**Progetto di ricerca**

Gli obiettivi principali sono:

* Analizzare serie temporali di dati di stazioni GNSS, utilizzando software altamente sofisticato, al fine di stimare con la più alta precisione le coordinate delle stazioni;
* Identificare e rimuovere outliers dalle serie di coordinate così stimate;
* Identificare e rimuovere le discontinuità presenti nelle serie di coordinate GNSS;
* Identificare e modellare le variazioni lineari e non-lineari che caratterizzano le serie di coordinate GNSS;
* Studiare le deformazioni della crosta terrestre utilizzando le serie temporali così corrette.

La tecnica satellitare Global Navigation Satellite Systems (GNSS) è oggi fondamentale nel monitoraggio della forma e cinematica della superficie terrestre e le relative variazioni che hanno luogo su scale spaziali e temporali molto diverse. L’analisi dei dati GNSS consente la stima delle coordinate delle stazioni con ripetibilità di 2-3 mm nel caso delle componenti orizzontali, e circa 4-6 mm per quella verticale. Generalmente, utilizzando serie temporali continue, i movimenti delle stazioni possono essere stimati con un errore inferiore al mm/anno. Dati questi parametri qualitativi e la densa copertura spaziale, le serie temporali GNSS contribuiscono alla realizzazione di sistemi di riferimento terrestri di alta precisione che sono necessari per supportare gli sviluppi attuali e quelli futuri nell’ambito degli studi inerenti il Sistema Terra. Senza trascurare altri requisiti, per raggiungere l’obiettivo appena menzionato, il potenziale delle serie temporali GNSS deve essere pienamente sfruttato.

In generale, le serie temporali delle coodinate possono essere caratterizzate dalla presenza di discontinuità che, se non sono adeguatamente identificate (epoca ed entità della discontinuità) e rimosse, possono corrompere la stima sul lungo periodo dei trend lineari e degli andamenti non lineari. Le cause di queste discontinuità sono diverse. Esempi sono: terremoti, cambiamento di strumentazione, problemi di montaggio dell’antenna, riflessioni multiple del segnale GNSS, vandalismo e procedure di analisi dati (cambio del sistema di riferimento) etc. Esistono diverse strategie per individuare e stimare l’entità e l’epoca delle discontinuità, ad esempio quella realizzata da Bruni et al. (2014).

Per una stima attendibile dei trend sul lungo periodo, è necessario non solo rimuovere outliers e discontinuità ma anche modellare e rimuovere oscillazioni stagionali ed anche quelle di più lungo periodo che, in generale, sono presenti nelle serie temporali delle coordinate. Questa analisi di altissima qualità dei dati GNSS è un fattore chiave quando si voglia effettuare una interpretazione geofisica delle serie temporali delle coordinate, dove i segnali da individuare possono essere deboli e difficili da separare dal rumore dei dati stessi.

**Piano di attività**

*Analisi Dati GNSS*

Il/La candidato/a dovrà approfondire la conoscenza dei software necessari all’elaborazione dei dati. In particolare, per quanto riguarda l’analisi dei dati GNSS, è previsto che il/la candidato/a, dopo aver dimostrato di possedere le necessarie conoscenze di base, possa seguire un corso dedicato per sviluppare ed approfondire la conoscenza del software Bernese 5.2 (Dach et al., 2015). Questi corsi si tengono regolarmente presso l’Istituto di Astronomia dell’Università di Berna, dove il pacchetto software e’ stato creato e dove viene costantemente mantenuto e adeguato ai risultati più recenti dei lavori di ricerca.

Il candidato acquisirà famigliarità con il software preposto al controllo di qualità dei dati GNSS noto come TEQC (Traslate/Edit/Quality/Check), sviluppato dal Consorzio Universitario Americano UNAVCO. Questo software fornisce, partendo dai file RINEX di osservazione e di navigazione, diverse informazioni. Ad esempio, la lunghezza della finestra temporale delle osservazioni, l’intervallo di campionamento del segnale, data di inizio e fine della registrazione, numero delle osservazioni possibili nella finestra temporale selezionata, numero effettivo delle osservazioni acquisite nella finestra temporale selezionata, numero delle osservazioni complete (giorni in cui sono presenti tutte le osservazioni etc..

Inoltre, il/la candidato/a svilupperà adeguata conoscenza della metodologia di analisi realizzata da Bruni et al. (2014) e basata sull’algoritmo STARS per rimuovere eventuali discontinuità presenti nelle serie temporali delle coordinate GNSS. Il/la candidato/a dovrà anche dimostrare la capacità di utilizzare/sviluppare approcci statistici alternativi a quello proposto.

I dati GNSS da analizzare saranno quelli della rete di stazioni di Eni SpA e quelli della rete di cinque stazioni del DIFA. Per questi ultimi, il/la candidato/a dovrà provvedere a controllare giornalmente il buon funzionamento delle stazioni e la regolare acquisizione delle osservazioni. Inoltre, potranno essere oggetto degli studi del/la candidato/a anche i dati acquisiti da altre reti di stazioni GNNS.

*Interpretazione dei Dati*

Nello studio delle deformazioni del suolo, tutte e tre le componenti (verticale, nord ed est) della posizione e le relative variazioni temporali devono essere analizzate ed interpretate. Infatti, nelle serie temporali di tutte e tre le componenti sono presenti variazioni di lungo periodo, fluttuazioni interannuali e oscillazioni su scala temporale piu’ breve (annuale).

L'interpretazione e modellizzazione delle componenti periodiche (annuali) presenti nelle serie temporali delle quote delle stazioni sarà effettuata sulla base di serie di dati di parametri am­bientali quali, ad esempio, dati meteorologici di pressione atmosferica, livello dell'acquifero superficiale (se disponibile) o di bilancio idrologico e dati di pressione a fondo mare. Un controllo dell’attendibilità del modello si avrà dal confronto con il ciclo medio stagionale delle quote, ottenuto utilizzando una opportuna procedura di “stacking”.

Nel caso delle componenti orizzontali, possibili variazioni stagionali osservate, se rilevanti, dovranno essere modellate mediante una opportuna procedura statistica.

Il candidato, che dovrà avere famigliarità con metodi di analisi statistica, utilizzerà anche una metodologia matematica nota come Empirical Orthogonal Functions (EOF) per individuare e studiare la variabilità spazio-temporale di variabili individuali come, ad esempio, le componenti della posizione delle stazioni.

Il percorso di formazione del titolare dell’assegno di studio prevede anche l’esposizione e la partecipazione a realtà di ricerca a livello internazionale.

**Referenze**

Bruni S., S. Zerbini, F. Raicich, M. Errico, E. Santi, 2014, Detecting discontinuities in GNSS coordinate time series with STARS: case study, the Bologna and Medicina GPS sites. J Geod (2014) 88:1203–1214, DOI 10.1007/s00190-014-0754-4.

Dach, R., S. Lutz, P. Walser, P. Fridez (Eds), 2015, Bernese GNSS Software Version 5.2. User manual, Astronomical Institute, University of Bern, Bern Open Publishing. doi:10.7892/boris.72297, ISBN 978-3-906813-05-9.