



Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
*Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica,
Matematica e Scienze Naturali*
138° (2020), Vol. I, fasc. 2, pp. 225-228
ISSN 0392-4130 • ISBN 978-88-98075-40-9

A proposito di Intensità macrosismica e Magnitudo

GIULIANO F. PANZA*

* Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Roma, Italia – Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, Italia – Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing, China – International Seismic Safety Organization, ISSO, Arsita, Italia – Beijing University of Civil Engineering and Architecture (BUCEA), China.

Abstract – *Macroseismic Intensity and Magnitude*. Both discrete and continuous scales related to the amplitude and duration of the wavetrain are used to measure the extent of earthquakes. All Macroseismic Intensity Scales are defined as discrete scales. Although popular, intermediate intensity values are pure artifacts that have been introduced to suggest a resolution that is not actually achievable. The uncertainty on the values of Magnitude, deductible from macroseismic data, is much greater than what is suggested by the number of decimal digits currently reported, a clear example of a search for a resolution not compatible with macroseismic data. The final effect is to suggest a much greater precision than is actually available, which can lead the users to believe that they have to use a too large number of significant figures. To this we owe the gross forcing recorded in our Technical Standards for Construction at least since 2008, NTC (2008, 2018), namely that of giving the seismic shaking (PGA-Peak Ground Acceleration) to the bedrock, with a spatial precision of 50 meters and four significant digits.

Keywords: macroseismic intensity; magnitude; peak ground acceleration

Riassunto – *Intensità Macrosismica e Magnitudo*. Per misurare l'entità dei terremoti vengono utilizzate sia scale discrete che scale continue legate all'ampiezza e alla durata dell'onda. Tutte le Scale d'Intensità Macrosismica sono definite come scale discrete. Sebbene popolari, i valori d'intensità intermedia sono puri artefatti che sono stati introdotti per suggerire una risoluzione che in realtà non è effettivamente raggiungibile. L'incertezza sui valori di Magnitudo, deducibile dai dati macrosismici, è molto maggiore di quanto suggerito dal numero di cifre decimali correntemente riportato, chiaro esempio di ricerca di una risoluzione non compatibile con i dati macrosismici. L'effetto finale è quello di suggerire una precisione molto maggiore di quella effettivamente disponibile, che può indurre gli utenti a credere di dover utilizzare un numero eccessivo di cifre significative. A questo si deve la grossolana forzatura registrata nelle nostre Norme Tecniche per le Costruzioni almeno dal 2008, NTC (2008, 2018), vale a dire quella di dare gli scuotimenti sismici (PGA-Accelerazione di Picco del moto tellurico) al substrato roccioso, con una precisione spaziale di 50 metri e quattro cifre significative.

Parole chiave: intensità macrosismica; magnitudo; accelerazione di picco

Per misurare l'entità dei terremoti sono utilizzate sia scale discrete sia scale continue legate all'ampiezza e durata del treno d'onde.

Le scale continue sono quelle delle varie Magnitudo (M). La Magnitudo fu introdotta da Richter nel 1935, col semplice scopo di fornire rapidamente alla stampa informazioni sull'entità dei terremoti avvertiti dalla popolazione della California meridionale. La magnitudo è generalmente basata sulla registrazione strumentale del terremoto.

Le scale discrete sono quelle dell'Intensità macrosismica (I): esse si basano sulla valutazione dell'entità degli effetti (danni) causati dal terremoto sia sul costruito che sul paesaggio. Le intensità massime misurate in prossimità dell'epicentro si dicono intensità epicentrali (I_0).

Le scale d'Intensità macrosismica, quali la scala Mercalli, pubblicata nel 1902, e le sue successive varianti – quella solitamente usata in Italia è la variante dovuta a Mercalli, Cancani e Sieberg (I_{MCS}) – sono definite da valori interi e, quindi, sono scale discrete. In altre parole, in tutte le varianti della scala Mercalli, suddivisa in dodici gradi discreti, due terremoti sono di entità diversa se differiscono almeno per un'unità di I_0 . Per porre l'accento sulla proprietà discreta della scala sono utilizzati i numeri ordinali, con numeri romani, appropriati per definire l'ordine di gravità degli effetti.

Anche se popolari, valori intermedi d'intensità sono puri artefatti (Figura 1) che sono stati introdotti per suggerire una risoluzione in realtà non raggiungibile.

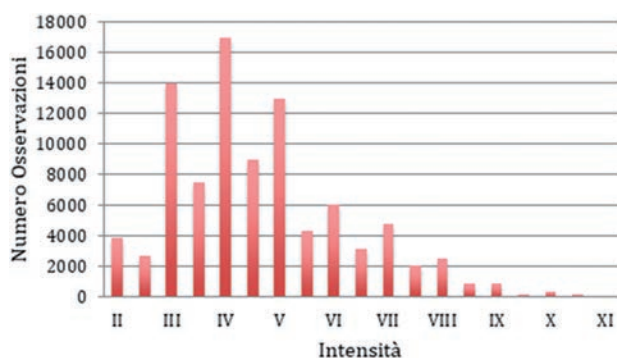


Fig. 1. Istogramma numero di osservazioni in funzione dei valori macrosismici puntuali (numeri Romani). I valori intermedi corrispondono a una serie di minimi relativi. Questo è un ovvio artefatto dovuto all'introduzione di dati non pertinenti (valori intermedi) a qualsiasi scala macrosismica. L'istogramma è ricavabile dall'Italian Macroseismic Database, version DBMI15 release 1.5 dell'INGV (Locati et al. 2016) (INGV T3 activity called "Seismic hazard and contribution to the risk definition" and as contribution to the agreement between INGV and the Italian Department of Civil Protection 2012 2021; July 2016, disponibile a richiesta).

Tale molto discutibile pratica, che non rispetta la definizione di scala macrosismica e che quindi non ha alcun valore scientifico, è iniziata dopo la pubblicazione della definizione delle scale macrosismiche, ed è diventata endemica alla fine degli anni 70.

Karnik & Algermissen (1978) del tutto arbitrariamente (si veda stralcio numero 3 dal documento riguardante la scala macrosismica europea riportato di seguito) hanno suggerito che l'errore minimo che può essere assegnato ad una misura di Intensità macrosismica è pari a mezzo grado. Tale quantità non è definita in nessuna scala macrosismica; tutte le scale partono dal valore "I – impercettibile". Se si usa una rappresentazione in scala logaritmica (Figura 2) i minimi sono meno evidenti ma persistono.

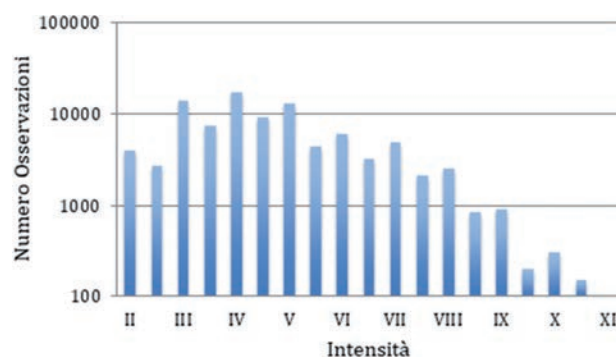


Fig. 2. Stessi dati di Figura 1, ma rappresentati in scala logaritmica (Log_{10}). I minimi relativi sono ovviamente meno pronunciati ma persistono a conferma della manipolazione fatta introducendo gradi intermedi.

Il problema dell'uso non opportuno dei valori intermedi di Intensità macrosismica è ribadito anche nella scala macrosismica europea EMS98 (Accord Partiel Ouvert en matière de prévention, de protection et d'organisation des secours contre les risques naturels et technologiques majeurs du CONSEIL DE L'EUROPE - Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie Volume 15 - EMS98_Original_english.pdf). Della versione Italiana (Ministère de la Culture de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche CONSEIL DE L'EUROPE - Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie Volume 32 - ECGS_CB_Vol 32.pdf) sono riportati i seguenti tre stralci:

[...] Le intensità venivano convenzionalmente annotate in numeri Romani, sia per distinguerle più chiaramente dalle magnitudo sia per sottolineare la natura intera della scala. Poiché è scomodo trattare i numeri Romani con il computer, questa convenzione è in un certo senso decaduta. L'uso di numeri Ro-

mani o Arabi può essere ora considerato una questione di preferenza. [...]

[...] Accadrà spesso che un grado di intensità non possa essere determinato con sicurezza. In questi casi è necessario decidere se si può fare una valutazione approssimativa dell'intensità, o se i dati sono talmente contraddittori che forse è meglio lasciare la questione irrisolta. [ndr optando per l'uso di numeri Arabi] Nei casi dove i dati soddisfino ed eccedano le descrizioni dell'intensità 6, ma non siano chiaramente compatibili con quelli dell'intensità 7, il miglior modo sarà quello di considerare il valore più basso dell'intensità [ndr per debita prudenza può ovviamente essere preferibile considerare il valore più alto, Figura 3]. Si raccomanda che l'utilizzatore conservi il carattere intero della scala, e non usi forme come "6.5" o "6 ½" o "6+" [ndr VI-VII in numeri Romani]. Non sembra peraltro sicuro che una maggiore risoluzione dell'intensità sia davvero necessaria o realizzabile in pratica. [...]

[...] Esprimere l'intensità come un intervallo di valori è ora pratica abbastanza comune, specialmente per dati storici che sono frequentemente insufficienti per consentire una maggiore risoluzione. Intervalli più ampi, che abbracciano più di due gradi della scala, sono possibili; si potrebbe scrivere 6-8 [ndr VI-VIII] e ciò non significherebbe 7 [ndr VII]. [...]

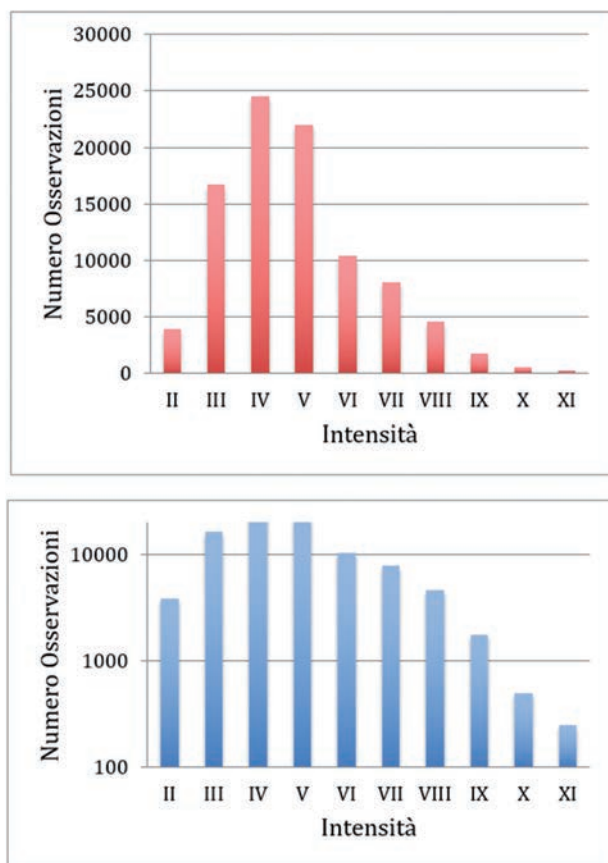


Fig. 3. Rappresentazione (scala lineare sopra; scala logaritmica sotto) degli stessi dati mostrati in Figura 2, dopo che i valori intermedi di intensità sono stati arrotondati al valore intero più alto, coerentemente col principio di precauzione.

Quindi la ricerca di una risoluzione non compatibile con dati macrosismici ha storicamente portato all'uso distorto e opinabile di uno strumento di misura molto robusto nella sua formulazione iniziale. Le varie scale di Intensità macrosismica forniscono, quando usate rispettando la loro definizione, informazioni confrontabili, per qualità e utilità, con quelle fornite dalle varie scale di Magnitudo (Panza & Peresan 2016).

Rovida *et al.* (2019), utilizzando i dati contenuti in Locati *et al.* (2016), cioè utilizzando anche tutti i valori intermedi di Intensità macrosismica, propongono relazioni Magnitudo-Intensità del tipo:

$$M = (0,4667 \pm 0,0191) \times I_0 + (1,8267 \pm 0,1571) \quad (1)$$

caratterizzate da un numero evidentemente esuberante di cifre dopo la virgola. La forma coerente con la definizione di cifre significative, ossia con gli opportuni arrotondamenti, è ovviamente:

$$M = (0,47 \pm 0,02) \times I_0 + (1,8 \pm 0,2) \quad (2)$$

Quindi, l'incertezza sui valori di M , deducibili dai dati macrosismici, è ben maggiore di quanto suggerito dal numero di cifre decimali utilizzate nella (1), chiaro esempio di ricerca di una risoluzione non compatibile con i dati macrosismici. L'effetto finale è quello di convogliare l'idea che si posseda una precisione molto maggiore di quella effettivamente disponibile, il che può indurre i fruitori di formule come questa a credere di dover usare analogo numero di cifre significative. A questo si deve la grossolana forzatura registrata nelle nostre Norme Tecniche per le Costruzioni almeno dal 2008, NTC (2008, 2018), vale a dire quella di dare gli scuotimenti sismici (PGA) al substrato roccioso, con una precisione spaziale di 50 metri e quattro cifre significative (Rugarli 2018). Da questo poi, ulteriori perversi effetti di utilizzo di puro rumore numerico come prezioso risultato, da trattare con tutti i crismi.

Nella relazione (2) l'incertezza pari a $\pm 0,2$ sulla costante aggiuntiva (1,8) evidenzia che la stima di M può variare in un intervallo fino a 0,4 unità. Questo valore è coerente con la stima dell'incertezza delle determinazioni delle Magnitudo strumentali, che, a livello globale, varia nell'intervallo $\pm (0,2-0,3)$, e.g. Bath (1973).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bath M. (1973) *Introduction to Seismology*, New York, John Wiley, pp. 395. ISBN 978-0470056608 [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(81\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90014-3)

- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S. & Rocche E. (2016) DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>
- Karnik V. & Algermissen S. (1978) Seismic zoning, in U. N. Educational, I. 92-3-101451-X, & F. edition: (Eds.), "The assessment and mitigation of earthquake risk". Printed by NICI: Scientific and Cultural Organization 75700 Paris, Printed by NICI. pp. 11-47.
- NTC (2008) *Norme tecniche per le costruzioni*, D.M. 14 Gennaio 2008, Rome, Italy, http://www.ingegneriasoft.com/NTC2008_Norme_tecniche_per_le_costruzioni.htm.
- NTC (2018) Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", D.M. 17 Gennaio 2018, Rome, Italy, <https://www.ediltecnico.it/nuove-norme-tecniche-per-costruzioni-ntc/>; http://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2018-02-20&atto.codiceRedazionale=18A00716&elenco30giorni=true; <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2018/02/20/42/so/8/sg/pdf>
- Panza G.F. & Peresan A. (2016) *Difendersi dal terremoto si può - L'approccio neo-deterministico*. Roma, EPC editore, pp. 180 ISBN: 978-88-6310-738-8 <https://www.epc.it/Prodotto/Editoria/Libri/Difendersi-dal-terremoto-si-puo%27/3342>
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. & Gasperini P. (2019) *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*, versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>
- Rugarli P. (2018) *Norme tecniche per le Costruzioni 2018*. Roma. EPC Editore, pp. 558. ISBN 978-88-6310-846-0. https://www.epc.it/contenuti/NTC2018_IVed_sito.pdf