

Acknowledgements. We would like to thank Gilda Currenti of INGV Catania for her help with TOUGH2-ECO2N software. Special thanks also to Flavio Accaino and Gualtiero Bohm for their precious help and patience while teaching me seismic unix and cat3d software packages.

References

- Accaino, F., Böhm, G., Tinivella, U., 2005, Tomographic inversion of common image gathers, *First Break*, 23, 39-44.
- Carcione, J.M., 2015, Wave fields in real media. Theory and numerical simulation of wave propagation in anisotropic, anelastic, porous and electromagnetic media, 3rd edition, Elsevier.
- Carcione, J.M., D. Gei, S. Picotti, A. Michelini, 2012, Cross-hole electromagnetic and seismic modeling for CO₂ detection and monitoring in a saline aquifer, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 100, 162-172.
- Hashin, Z., Shtrickman, S., 1963. A variational approach to the theory of the elastic behaviour of multiphase materials. *J. Mech. Phys. Solids* 11, 127-140.
- Picotti, S., Carcione, J.M., Rubino, G., Santos, J.E., Cavallini, F., 2010. A viscoelastic representation of wave attenuation in porous media. *Comput. Geosci.* 36, 44-53.
- Van Genuchten, M. Th., 1980, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Sciences Society American Journal*, 44, 892-898.
- White, M.D., V.L. Freedman, 2007, Stomp Software Configuration Management Plan, PNNL-SA-54023, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA.

ANALISI DELLE COMPONENTI INDIPENDENTI A DATI MASSIVI: APPLICAZIONE AI CAMPI FLEGREI (ITALIA)

E. De Lauro¹, S. DeMartino¹, M. Falanga¹, S. Petrosino²

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione ed Elettrica e Matematica Applicata, Università di Salerno, Fisciano (SA)

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Osservatorio Vesuviano, Napoli

Una delle sfide di grande interesse in sismologia vulcanica è inferire informazioni sulla sorgente sismica determinando, ad esempio, la geometria, la dinamica e l'evoluzione di sistemi vulcanici al fine di comprenderne comportamenti eruttivi e determinare parametri di rischio. Le informazioni relative alla sorgente sono dedotte da serie temporali spesso degradate dalla presenza di sorgenti concomitanti e/o spesso corrotte da alti livelli di rumore di fondo. Inoltre, il monitoraggio dell'attività di un vulcano richiede l'acquisizione di dati in continuo. Dati massivi in cui agiscono differenti sorgenti concomitanti rendono difficili le pratiche di osservatorio. Da qui la necessità di migliorare le procedure di early warning.

In questo lavoro si propone un nuovo approccio statistico per analizzare segnali sismici su una scala temporale oraria allo scopo di ottenere una pronta identificazione di segnali direttamente connessi con la sorgente (De Lauro *et al.*, 2012; Capuano, 2016b). È introdotta una variabile coarse grained (FPSDMA) che rappresenta la frequenza associata all'ampiezza massima dello spettro in potenza dei segnali sorgente (Capuano *et al.*, 2016a) ottenuti attraverso l'analisi delle componenti indipendenti per serie convolute CICA (Hyvarinen *et al.*, 2001; Ciaramella *et al.*, 2011). Si tratta di una tecnica che utilizza statistiche al quart'ordine per estrarre da serie temporali i segnali base statisticamente indipendenti (sorgenti indipendenti).

Nella Fig. 1, viene riportato uno sketch del funzionamento della tecnica nel caso di una mistura di due sorgenti impulsive. Si considerano due registrazioni contemporanee ($X_1(t)$ e $X_2(t)$) a due distinte stazioni e si applica la trasformata di Fourier sui segnali finestrati, considerando un intervallo di tempo finito. Si ottengono gli spettrogrammi dei segnali di input $X_i(f,t)$ seguendo l'evoluzione temporale dell'ampiezza associata ad una determinata frequenza alle due stazioni. Si applica la ICA standard ottenendo le componenti indipendenti a quella frequenza. Considerando tutte le frequenze è possibile ricostruire gli spettrogrammi separati e

successivamente ritrasformarli nel dominio dei tempi tramite FFT inversa, ottenendo così i due impulsi correttamente separati.

In dettaglio, questo approccio viene applicato a dati massivi registrati alla caldera dei Campi Flegrei (Italia) nel 2006, quando si verificò uno sciame di terremoti vulcano-tettonici (VT) formato da circa 160 eventi con magnitudo durata massima pari a 0.8 e localizzati nell'area della Solfatara. Una ulteriore applicazione ha riguardato il recente sciame sismico avvenuto ai Campi Flegrei il 7 ottobre 2015, composto da circa una trentina di eventi localizzati nell'area della Solfatara a profondità variabili tra 1-2.5 km, con magnitudo durata comprese nell'intervallo -1.1 - 2.5.

La procedura ha permesso l'individuazione di piccoli VTs, ovvero la loro detezione nel rumore sismico di fondo e l'estrazione della componente spettrale compatibile con la tipica corner frequency (13-15 Hz). Di particolare rilevanza, è la separazione di altre sorgenti concomitanti, come il rumore meteo-marino e la componente antropica.

Inoltre, l'approccio basato sull'ICA permette anche separazione delle fasi sismiche P and S, nonché la loro caratterizzazione in termini di parametri di polarizzazione.

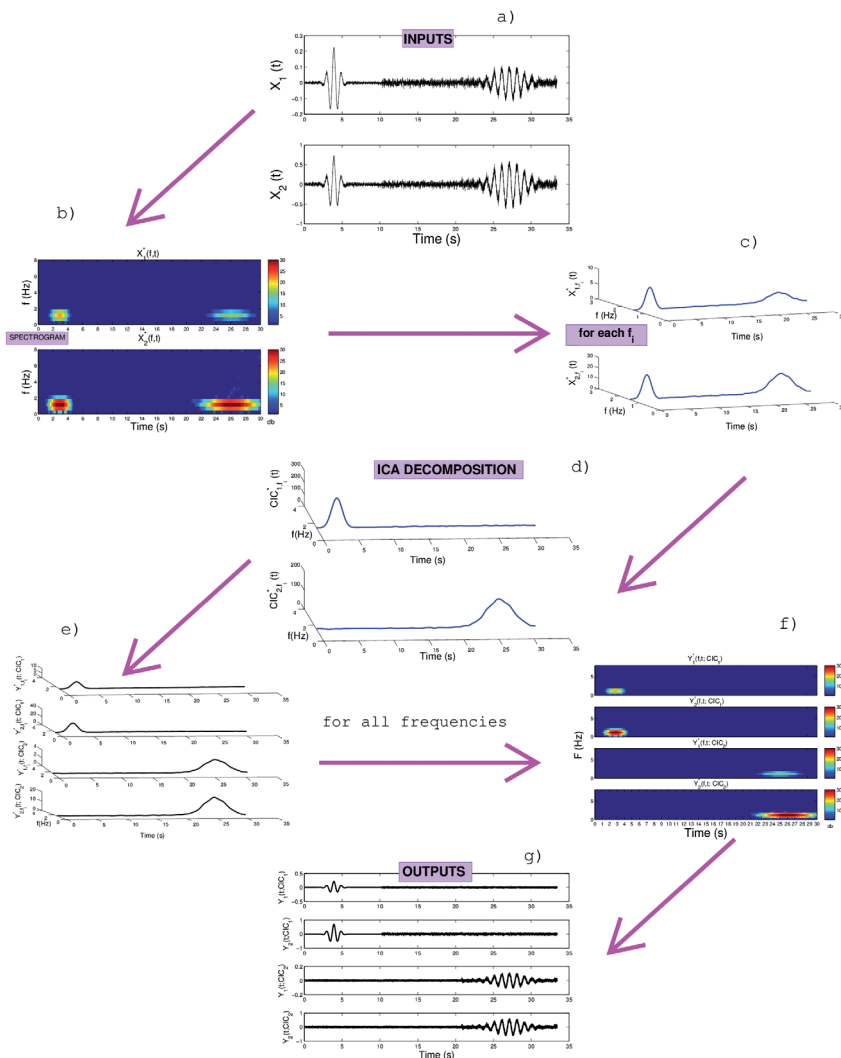


Fig. 1 – Sketch del funzionamento della tecnica proposta.

La grande sfida che questa metodologia si propone di affrontare è quella di ottenere queste informazioni a partire da una scala temporale lunga (ordine delle ore) e non guardando all'interno del singolo evento (cioè la scala di secondi). Inoltre, la procedura proposta può essere utilizzata per rilevare rapidamente in data set massivi segnali sismici associati a eventi di lungo periodo (LP), tremore, sismicità indotta da movimento di fluidi e più in generale segnali di bassa energia nascosti nel rumore sismico di background.

Bibliografia

- Capuano, P., E. De Lauro, S. De Martino, M. Falanga, and S. Petrosino (2016a), Convolutional independent component analysis for processing massive datasets: a case study at Campi Flegrei (Italy), *Natural Hazards*, doi: 10.1007/s11069-016-2545-0.
- Capuano, P., E. De Lauro, S. De Martino, and M. Falanga (2016b), Detailed investigation of Long-Period activity at Campi Flegrei by Convolutional Independent Component Analysis, *Phys. Earth Planet. Int.* 253, 48, doi:10.1016/j.pepi.2016.02.003
- Ciaramella, A., E. De Lauro, M. Falanga, and S. Petrosino (2011), Automatic detection of long-period events at Campi Flegrei Caldera (Italy), *Geophys. Res. Lett.*, 38, L18302, doi:10.1029/2011GL049065.
- De Lauro, E., M. Falanga, and S. Petrosino (2012), Study on the Long-Period source mechanism at Campi Flegrei (Italy) by a multi-parametric analysis, *Phys. Earth Planet. Int.*, 206-207, 16-30, doi:10.1016/j.pepi.2012.06.006.
- Hyvarinen, A., J. Karhunen, and E. Oja (2001), *Independent Component Analysis*, John Wiley, Hoboken, N. J.

UNA DEFINIZIONE UNIVOCA DELL'INDICE STRUTTURALE

M. Fedi

Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università Federico II, Napoli

I campi di potenziale sono funzioni singolari (singolarità nella regione delle sorgenti) e riflettono la natura della loro distribuzione di proprietà fisica, come mostrato esplicitamente dall'equazione di Poisson, che, nel caso della gravità, si scrive come:

$$\nabla^2 U(r) = 4\pi\gamma\rho(r) \quad (1)$$

dove U è il potenziale newtoniano, ρ è la densità di massa nella regione delle sorgenti e γ è la costante di gravitazione universale.

Il punto importante è che questa equazione collega la distribuzione delle sorgenti con le derivate di secondo ordine del potenziale ad esse collegate. Per prima cosa, definiremo le proprietà di omogeneità della sorgente e quindi deriveremo le conseguenti proprietà di omogeneità dei potenziali campi mediante l'equazione di Poisson.

Omogeneità di sorgente. La distribuzione di sorgente può essere espressa attraverso definizioni equivalenti in base alla distribuzione δ di Dirac (rigorosamente una funzione generalizzata), il che significa che la sorgente è concentrata in un unico punto. Per esempio, la sorgente può essere concentrata all'origine degli assi cartesiani spaziali:

$$\delta(r) = \delta(x)\delta(y)\delta(z). \quad (2)$$

Campi omogenei. In primo luogo, ricordiamo che le funzioni omogenee godono di proprietà molto interessanti, che verranno utilizzate in questo lavoro. Le più importanti sono probabilmente le proprietà della differenziazione e del prodotto. La proprietà della differenziazione comporta che le derivate parziali del p^{mo} ordine di una funzione omogenea di grado n sono funzioni omogenee di grado $n-p$. La proprietà del prodotto comporta invece che il prodotto di una funzione generalizzata omogenea f di grado n con una funzione omogenea infinitamente differenziabile h di grado m è una funzione omogenea generalizzata di grado $n+m$ (Egorov e Shubin, 1988; Hsu, 2002).