Italia. È anche per questa ragione che l'approccio neo-deterministico alla definizione della pericolosità sismica (noto come NDSHA) è nato proprio in Italia, ed è stato qui utilizzato per oltre un decennio, prima di diffondersi in varie parti del mondo.

Ringraziamo i molti colleghi, ricercatori e studenti che con il loro contributo ed esprimendo diversi punti di vista, hanno reso questa sintesi critica particolarmente doviziosa, anche se ovviamente non completa. Un ringraziamento particolare va a tutti coloro che hanno permesso lo sviluppo e l'applicazione delle metodologie e dei modelli innovativi i cui aspetti essenziali sono descritti nel testo. La ricca bibliografia allegata, che fornisce un elenco non esaustivo di quanti hanno collaborato alle ricerche, può essere debitamente utilizzata per approfondimenti.

Un particolare ringraziamento va inoltre a Marina Silvestri per aver arricchito questo testo con i suoi suggerimenti ed utili approfondimenti sulla rilevanza della divulgazione scientifica come efficace strumento di prevenzione.

Infine un profondo ringraziamento ai nostri consorti Rita ed Alessandro, che quotidianamente ci hanno supportato e sopportato del corso del lavoro, permettendoci di raggiungere i tanti risultati scientifici che sono alla base di questo libro di divulgazione.

CAPITOLO 7

APPLICAZIONI DI NDSHA A SCUOLE ED EDIFICI STRATEGICI

7.1 Le prime applicazioni operative di NDSHA

Spesso avviene che nuove interpretazioni del dettato normativo si affacciano quando un sistema di leggi si allontana dalla società alla quale serve. Esempio è il caso di un'amministrazione pubblica che, come vedremo nel paragrafo 7.1.1, ha utilizzato il metodo NDSHA per la messa in sicurezza di edifici scolastici applicando e traendo vantaggio dal già citato passaggio delle Norme Tecniche per le Costruzioni:

L'uso di accelerogrammi generati mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione.

(NTC 2008 3.2.3.6)

7.1.1 Gli edifici scolastici della Provincia di Trieste

Dopo molti anni di collaborazione tra la Provincia di Trieste e l'Università degli Studi di Trieste nel campo della valutazione del rischio sismico si è giunti nel 2016 all'applicazione di NDSHA per la verifica sismica (Figura 7.1) e, quando necessario, al successivo adeguamento sismico (Figura 7.2) di edifici scolastici di pertinenza della Provincia di Trieste ⁽¹⁾.

1. http://www.provincia.trieste.it/opencms/opencms/it/attivita-servizi/cantieri-della-provincia/immobili/Programma_verifiche_sismiche/

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ



Figura 7.1 - Bozza di targa da affiggere all'ingresso di ogni edificio scolastico sottoposto a verifica sismica con NDSHA.



Figura 7.2 - Bozza di targa da affiggere all'ingresso di ogni edificio scolastico adeguato strutturalmente in base ai risultati della verifica sismica con NDSHA.

Infatti, molto opportunamente, la Provincia di Trieste ha stabilito di non applicare nelle verifiche sismiche degli immobili di competenza le procedure tradizionali ora in uso, basate su un approccio probabilistico (PSHA), che, come abbiamo visto, si sono rivelate fatalmente inadeguate in occasione dei più recenti e distruttivi eventi sismici, ma di applicare in alternativa la metodologia NDSHA, già considerata da numerosi altri paesi, e descritta nel Capitolo 5.

La decisione si basa sul fatto che nonostante PSHA sia adottato dalle normative in vigore, così dette NTC 2008 ⁽²⁾, esiste, come abbiamo visto nel Capitolo 4,

2. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale del 4/2/2008.

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

una estesa messe di risultati sia teorici che sperimentali che dimostrano che tale metodo è concettualmente errato, di illusoria precisione e di inutile articolazione. È stato ritenuto quindi doveroso, per un'ottimale allocazione delle risorse pubbliche, procedere senza indugio ad affiancare ai metodi tradizionali il metodo NDSHA. Tale opportunità è peraltro riconosciuta nello stesso Parlamento della Repubblica con l'approvazione da parte dell'VIII Commissione permanente Ambiente, Territorio, Lavori Pubblici della Camera dei Deputati della risoluzione (conclusiva) 8-00124/2011 in materia d'isolamento sismico delle costruzioni civili e industriali con la quale è stata ribadita la necessità di *prevedere che, per la valutazione dei dati di pericolosità sismica, si affianchi al metodo probabilistico quello deterministico e, comunque, che il progettista di strutture isolate simicamente faccia riferimento anche ai dati ottenuti con quest'ultimo metodo per determinare lo spostamento massimo di progetto degli isolatori*. Detta opportunità è stata pure richiamata tra le motivazioni nel DDL C. 1184 dell'11 giugno 2013 – XVII Legislatura ad oggetto Delega al Governo per l'adozione del Piano antisismico nazionale. Tutto ciò in sintonia col già citato passaggio delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008 3.2.3.6).

La collaborazione tra Provincia ed Università è iniziata formalmente nel 2007 e nel 2008 con l'approfondimento del quadro di rischio sismico per il centro storico di Trieste. Tale sito, esposto ad uno scuotimento almeno pari al grado IX⁽³⁾ della scala di intensità macrosismica I_{MCS} , era già stato individuato come uno dei siti più significativi dal Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione dei Rischi (adottato con deliberazione consiliare n. 18/2007) e dalle analisi sismologiche ed ingegneristiche finalizzate alla verifica sismica della sede della Provincia sita in piazza Vittorio Veneto a Trieste (Figura 7.3).



Figura 7.3 - Il Palazzo della Provincia di Trieste, sito in Piazza Vittorio Veneto (Trieste).

3. Vaccari F., Romanelli F. e Panza G.F., (2005), Detailed modelling of strong ground motion in Trieste; Modellazione dettagliata del moto sismico del suolo a Trieste, *Geologia tecnica & ambientale*, 2/2005, 7-40.

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ



Figura 7.4 - Istituto d'Arte "Enrico e Umberto Nordio", via di Calvola (Trieste).



Figura 7.5 - L'Istituto Nautico "Tomaso Savoia", sito in Piazza Hortis (Trieste).

Successivamente, grazie al contributo straordinario regionale (L.R. 31 dicembre 2012 n. 27 commi 37, 38, 39 – Contributo straordinario per verifiche strutturali ai sensi dell'OPCM 3274/2003 su edifici scolastici), nel 2013 sono state avviate le attività connesse alle verifiche sismiche degli edifici scolastici sede dell'Istituto d'Arte "Enrico e Umberto Nordio" (Figura 7.4) e sede dell'Istituto Tecnico Commerciale "Gian Rinaldo Carli" e dell'Istituto Tecnico Nautico "Tomaso Savoia Duca di Genova" (Figura 7.5).

La scelta dei due immobili è stata fatta sulla base dei risultati dello studio ASSESS⁽⁴⁾, commissionato dalla Protezione Civile Regionale alle Università degli Studi di Trieste e di Udine ed all'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, considerando in particolare la priorità di intervento desumibile da tale progetto.

Nella scelta degli immobili si è anche tenuto conto delle principali tipologie costruttive riscontrabili, della forma (regolare ovvero irregolare), della localizza-

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

zione (siti caratterizzati da terreni di riporto ovvero da terreni rocciosi) degli edifici sede di istituti e scuole di istruzione secondaria superiore nel territorio provinciale.

In questa attività pilota le indagini tecnico-scientifiche di caratterizzazione geotecnica dei siti, l'analisi vibrometrica, ovvero la registrazione e studio delle vibrazioni meccaniche degli edifici indotte dal rumore ambientale, ed il calcolo dell'azione sismica, sono prevalsi rispetto alle successive indagini ingegneristiche. L'attività, infatti, ha permesso di consolidare un metodo di indagine ben preciso da richiedere quale standard nei successivi futuri affidamenti di incarichi professionali da parte dell'Amministrazione provinciale, o chi per essa, per le verifiche sismiche degli immobili di competenza, in particolare degli edifici scolastici.

In tale contesto tuttavia sono emersi alcuni aspetti che si ritiene debbano caratterizzare il processo di verifica sismica di un edificio, per cui a latere delle relazioni conclusive degli studi ad oggi condotti è stato predisposto un *Vademecum* per la verifica sismica degli edifici esistenti ⁽⁵⁾.

Nel *Vademecum*, oltre alla raccomandazione generale di affiancare ai metodi tradizionali il metodo NDSHA per la determinazione dell'input sismico, viene evidenziato lo spirito di collaborazione e di indagine gomito a gomito che deve animare il lavoro di sismologi ed ingegneri. Infatti, soprattutto nel caso di edifici di dimensioni importanti, come quello preso ad esempio del documento in questione, si ritiene di fondamentale importanza uno studio che affianchi alla tradizionale modellazione numerica anche un'attenta analisi vibrometrica dell'edificio. Questo, fra l'altro, permette all'ingegnere di tarare ed affinare il modello di calcolo nella direzione suggerita dall'analisi vibrometrica (ovvero il risultato sperimentale di una misura fisica), quale quella delle frequenze di risonanza lungo gli assi principali dell'edificio, da confrontarsi con le frequenze stimate coi modelli di calcolo. Parallelamente, lo studio NDSHA per il sito permette di contemplare adeguatamente tutti gli scenari conseguenti a diversi meccanismi di sorgente del terremoto. In questo modo l'approccio proposto permette sia di sviluppare modelli delle strutture con comportamento dinamico il più possibile aderente a quello reale, sia di applicare agli stessi le accelerazioni che in fase di verifica risultano maggiormente conservative. Per l'Amministrazione, l'applicazione del metodo consente di ottenere informazioni e dati di immediato utilizzo. L'analisi permette infatti di ottimizzare le scelte progettuali nell'adeguamento degli elementi strutturali (ma anche non strutturali) degli edifici di proprietà o in gestione, sulla base di una valutazione qualitativa dei costi/benefici rispetto all'applicazione del

4. <http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/GetDoc.aspx/65366.pdf>

5. http://www.provincia.trieste.it/opencms/opencms/it/attivita-servizi/cantieri-della-provincia/immobili/Programma_verifiche_sismiche/

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

metodo PSHA e delle procedure di normativa (6).

I lavori di completa ristrutturazione dell'immobile di Piazzale Canestrini, destinato ad ospitare i due Istituti tecnici, con lingua d'insegnamento slovena "Jožef Stefan" e "Žiga Zois", sono stati iniziati a metà 2016. Questi lavori sono basati sulle risultanze delle indagini NDSHA e consentiranno, auspicabilmente con l'anno scolastico 2017-2018, il trasferimento dei due Istituti tecnici presso l'immobile, mostrato in Figura 7.6, adeguato in base a verifica sismica con scenari neodeterministici (NDSHA) ad integrazione di quelli probabilistici (PSHA).



Figura 7.6 - L'immobile di Piazzale Canestrini.

7.2 Il parere di un progettista

L'Ing. Giancarlo Giuliani (7), progettista assai affermato e ben noto anche in campo internazionale, a seguito del terremoto del 25 gennaio 2012, $M=4,9$ (8), con ipocentro nella crosta inferiore, localizzato sulla verticale di Brescello (Reggio Emilia), seguito dopo 48 ore da un altro evento con $M=5,5$, a proposito della normativa sismica vigente in Italia ha scritto:

Eventi sismici, ancora troppi gli studi ignorati (9): La previsione dell'intensità del terremoto è attualmente basata in Italia sul metodo probabilistico che non tiene conto dei grandi progressi della sismologia sia nel campo dell'elaborazione dei segnali registrati che in quello teorico relativo alle caratteristiche di trasmissione

6. http://www.provincia.trieste.it/opencms/opencms/it/attivita-servizi/cantieri-della-provincia/immobili/Programma_verifiche_sismiche/

Provincia di Trieste, (2016), I luoghi del sapere, 164-165, ISBN 978-88-908276-9-3

7. <http://www.redesco.it/>

8. si ricorda che, come menzionato nel paragrafo 5.1, M è, di regola, determinata con una deviazione standard (σ) 0,2-0,3

9. Il giornale dell'Ingegnere, 2 febbraio 2012, www.giornaleingegnere.it

DIFENDERSI DAL TERREMOTO SI PUÒ

del moto degli strati geologici. Nella nuova carta nazionale di pericolosità sismica sono definite accelerazioni di progetto con un numero tale di decimali che, inevitabilmente, induce a credere che tali valori siano assolutamente veri e determinati con analisi e procedure esaustive, generando un falso senso di sicurezza.

È purtroppo facile constatare, sulla scorta di eventi sismici reali, che le accelerazioni indicate nella carta di pericolosità calcolate con metodo probabilistico (PSHA) sono fortemente errate per difetto; questo vale sia per l'Italia che per gli altri stati che adottano tale metodo. Gli eventi sismici citati, di magnitudo $M=4,9$, e $M=5,5$ che, fortunatamente hanno prodotto solo lievi danni materiali, confermano che le mappe “normate” di intensità sismica sono errate per difetto.

L'articolo termina con l'auspicio che le mappe di pericolosità sismica elaborate con NDSHA sostituiscano a breve quelle attuali, che sono risultate ancora una volta sottostimate. Infatti, come abbiamo visto nel Capitolo 5, la mappa delle accelerazioni di progetto elaborata per il territorio Italiano secondo NDSHA indica chiaramente che i valori di pericolosità della zona possono superare $0,2g$, valore drammaticamente superato in occasione degli eventi occorsi pochi mesi dopo nel maggio dello stesso anno in Emilia-Romagna e nell'agosto del 2016 in Italia centrale, rendendo profetiche le parole dell'Ing. Giuliani.

Quindi anche progettisti e costruttori sono convinti che ci si può difendere dai terremoti, purché per la definizione della pericolosità si abbandoni la pseudoscienza illusoriamente tranquillizzante di PSHA e si seguano metodi meno compiacenti, ma ben fondati su solide basi fisiche quali NDSHA.



Collana di testi di Ingegneria e non necessariamente solo di Ingegneria

L'*ingegneria* non consiste nella applicazione formale di regole rigide o nella pedissequa applicazione di formule complicate e illusoriamente precise, ma nella libera ideazione di modelli, nella loro critica consapevole, e nella loro valutazione intelligente ai fini di un certo uso, in condizioni di sicurezza e di vantaggiosità sociale ed economica. Dunque l'*ingegneria* è un'attività che richiede non soltanto una profonda comprensione dei fenomeni fisici, ma anche una ampia cultura e una preparazione multidisciplinare, ed è inscindibile da un alto grado di decisione esperta.

Negli ultimi anni, la figura dell'ingegnere è stata resa sempre più arida e apparentemente inadeguata dal vertiginoso e non sempre giustificato complicarsi delle *tecniche*, che hanno richiesto specializzazioni e automazioni via via crescenti. Ciò ha prodotto da un lato un grave impoverimento e uno svilimento della professione, sempre più vista come marginale e subordinata, e dall'altro un drastico incremento dell'utilizzo di protesi software. Tali protesi sono state ritenute implicitamente atte a colmare il divario tra le competenze effettive e quelle richieste, nella progressiva desertificazione delle conoscenze più autentiche.

Anziché porre l'accento sulla necessità di formare una ampia messe di esperti in grado di ragionare con la loro testa per risolvere problemi unici in modo efficiente, ci si è apparentemente dedicati alla formazione di una specie di *tecno-automa* computerizzato, visto più come *servente al pezzo* che come individuo pensante.

La progressiva richiesta di specializzazione ha generato una riduzione del numero delle aree di studio: si sono create e si stanno creando singole entità apparentemente super specializzate, e tante invisibili frontiere tra specialisti e specialisti, con tutti i tipici problemi legati al corretto trasferimento delle informazioni attraverso le interfacce tra esperti e organizzazioni diverse. Se la super specializzazione ha prodotto alti livelli di *expertise* in singoli, specifici campi della scienza e della tecnica, essa ha anche aumentato il rischio di cecità nei riguardi di altri importanti snodi del processo decisionale, spesso contigui ai propri. Ciò ha portato ad una accresciuta probabilità di errore. La corretta informazione sugli *snodi contigui* è anche ostacolata dalla carenza di testi completamente e immediatamente comprensibili, scritti allo scopo di illustrare e di spiegare.

Questa collana nasce dal desiderio di contribuire a mitigare questi problemi.

Il Curatore

Ing. Paolo Rugarli



I volumi pubblicati nella collana “I Diagonali” sono:



L'ERRORE UMANO

di James Reason - ed. aprile 2014



VALIDAZIONE STRUTTURALE - VOL. 1: ASPETTI GENERALI

di Paolo Rugarli - ed. settembre 2014



LO SCHELETRO DI PIETRA

di Jacques Heyman - ed. ottobre 2014



IL CONVITATO DI VETRO

di Roberto Spagnuolo - ed. ottobre 2014



CROLLI E LESIONI DI STRUTTURE

di Sandro Dei Poli - ed. ottobre 2015



PROGETTAZIONE SISMICA DI EDIFICI

di Edmund Booth - ed. dicembre 2015



ANALISI MODALE RAGIONATA

di Paolo Rugarli - II ed. gennaio 2016



SISMOGRAFIA STORICA

di Piero Pierotti - ed. aprile 2016