ETH zürich

ETH Library

Regional Dependence in Earthquake Early Warning and Real Time Seismology

Doctoral Thesis

Author(s):
Caprio, Marta

Publication date:
2013

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-010276602

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH No. 21350

Regional Dependence in Earthquake Early Warning and Real Time Seismology

A dissertation submitted to

ETH Zurich

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

Marta Caprio

Laurea in Fisica,

Università degli Studi di Napoli

born January 20, 1979

citizen of Italy

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Stefan Wiemer, examiner

Dr. Georgia Cua, co-examiner

Prof. Dr. Domenico Giardini, co-examiner

Prof. Dr. Tom Heaton, co-examiner

2013

Estratto

A tutt'oggi un metodo efficace di predizione dei terremoti è ancora una Chimera. In caso di eventi sismici, l'obbiettivo al momento accessibile consiste nel diffondere nel minore tempo possibile il maggior numero di informazioni disponibili in modo da ridurne l'impatto contribuendo all'organizzazione delle fasi di soccorso in maniera efficiente e tempestiva.

Questo lavoro di tesi si prefigge di migliorare la stima dei parametri associati ad un evento sismico e di valutare il contributo degli aspetti regionali nell'immediato post-evento.

La recente esperienza di Tohoku (M 9.0, 11.03.2011) ha mostrato come un avanzato sistema di Early Warning Sismico (EWS) possa raggiungere in poco tempo una larga fascia della popolazione e, potenzialmente, ridurre le perdite sia in termini di vite umane che di danni economici.

In occasione di grandi terremoti, di solito, i comuni canali di comunicazione possono non sono accessibili anche per parecchi giorni dopo l'evento, mentre, proprio in questi casi, una precisa conoscenza della distribuzione dell'intensità macrosismica apporta un contributo essenziale per organizzare la mappa degli aiuti e stimare le perdite.

In questo lavoro di tesi, mi sono soffermata nel migliorare l'adattabilità di sistemi EWS (capitoli 1 e 2) e nel derivare delle relazioni globali per convertire il picco di velocità (o accelerazione) in intensità macrosismica e viceversa (capitolo3).

Nell'ambito delle applicazioni per l'EWS si è sviluppato un approccio evolutivo del valore della magnitudo in tempo reale basato sull'inversione dello spettro di spostamento. Il metodo di Inversione di Spettro (SI) stima la magnitudo e l'incertezza ad essa associata interpolando la forma dello spettro di spostamento sulla base della porzione di segnale disponibile. Questo algoritmo, essendo indipendente da qualsiasi relazione predittiva, può essere esporato in qualsiasi regione senza

necessit di calibrazione. Il metodo SI aggiorna la stima della magnitudo e dell'incertezza associata ogni secondo a partire dal primo arrivo P e, potenzialmente, raggiunge un valore stabile entro 10 secondi.

Restando sullo stesso argomento, nel capitolo 2 si sviluppato uno strumento capace di valutare le prestazioni di un sistema EWS ideale in maniera probabilistica. Questo studio utilizza cataloghi sismici sintetici e la real configurazione di una rete sismica in una data regione e produce come risultato la probabilità associata ai potenziali vantaggi o limiti collegati all'implementazione di un sistema EWS. Questo studio é stato applicato alle due principali città californiane (San Francisco e Los Angeles), ad una centrale nucleare ed al più lungo tunnel ferroviario in Svizzera. In oltre è stato applicato su tutta la superficie nazionale sia in Svizzera che in California.

Infine, nel campo della sismologia post-evento, si sono analizzati gli aspetti regionali nelle equazioni di conversione da moto del suolo ad intensità macrosismica al fine di ricavarne una nuova relazione globale. A questo scopo abbiamo raggruppato i dati raccolti da altri autori in diverse regioni con o scopo di rilevare possibili caratteristiche regionali nella dipendenza tra intensità macrosismica e picchi di velocità e di accelerazione. Si è indagata la relazione esistente tra intensità e altre veraibili predittive quali velocità, accelerazione, magnitudo e distanza ipocentrale. Lo studio indica che i picchi del moto del suolo sono i predittori più robusti. Si è ricavata quindi una relazione globale reversibile tra intensità e moto del suolo e le corrispondenti correzioni regionali.

Abstract

An effective earthquake prediction method is still a Chimera. What we can do at the moment, after the occurrence of a seismic event, is to provide the maximum available information as soon as possible. This can help in reducing the impact of the quake on populationor and better organize the rescue operations in case of post-event actions. This study strives to improve the evaluation of earthquake parameters shortly after the occurrence of a major earthquake, and the characterization of regional dependencies in Real-Time Seismology.

The recent earthquake experience from Tohoku (M 9.0, 11.03.2011) showed how an efficient EEW systems can inform numerous people and thus potentially reduce the economic and human losses by distributing warning messages several seconds before the arrival of seismic waves. In the case of devastating earthquakes, usually, in the first minutes to days after the main shock, the common communications channels can be overloaded or broken. In such cases, a precise knowledge of the macroseismic intensity distribution will represent a decisive contribution in help management and in the valuation of losses.

In this work, I focused on improving the adaptability of EEW systems (chapters 1 and 2) and in deriving a global relationship for converting peak ground motion into macreoseismic intensity and vice versa (chapter 3). For EEW applications, in chapter 1 we present an evolutionary approach for magnitude estimation for earthquake early warning based on real-time inversion of displacement spectra. The Spectrum Inversion (SI) method estimates magnitude and its uncertainty by inferring the shape of the entire displacement spectral curve based on the part of the spectra constrained by available data. Our method can be applied in any region without the need for calibration. SI magnitude and uncertainty estimates are updated each second following the initial P detection and potentially stabilize within 10 seconds from the initial earthquake detection.

On the same issue, in chapter 2 we implemented a tool able to estimate the performances of an ideal EEW system with a probabilistic approach. The study uses as input synthetical seismicity catalog and the actual network configuration from any given region and produces the probability associated to the potential advantages and limitations of realistic EEW systems. We performed our study for the cities of Los Angeles and San Francisco in California, for nuclear power plants and train tunnel in Switzerland and for California and Switzerland as whole regions.

Finally, with respect to the post-event challenge, we analyzed the regional dependence of Ground Motion to Intensity Conversion Equation, in order to derive a global relationships. For this purpose we merged several databases collected by other authors in different regions to highlight any systematic regional effects between macroseismic intensities and peak ground velocity (PGV) as well as peak ground acceleration (PGA). We investigated the dependence of intensity on predictor variables such as peak ground motion, magnitude, and hypocentral distance. Our analyses indicate that peak ground motion is the most robust predictor variable of intensity. We, then, derive reversible relationships between intensity and ground motion and the relative region-dependent corrections.