

TimeSAPS: un nuovo pacchetto software per l'analisi delle serie temporali InSAR.

Eugenia Giorgini¹[0000-0002-3249-3976] *, Luca Tavasci²[0000-0003-0395-7185],
Enrica Vecchi³[0000-0002-6524-9216], Luca Vittuari²[0000-0002-9815-1004],
Stefano Gandolfi²[0000-0003-2096-5670]

¹ Università di Bologna, La Sapienza Università di Roma

² Università di Bologna

³ Università di Cagliari

eugenia.giorgini@unibo.it*

Abstract. Copernicus [1] è il programma di Earth Observation dell'Agencia Spaziale Europea, basato sui satelliti Sentinel, che da anni acquisiscono diverse tipologie di dati relativi a tutto il pianeta. Tra questi, i due satelliti gemelli Sentinel-1, dotati di radar ad apertura sintetica (SAR), acquisiscono dal 2015 immagini radar di tutta la superficie terrestre con un tempo di rivisitazione di 6 giorni [2]. I dati dei Sentinel-1 sono resi disponibili a tutti gli utenti, dando loro la possibilità di ricostruire serie temporali storiche, che partono dall'inizio del periodo di operatività dei satelliti.

Per ottenere informazioni di spostamento della superficie terrestre le acquisizioni SAR vengono elaborate applicando l'interferometria SAR (InSAR) [3], che può essere effettuata da diversi software [4]. Caratteristiche comuni tra i software sono la selezione di pixel definiti Persistent Scatterers (PS) e il calcolo della velocità media di movimento delle aree rappresentate dai diversi PS applicando un modello lineare. Tra i software disponibili è stato scelto di prendere a riferimento StaMPS [5], il cui processing restituisce agli utenti risultati in termini di serie temporali di spostamento e relativa velocità media annuale, sviluppato principalmente per le acquisizioni Sentinel-1, gratuito ed open source.

Nel panorama descritto, per poter fornire alla comunità scientifica uno strumento che permetta uno studio più approfondito dei risultati ottenuti da StaMPS, si è deciso di sviluppare TimeSAPS. Questo pacchetto di script è in grado di effettuare l'analisi delle serie temporali dei PS non limitandosi all'ipotesi di spostamento lineare, ma permettendo agli utenti di individuare anche la presenza di eventuali fenomeni non lineari. Infatti, TimeSAPS permette di modellizzare le serie temporali restituendo informazioni riguardo i movimenti periodici che avvengono prevalentemente con frequenza stagionale, ma non solo. In Fig. 1 è riportato un confronto tra due serie temporali, la prima che presenta al suo interno solo un trend lineare, la seconda invece caratterizzata dalla presenza di segnali che necessitano di una modellazione più complessa per poter essere identificati e descritti.

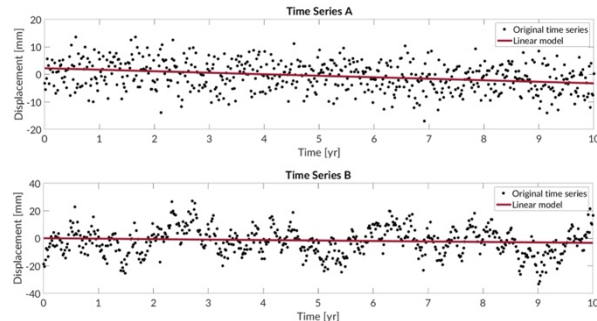


Fig. 1. Time Series A: Serie temporale (nero) e rispettivo trend (rosso). Time Series B: Serie temporale che presenta anche fenomeni non lineari (nero) e relativo trend (rosso).

Per poter effettuare l'analisi delle serie temporali, è stata implementata in TimeSAPS una procedura che stima modelli complessi sommando alla classica retta di regressione una combinazione di n sinusoidi, ciascuna con valori specifici di frequenza, ampiezza e fase [6]. TimeSAPS permette all'utente di effettuare due tipologie di analisi: riconoscere la presenza di segnali periodici con frequenze scelte dall'utente sulla base della conoscenza a priori dei fenomeni in atto, oppure modellizzare la serie temporale stimando dai dati stessi anche le frequenze utilizzate per la ricostruzione del modello. In entrambi i casi, TimeSAPS effettua il calcolo dei parametri della retta di regressione e delle ampiezze dei segnali periodici realizzando un approccio in blocco ai minimi quadrati. Nel secondo caso, le serie temporali vengono analizzate calcolando il Periodogramma di Lomb-Scargle [7], che permette di riconoscere le frequenze dei segnali presenti all'interno della serie temporale aventi la maggiore potenza statistica. La somma dei segnali periodici e della retta di regressione ottenuti, restituirà il modello della serie temporale di interesse, come riportato in Fig. 2, per il caso della Serie Temporale B di Fig.1 .

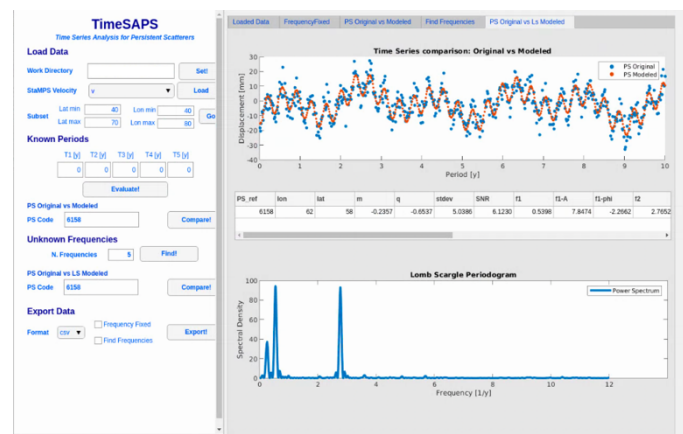


Fig. 2. Layout di TimeSAPS con il modello non lineare della serie temporale B di Fig.1 e il relativo periodogramma di Lomb-Scargle con la potenza delle frequenze presenti all'interno della serie temporali. I picchi nel periodogramma corrispondono alle frequenze principali individuate.

Riferimenti bibliografici

1. Copernicus Homepage, https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus
2. Sentinel-1 page, https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1
3. Hanssen, R. F.: Radar Interferometry (Vol. 2). Springer Netherlands (2001). <https://doi.org/10.1007/0-306-47633-9>
4. Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthery, N., Crippa, B.: Persistent Scatterer Interferometry: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (115), 78-89 (2016), doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.011.
5. Hooper, A., Bekaert, D., Spaans, K., Arian, M.: Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation. *Tectonophysics* (514-517), 1-13 (2012), [doi: 10.1016/j.tecto.2011.10.013](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.10.013).
6. Shumway, R. H., & Stoffer, D. S.: *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer New York (2011). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7865-3>
7. VanderPlas, J. T.: Understanding the Lomb–Scargle Periodogram. *The Astrophysical Journal Supplement Series* (236), 16-44 (2018), doi.org/10.3847/1538-4365/aab766

