

Titolo del progetto:

Analisi di serie temporali GNSS ad alta frequenza mediante tecniche di Machine Learning per il monitoraggio in tempo reale di aree vulcaniche e sismogenetiche attive

Tutor: Rosa Di Maio

Co-tutor: Umberto Riccardi

Programma di ricerca

Il monitoraggio delle deformazioni del suolo mediante sistemi in grado di fornire dati ad alta frequenza di elevata precisione e in tempo reale rappresenta una sfida scientifica e tecnologica che, grazie all'impiego di diverse tipologie di strumenti, sta portando a una nuova e più attenta implementazione dei sistemi di preallerta disponibili presso le Sale Operative dei maggiori osservatori vulcanologici e sismologici di tutto il mondo. In particolare, l'INGV, presso le sedi di Napoli e Grottaminarda, ha recentemente realizzato sistemi di monitoraggio in tempo reale delle deformazioni del suolo tramite dati GNSS ad alta frequenza (1 Hz) per l'area vulcanica napoletana (Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia) e le aree sismogenetiche dell'Appennino meridionale. Tali sistemi sono finalizzati all'individuazione delle sorgenti di deformazione superficiale associate a variazioni significative dello stato dei vulcani e delle strutture sismogenetiche.

La disponibilità di questa enorme mole di dati pone la necessità di dotarsi di strumenti di analisi delle serie temporali GNSS che permettano al sistema di monitoraggio di riconoscere, in modo tempestivo e affidabile, i segnali precursori di processi magmatici/sismici, quali le variazioni dei *trend* deformativi, nonché la stima dei parametri della sorgente sismica. Le serie temporali ad alta frequenza sono classicamente caratterizzate da rumore di fondo di ampiezza significativa. Pertanto, il problema principale da affrontare nell'analisi dei segnali GNSS ad alta frequenza è il miglioramento del rapporto segnale/rumore.

Nell'ambito del presente progetto si intende valutare l'efficacia di tecniche di *denoising* basate su metodi classici di filtraggio nel dominio delle frequenze (Fourier analysis) e su metodi di decomposizione del segnale basate su Discrete Wavelet Transform (DWT), Empirical Mode Decomposition (EMD) e Principal Component Analysis (PCA). Tali tecniche sono di routine molto "onerose" dal punto di vista delle risorse di calcolo e, pertanto, inadatte all'implementazione in sistemi "real time". Obiettivo del progetto è quello di sviluppare un *proxy* che abbia la stessa efficacia delle ben note tecniche di filtraggio, ma un costo computazionale contenuto, tale da

renderlo utilizzabile per applicazioni *real time*. Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso l'utilizzo delle più moderne tecniche di *Machine* e *Deep Learning*, che, in virtù della loro elasticità e complessità, sono in grado di riprodurre teoricamente qualsiasi funzione non lineare. Nel presente progetto, la grande disponibilità di dati ad alta frequenza permetterà di addestrare opportunamente un algoritmo per emulare i sistemi di analisi delle serie temporali GNSS aumentando così le potenzialità di riconoscimento di segnali transienti nelle deformazioni del suolo.

Proposta per una posizione di dottorato

Il progetto sarà sviluppato in sinergia con due Sezioni dell'INGV (la Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano e la Sezione Irpinia di Grottaminarda) e potrà avvalersi della disponibilità di serie temporali GNSS storiche acquisite dalle reti NeVoCGPS e RING nell'ambito delle attività di sorveglianza vulcanologica e sismica dell'INGV, nonché di simulatori analogici progettati *ad hoc* per la produzione di segnali sintetici di deformazione.

La ricerca sarà articolata, nel corso dei tre anni di dottorato, così come di seguito descritto:

1° Anno: Ricerca bibliografica e studio dei fondamenti teorici dell'analisi dei segnali. Uso di software per elaborazione dati GNSS.

2° Anno: Analisi dati; 6 mesi di stage all'estero presso l'University of Beira Interior (Portugal), per lo studio di tecniche avanzate di *denoising* di dati GNSS, e la Hebrew University of Jerusalem (Israel), per lo studio di tecniche di Machine Learning. Presentazione dei risultati a Conferenze internazionali e in articoli peer-reviewed.

3° Anno: Messa a punto di algoritmi *real time* per il riconoscimento di transienti nei segnali di deformazione del suolo da implementare nei sistemi di monitoraggio delle aree investigate. Presentazione dei risultati a Conferenze internazionali e in articoli *peer-reviewed*. Stesura della tesi.

=====

- MUR**
- PNRR**
- entrambe**