

Dati censuari per il calcolo del rischio sismico in Italia: limiti e opportunità

Maria Pia Boni ^(a), Floriana Pergalani ^(a), Franco Guzzetti ^(b), Marianna Ronconi ^(b)

^(a) Politecnico di Milano –Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Piazza L. da Vinci 32, 20133, Milano, tel. 0223994261/58, mail mariapia.boni@polimi.it, floriana.pergalani@polimi.it

^(b) Politecnico di Milano –Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Via G. Ponzio 31, 20133, Milano, tel. 0223996531/23, mail franco.guzzetti@polimi.it, marianna.ronconi@polimi.it

Riassunto

Il presente contributo si colloca a valle di un progetto riguardante i rischi territoriali, sviluppato dagli autori per una compagnia assicurativa. Si è in particolare redatta una mappa di rischio sismico per edifici, a livello nazionale, ai fini di impostare strategie geolocalizzate di vendita polizze.

Si è pertanto calcolato un parametro medio di misura del rischio: il danno atteso medio annuo, su base comunale, per tutti i comuni d'Italia. L'uso di un parametro medio, da rappresentare a livello nazionale, implica necessariamente che non si possa lavorare al dettaglio dei singoli edifici, ma che si usi, come base, la distribuzione tipologica dell'edificato in ogni comune. Tale informazione può essere desunta anche dai dati del censimento ISTAT degli edifici (nella fattispecie del 2011).

Per il calcolo del rischio sismico è necessario combinare la pericolosità sismica di ogni area, con la vulnerabilità media delle tipologie di edifici identificate; nel presente studio sono stati utilizzati i dati di pericolosità sismica attualmente di riferimento in Italia ed i valori di vulnerabilità media derivati da precedenti rilievi svolti in anni passati, in diverse aree geografiche.

Oltre alla presentazione della mappa di rischio sismico, ci si vuole soffermare sull'importanza dell'utilizzo del dato censuario come risorsa per elaborazioni che, come nel presente caso, non sono quelle per cui il dato è stato raccolto. Si analizzano in tal senso i punti di forza, le criticità e le opportunità che possono emergere ai fini di valutazioni territoriali sul rischio sismico.

Abstract

The present paper is referred to a study, developed by the authors for an insurance company in Italy, about the natural risks. In particular an upgraded seismic risk map for buildings was carried out, at the national scale, devoted to the elaboration of sales strategies and to set the insurance policies for the different areas.

Then, a parameter to measure the risk was calculated: the expected average annual damage, for each Italian municipality. The use of an average parameter to be represented at the national scale, means that the analysis cannot be performed building by building, instead it can be based on the knowledge of the buildings typological distribution, for each municipality. That kind of information can be derived by the ISTAT census data for buildings (in particular the ones related to 2011).

To calculate the seismic risk it was necessary to combine the seismic hazard, of the different sites, and the average seismic vulnerability values related to the identified buildings typologies: the used vulnerability values were obtained by existent studies performed in past years in different Italian regions, the hazard values, instead, are the ones actually used in Italy as reference.

In addition to the presentation of the seismic risk map, in the paper the importance of the availability and use of the census data as resource for elaborations, as the case of this study, that are not directly related to the original purpose of that data collection was discussed. The strong points, the opportunities and the criticalities were analysed in the field of natural risk and territorial analysis.

Introduzione

Una mappa di rischio sismico per edifici, concettualmente, rappresenta il livello di danno che è lecito attendersi in una determinata area in un dato tempo, a causa di futuri terremoti; può riferirsi ad esempio ad un valore annuo, oppure ad un determinato periodo di ritorno.

Per il calcolo del rischio, nella sua accezione generale ci si riferisce ad una definizione correntemente e diffusamente riconosciuta: il rischio come combinazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione (UNDRO, 1980).

Il rischio può essere rappresentato con parametri diversi, riferirsi ad aree più o meno vaste ed essere valutato con un livello di dettaglio più o meno raffinato (es.: per intere regioni oppure per singoli edifici). La scelta del parametro più adatto e del livello di dettaglio che si intende utilizzare dipende dall'obiettivo per cui l'analisi è realizzata.

In Italia si sono redatte diverse mappe di rischio sismico a livello nazionale, avente differenti obiettivi e basati su diversi parametri (es.: Colombi et al., 2010, Lucantoni et al. 2001).

Lo studio a cui si riferisce il presente lavoro, ha l'obiettivo di dare alla compagnia di assicurazione committente l'idea della distribuzione del rischio sul territorio nazionale, con una unità minima a livello comunale. Il fine è quello di avere uno strumento di controllo per la valutazione della esposizione della compagnia assicurativa a riguardo delle polizze per il "rischio terremoto", per edifici convenzionali.

Si è quindi stabilito di sviluppare un'analisi che prevedesse il calcolo di un parametro medio per ogni comune, che potesse rappresentare in modo efficace il rischio sismico, non riferendosi ad uno specifico periodo di ritorno, ma ad un valore distribuito annualmente: il danno atteso medio annuo. Un parametro che rappresenta una stima dei costi annui, in una determinata area, in percentuale sul valore della costruzione, della riparazione dei danni dovuti ai futuri eventi sismici.

Dal livello di dettaglio stabilito per il risultato atteso, consegue anche il corrispondente livello di dettaglio dei dati di base da utilizzare per l'analisi. Scegliere come riferimento la scala comunale ha implicato la necessità di avere una pericolosità ed una vulnerabilità medie a tale scala per ogni comune. Per la pericolosità si sono utilizzati i dati attualmente di riferimento, anche per la normativa tecnica, in Italia (Gruppo di Lavoro, 2004). Per la vulnerabilità sismica degli edifici, invece, è necessaria la conoscenza della distribuzione delle tipologie edilizie presenti in ogni comune, in modo da poterla associare ai valori di vulnerabilità media, per le diverse tipologie, derivati da studi precedenti. In questo caso, la fonte dei dati cosiddetti "poveri", è stata il censimento ISTAT degli edifici (2011). L'utilizzo dei dati censuari per mappe di rischio a livello nazionale è diffusa sia in Italia che a livello internazionale (es.: Colombi et al., 2010, Kishor et al, 2015) proprio per la possibilità di dedurre informazioni utili, elaborando dati già esistenti, senza dover ricorrere a campagne di rilievo con relativi costi in termini economici e di tempo.

Verranno quindi presentate le procedure applicate, i risultati ottenuti e alcune considerazioni a proposito delle varie fonti di dati utilizzate ed in particolare le potenzialità dei dati censuari.

Calcolo del danno atteso medio annuo a livello comunale

Prima di esplicitare brevemente la procedura seguita per il calcolo del rischio sismico, bisogna precisare che ogni qual volta nel presente lavoro si parlerà di danno o di rischio, ci si riferirà solo ad un danno di tipo strutturale, di edifici cosiddetti convenzionali; non si considerano quindi strutture complesse o particolari come chiese, teatri o edifici industriali, e non si considera tutto ciò che riguarda il contenuto della struttura.

Come accennato nell'introduzione, il parametro ritenuto più idoneo nel presente caso per valutare il rischio sismico è il danno atteso medio annuo, una valutazione in senso economico ma senza arrivare alla quantificazione monetaria; da un punto di vista dimensionale è un indice espresso come valore in percentuale.

Per il calcolo di tale indice si devono considerare le due componenti fondamentali del rischio: la pericolosità e la vulnerabilità sismica.

La pericolosità sismica di base è da intendersi, in generale, come lo scuotimento, entità del moto del suolo, che è lecito attendersi in un determinato sito. Si considera quindi il fenomeno sismico e non le sue interazioni con il costruito di un'area (a parità di sito, la pericolosità non cambia nel caso si tratti di un'area urbanizzata o deserta).

La procedura per il calcolo della pericolosità è di tipo probabilistico e prevede l'elaborazione, per mezzo di specifici modelli ed ipotesi, dei dati degli eventi occorsi in passato.

Il risultato di base di una valutazione di pericolosità consiste nella distribuzione, per ogni sito, degli eventi attesi annualmente per diversi livelli di scuotimento (accelerazione massima del suolo). A partire da tale risultato si possono quindi ottenere alcuni parametri, rappresentativi della pericolosità, tra cui uno dei più utilizzati è l'accelerazione massima al suolo per un dato periodo di ritorno.

In Italia, la pericolosità di riferimento, anche per le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08), è stata predisposta nel 2004 (Gruppo di lavoro, 2004), di conseguenza, anche nel presente lavoro, sono stati utilizzati i dati relativi a tale fonte.

Il modello di calcolo del rischio adottato è basato sull'utilizzo dei dati dell'intera sismicità di ogni sito (eventi attesi annualmente per diversi livelli di scuotimento) e non relativi a singoli periodi di ritorno. Questa scelta è dettata dal fatto che lavorare per singoli scenari, o per singoli periodi di ritorno, permette di "fotografare" una sola situazione per volta, non di cogliere l'andamento complessivo della sismicità che può caratterizzare diverse aree del territorio (sempre in riferimento a quanto conosciuto riguardo gli eventi del passato). Ad esempio, in alcune aree, gli eventi si manifestano tendenzialmente in maniera meno intensa ma con una maggiore frequenza, creando costantemente danni di entità minore, mentre in altre aree, ci si attendono eventi meno frequenti ma di magnitudo più elevata, ognuno dei quali può provocare un impatto più significativo sull'ambiente costruito. Tuttavia, se si considera la storia sismica dei luoghi da un punto di vista economico, la sommatoria dei danni registrati nel primo caso, può arrivare ad essere paragonabile, o addirittura maggiore, di quanto risentito nel secondo caso.

L'altra componente fondamentale per la valutazione del rischio è la vulnerabilità sismica del patrimonio edificato, intendendo per vulnerabilità la propensione di un oggetto/struttura ad essere danneggiato da un evento sismico.

Il parametro considerato per la vulnerabilità è l'indice di vulnerabilità (V), derivato dagli studi GNDT degli anni 1980/90; indice che, sebbene ottenuto dalla valutazione di singoli edifici con apposite schede (CNR-GNDT,1993), è possibile estendere concettualmente anche al livello territoriale.

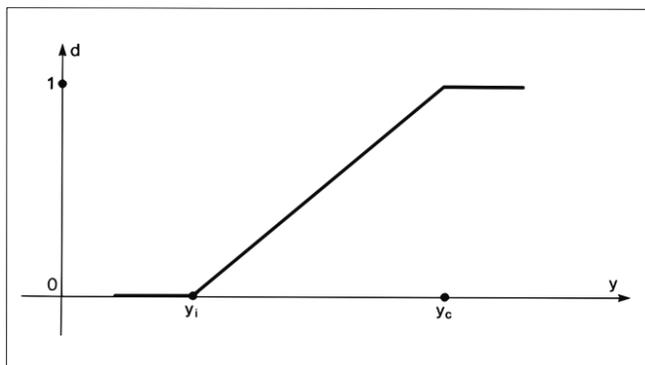
Utilizzando i dati raccolti con le schede di rilevamento GNDT di II livello in varie parti d'Italia, in diverse campagne di rilievo, sono stati attribuiti valori medi di V a classi tipologiche di edifici, identificate attraverso alcune caratteristiche costruttive (es.: materiali, numero piani, ecc.). Il valore di V è stato calcolato come media della distribuzione dei valori di vulnerabilità ottenuti per ogni tipologia (Bernardini, 2000).

Per calcolare i valori di vulnerabilità media di ogni comune, è necessario disporre delle distribuzioni delle tipologie di edifici, in modo da poter associare i relativi valori medi di V (o direttamente le distribuzioni di V) e calcolarne la media pesata.

È frequente, in questo tipo di analisi, l'uso delle informazioni derivabili dai dati censuari degli edifici (es.: età di costruzione, numero di piani, materiale principale della struttura, ecc.), in quanto l'identificazione delle classi tipologiche avviene in maniera abbastanza semplificata, inoltre il dato censuario è omogeneo sul territorio nazionale e non necessita di ulteriori campagne di rilievo di tipo strutturale dell'edificato. Dei limiti e delle potenzialità dell'uso di tale tipo di dato se ne parlerà in seguito.

Per il calcolo del rischio è necessario avere una relazione tra parametro di scuotimento, vulnerabilità e danno. Con le ipotesi fatte ed i parametri scelti nel presente studio, tale relazione è identificata dalle curve di fragilità, $d(y,V)$, relativa alla vulnerabilità V , e riferita, come parametro di

scuotimento, all'accelerazione massima al suolo (y) (Grimaz et al. 1996). La curva $d(y,V)$ si esprime usualmente con una legge trilineare (Fig.1) del tipo:



$$d(y, V) = \begin{cases} = 0 & \text{per } y \leq y_i \\ = \frac{y - y_i}{y_c - y_i} & \text{per } y_i < y < y_c \\ = 1 & \text{per } y_c \leq y \end{cases}$$

Fig. 1 esempio di curva di fragilità e sua espressione analitica

dove y_i , y_c , sono definiti come i valori di accelerazione che producono l'inizio del danno ed il collasso nella costruzione e sono determinati in funzione dell'indice di vulnerabilità V .

Avendo a questo punto definito le componenti necessarie e la relazione danno-vulnerabilità-accelerazione, è possibile calcolare il danno atteso per uno dei qualsiasi terremoti futuri ($D_m(V)$) mediante il seguente integrale:

$$D_m(V) = \int_0^{\infty} d(y, V) f_y(y) dy$$

dove $f_y(y)$ rappresenta la distribuzione della probabilità di superamento dell'accelerazione y , derivata dall'elaborazione dei dati di pericolosità, per ogni comune, e $d(y,V)$ è calcolata usando il valore medio della vulnerabilità di ogni comune.

La determinazione del danno atteso medio annuo ($D_p(V)$) provocato dai futuri terremoti, si ottiene da $D_m(V)$, tenendo però conto della frequenza degli eventi al sito (λ_s), valore sempre derivato dall'elaborazione dei dati di pericolosità di ogni comune:

$$D_p(V) = \lambda_s D_m(V)$$

Moltiplicando il risultato ottenuto per 100 si esprime il valore di $D_p(V)$ in percentuale.

Dati e risultati

Come già in parte anticipato, per il calcolo del rischio sismico a livello comunale nel presente studio, seguendo la metodologia illustrata, si sono utilizzati i seguenti dati:

- pericolosità sismica: dati relativi alla pericolosità di riferimento per l'Italia (Gruppo di lavoro 2004);
- vulnerabilità per tipologie di edifici: valori dell'indice di vulnerabilità, per diverse tipologie, derivati dall'analisi delle schede GNDT compilate in numerose campagne di rilievo;
- tipologie di edifici, per ogni comune, dedotte dal censimento ISTAT 2011.

Non ci si sofferma sui dati di pericolosità e di vulnerabilità per le diverse tipologie in quanto sono dati di riferimento di cui si è già parlato e di cui si può approfondire la conoscenza dalle varie fonti bibliografiche. Ci si intende invece soffermare brevemente sui dati del censimento ISTAT 2011.

I dati sono su base comunale, tali dati permettono di identificare la "composizione" dell'edificato, secondo specifiche classi tipologiche, definite considerando alcuni attributi reperibili nel "foglio edificio" del censimento in oggetto:

- tipo di materiale
- stato di conservazione
- numero di piani fuori terra
- epoca di costruzione

Per ogni tipologia le informazioni fornite sono state:

- numero di edifici
- numero di interni abitativi e non abitativi
- superfici complessive, ricavate dal relativo campo presente nel foglio famiglia. Per quanto riguarda le superfici, bisogna specificare che sono presenti i valori relativi alle abitazioni occupate da persone residenti, poiché, come specificato da ISTAT, non è conteggiata e non è conteggiabile la superficie delle abitazioni vuote o occupate solo da non residenti.

Per una identificazione delle classi di edifici che fosse il più possibile corrispondente a quella già a disposizione con i relativi valori di vulnerabilità, è stato necessario accettare alcuni limiti ed approssimazioni (tra cui, ad esempio, l'assenza di dati per le abitazioni non occupate da residenti), approccio consentito dal livello di dettaglio che caratterizza tutto lo studio, necessario e sufficiente, per ottenere il risultato richiesto a scala nazionale.

Dall'applicazione della metodologia ai dati disponibili, il risultato ottenuto, in termini di danno atteso medio annuo, è illustrato in Fig. 2.

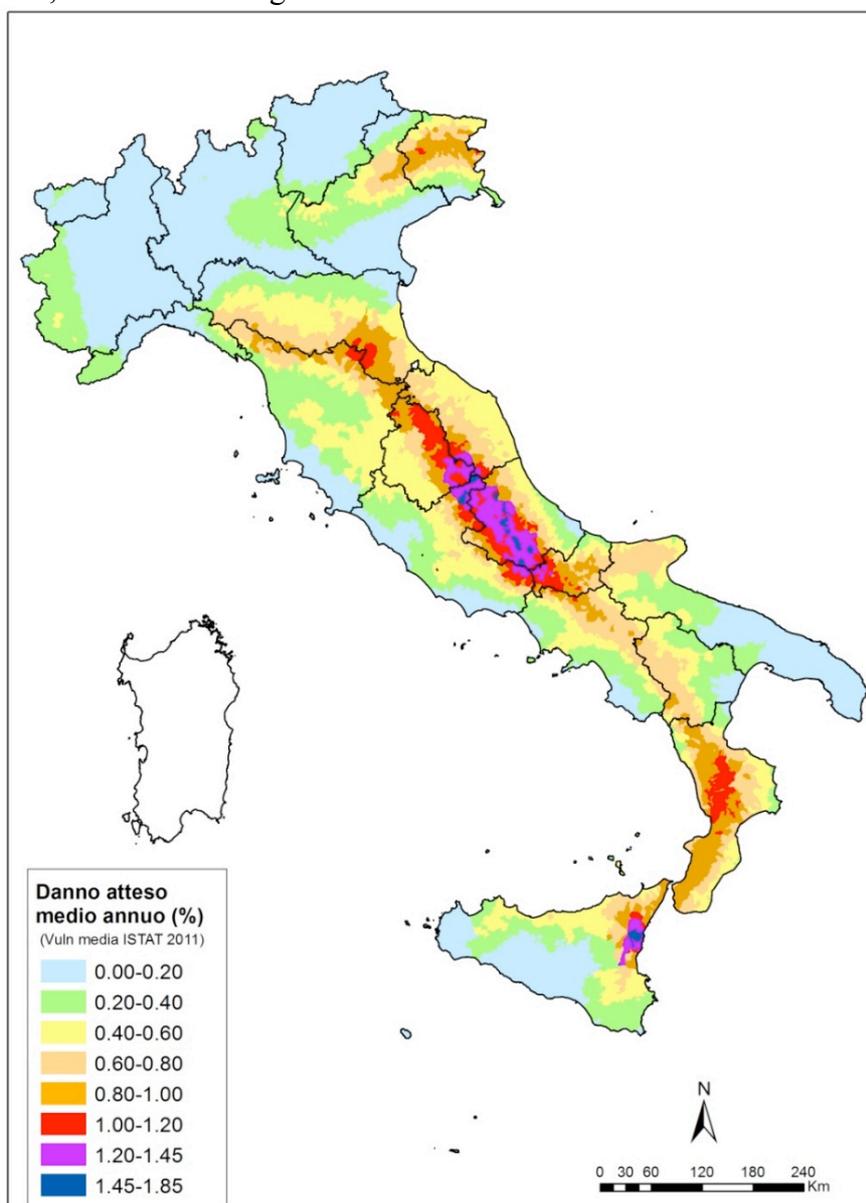


Fig. 2- mappa di rischio sismico per edifici, in termini di danno atteso medio annuo

Una mappa di questo tipo, volutamente e necessariamente basata su cosiddetti “dati poveri” per quanto riguarda la conoscenza dell’edificato nei comuni italiani, deve essere letta, di conseguenza,

non tanto considerando in termini assoluti il valore dell'indice utilizzato, quanto in termini relativi, potendosi infatti confrontare le diverse aree geografiche, identificando quelle più a rischio di altre.

Utilizzo dei dati censuari: limiti ed opportunità

Dopo aver descritto la metodologia ed i risultati ottenuti nello studio in oggetto, ci si vuole soffermare su alcuni aspetti legati all'utilizzo dei dati censuari per finalità non direttamente previste tra quelle del censimento stesso, come in questo caso per il calcolo del rischio sismico. Ci sono aspetti positivi e criticità, opportunità e limiti che possono essere sottolineati.

Innanzitutto bisogna dire che questo tipo di dato è utilizzato, da tempo, nell'ambito delle valutazioni di rischio sismico per edifici, o caratterizzazione dell'edificato, non solo in Italia, ma anche a livello internazionale, qualora si tratti di analisi basate su approcci tipologici, o comunque per aree vaste (intere città, regioni, nazioni). Questo fatto è strettamente legato al fondamentale vantaggio che si può attribuire a tale tipo di dato: essere già rilevato, con uno standard definito e con una certa affidabilità, sull'intero territorio nazionale, quindi già disponibile per successive elaborazioni.

Ci sono però alcune limiti/criticità che devono essere considerati: in primo luogo il contenuto stesso del dato raccolto col censimento. Considerando sempre come esempio il tipo di studio in oggetto, i dati censuari relativi agli edifici sono necessariamente semplici e di tipo generale (materiale principale, numero di piani, ecc.) anche perché i rilevatori non avrebbero competenze tecniche per maggiori dettagli, e la definizione stessa di edificio non necessariamente coincide con una definizione strutturale. Inoltre ci sono dati che pur essendo rilevanti per l'edificio, come la superficie, in realtà sono parte del foglio famiglia quindi non corrispondono alla superficie dell'edificio, ma a quella di un singolo appartamento (nel caso di edifici con più abitazioni); questo implica ulteriori approssimazioni per ricavare il dato per l'intero edificio.

Le informazioni da rilevare nelle schede di censimento cambiano più o meno marcatamente da un censimento all'altro, quindi confrontare i dati di censimenti diversi non è sempre facile (es.: non è automatico il tipo di raggruppamento per identificare le tipologie edilizie).

Complessivamente, lavorare con questo tipo di dati implica una necessaria elaborazione preliminare, con l'assunzione di specifiche ipotesi, per essere consapevoli anche dei limiti dei risultati che si otterranno.

Potenzialità di un Building Information System

Molto di più sarebbe possibile fare se si provvedesse alla progressiva costituzione di un GIS relativo agli edifici, partendo in prima analisi dai dati censuari esistenti (da aggiornare e validare a ogni censimento) e potendo progressivamente implementare altre informazioni più tecniche mano a mano che esse dovessero venire disponibili. Il supporto dei dati dovrebbe essere il database topografico che si sta estendendo a livello nazionale, ma si potrebbe contingentemente lavorare su un modello più semplice.

Gli edifici devono essere individuati nella loro posizione non tramite l'indirizzo, dato non stabile nel tempo e di cui non si conosce con sufficiente precisione la posizione (Guzzetti et al., 2014), ma tramite le coordinate geografiche. Su di essi devono confluire le informazioni esistenti nei database orizzontali esistenti (Catasto, Istat, Certificazioni energetiche, ecc.) nel rispetto della *privacy* ma in modo da creare una mappa virtuale dove ciascun edificio conosce e supporta le sue informazioni (Pasquinelli e Guzzetti, 2016).

Tale modello "smart" del costruito risulta molto più adatto all'*Internet of Things* e può facilmente generare applicativi per utenti georiferiti (come sia ormai tutti oggi), in particolare per la protezione civile in caso di emergenza.

Conclusioni

Nel presente lavoro si è illustrato il risultato di uno studio finalizzato alla redazione di una mappa di rischio sismico per edifici a scala nazionale su base comunale. Si è applicata una metodologia nota,

applicata però, per quanto riguarda le caratteristiche dell'edificato, ai dati derivati dal censimento ISTAT 2011.

Si è quindi ottenuta una mappa di rischio in termini di danno atteso medio annuo, calcolata a livello territoriale, non per singoli edifici, ma usando le distribuzioni delle diverse tipologie di edifici derivate dai dati censuari, con i limiti, noti, che questo comporta; limiti accettabili considerando le finalità della mappa e quindi il livello di dettaglio richiesto.

Si sono quindi evidenziati gli aspetti positivi e negativi dell'utilizzo di una banca dati, come quella censuaria, per questo tipo di elaborazione.

L'esempio di utilizzo del dato censuario presentato in questo studio, può stimolare anche una riflessione sulla reale disponibilità e possibilità di utilizzo di banche dati esistenti, create per obiettivi specifici, che però possono essere utili al fine di integrare diverse competenze, per una più approfondita conoscenza del territorio e dei relativi rischi, naturali o antropici.

Emergono le potenzialità del GIS per tutto il settore del rischio ambientale; la mappa di danno descritta può immediatamente essere utilizzata per organizzare in modo progressivo, decidendo con metodi oggettivi le priorità, per avviare il grande intervento di risanamento strutturale degli edifici del nostro paese, in fase di avvio dopo il sisma dello scorso agosto 2016.

Riferimenti bibliografici

Bernardini (A cura di), (2000), *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 175 pp. + CD-ROM allegato (Cap. 6: F. Meroni, V. Petrini, G. Zonno, *Distribuzione nazionale della vulnerabilità media comunale*, pp. 105-130)

Colombi M., Crowley H., Di Capua G., Peppoloni S., Borzi B., Pinho R., Calvi G.M., (2010) *Mappe di rischio sismico a scala nazionale con dati aggiornati sulla pericolosità sismica di base e locale*, Progettazione Sismica, vol. 1 2010

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, (1993) "Rischio Sismico di Edifici Pubblici"

Grimaz, S., Meroni, F., Petrini, V., Tomasoni, R., and Zonno, G., (1996) Il ruolo dei dati di danneggiamento del terremoto del Friuli, nello studio di modelli di vulnerabilità sismica degli edifici in muratura, Proceedings of the Conference on "La scienza e i terremoti-Analisi e prospettive dall'esperienza del Friuli-1976/1996," Udine, Italy, pp. 89-96.

Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, Aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici

Guzzetti F., Pasquinelli A., Privitera A., Ronconi M., (2014) Test metrico sulla ricerca automatica della posizione degli indirizzi. pp.667-674. In Atti della XVIII Conferenza Nazionale ASITA - ISBN:9788890313295

Guzzetti F., Pasquinelli A., Privitera A., Ronconi M., (2015) La scarsa attendibilità del CAP come riferimento geografico in Italia. pp.453-460. In Atti della XIX Conferenza Nazionale ASITA, Lecco 29-30 settembre - 1 ottobre 2015 - ISBN:978-88-941232-2-7

Kishor S. Jaiswal, Douglas Bausch, Rui Chen, Jawhar Bouabid, and Hope Seligson, (2015), *Estimating Annualized Earthquake Losses for the Conterminous United States*, Earthquake Spectra, Volume 31, No. S1, pages S221-S243, December 2015

Lucantoni A., Bosi V., Brammerini F., De Marco R., Lo Presti T., Naso G. and Sabetta F. (2001), *Il rischio sismico in Italia*, Ingegneria Sismica, Anno XVIII, 1, pp. 5-37.

Natural disasters and vulnerability analysis: report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979) by Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator (UNDRO); Expert Group Meeting on Vulnerability Analysis, 1980

Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08), Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008)

Pasquinelli, A. and Guzzetti, F., (2016) Knowledge for intelligence: discussing the state and the role of building data in Italy, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., III-4/W1, 11-18, doi:10.5194/isprs-annals-III-4-W1-11-2016, 2016.