

## Analisi della precisione del PPP multi-GNSS nei brevi periodi d'acquisizione

Matteo Cappuccio<sup>1</sup>[0009-0007-5764-253X], Luca Tavasci<sup>1</sup>[0000-0003-0395-7185], Luca Poluzzi<sup>1</sup>[0000-0001-8812-5235] e Stefano Gandolfi<sup>1</sup> [0000-0003-2096-5670]

<sup>1</sup> DICAM, Alma Mater Studiorum università di Bologna, Viale del Risorgimento 2, 40136 (BO)

[matteo.cappuccio@unibo.it](mailto:matteo.cappuccio@unibo.it) [luca.tavasci@unibo.it](mailto:luca.tavasci@unibo.it) [stefano.gandolfi@unibo.it](mailto:stefano.gandolfi@unibo.it)

**Abstract.** Nell'ambito dell'elaborazione dei segnali *GNSS*, il Precise Point Positioning (*PPP*) è una metodologia di calcolo ampiamente testata e collaudata, specialmente nella modalità statica con finestre temporali di dati giornaliere. Tuttavia, ciò non si può dire per quelle applicazioni tecnico-professionali in cui la possibilità di acquisire dati per 24 risulta impraticabile, si pensi ad esempio alla necessità di materializzare rapidamente reti d'appoggio per rilievi con total-station o voli aero-fotogrammetrici da drone in posizionamento *RTK*, laddove siano assenti i servizi *NRTK*. Il principale limite all'applicabilità del PPP per applicazioni tecniche in ambito professionale è stato, nel recente passato, l'assenza di software non scientifici che implementassero efficacemente tale approccio, consentendo ad un'utenza non specializzata di sfruttarne le potenzialità. L'arrivo [sul](#) mercato del software *multi-GNSS* open source *PRIDEPPP-AR* [2] (Whuan, Cina) e la rapida evoluzione avvenuta in questi anni delle costellazioni satellitari globali, offre lo spunto per provare a fornire ad un'utenza tecnico-professionale un'indicazione reale sulle prestazioni che il PPP in multi-costellazione può fornire nel caso di rilievi GNSS statici al variare della durata della finestra di acquisizione. Gandolfi et al. [1] affrontano questo tema studiando le precisioni ottenibili sfruttando la costellazione *GPS*, suddividendo *RINEX* giornalieri in differenti finestre temporali (24, 12, 6, 3, 1, 0.5 ore) ed elaborandole tramite il software scientifico *Gipsy-OASISII* (*JPL Nasa*). Si è dimostrato come solo per applicazioni in cui si è richiesta una precisione di 1m è consigliato scendere sotto i 60 minuti di acquisizione. Il presente lavoro, ancora in corso di sviluppo, si propone di aggiornare tale ricerca nella disponibilità di un nuovo software, verosimilmente utilizzabile anche da tecnici professionisti, e delle nuove costellazioni GNSS. I dataset utilizzati nelle elaborazioni possono essere così riassunti:

1. 365 giorni di acquisizione multi-GNSS di 9 stazioni permanenti IGS con una frequenza di campionamento delle osservazioni di 30s;
2. 60 giorni di acquisizioni multi-GNSS di 5 stazioni permanenti situate in Toscana (ITA) con una frequenza di campionamento delle osservazioni pari a 1s.

L'opportunità di avere a disposizione due dataset acquisiti con frequenze di campionamento differenti consente di poter andare a valutarne il suo impatto sui risultati finali, in particolare in merito alle finestre temporali di breve durata. Le finestre

temporali di acquisizione considerate sono quelli di 24, 12, 6, 3, 2, 1, 0.5 ore. La stima della precisione di ciascuna soluzione PPP sarà basata sul calcolo dei *residui* rispetto ad un modello di posizione non lineare (vedi Fig.1) per ciascun sito considerato, determinato a partire da soluzioni ricavate sfruttando 24 ore di dati, ovvero quelle intrinsecamente più accurate. Il modello di riferimento verrà ricavato sfruttando l'analisi in frequenza proposta da *Lomb-Scargle* e applicando l'equazione 1.

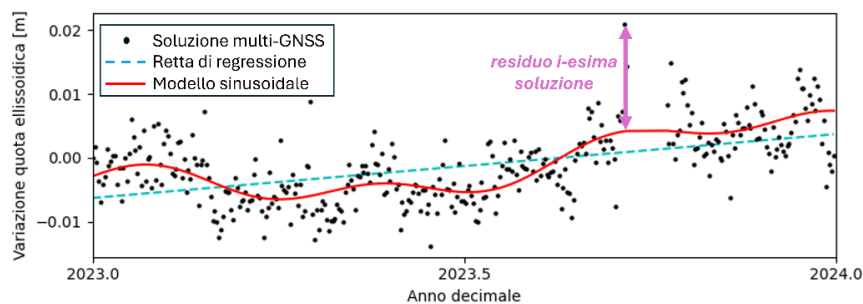
$$mod_k(t) = m_k t(j) + q_{ki} + \sum_{i=1}^5 [A_{ki} \sin(2\pi f_{ki} t) + B_{ki} \cos(2\pi f_{ki} t)] \quad (1)$$

\*Con  $i$  frequenza  $i$ -esima e  $k$  componente geodetica (n, e, u).

Oltre all'errore reale delle soluzioni PPP verrà valutata la rappresentatività dell'errore formale  $\sigma_{pride}$  stimato dal software. Tale parametro è potenzialmente fondamentale per fornire all'utente un feedback sulla qualità delle coordinate ottenute dal rilievo.

Una volta a disposizione, i risultati verranno proposti nella seguente forma:

- Grafici che mostrano l'andamento del valore assoluto dei residui in funzione del tempo per ogni finestra temporale d'acquisizione;
- RMS delle serie temporali dei residui rispetto al riferimento in funzione delle differenti finestre temporali;
- Percentuali di soluzioni i quali residui superano il valore di  $3*\sigma_{pride}$  ;



**Fig.1.** Serie temporale della stazione permanente *REYK* (Islanda) in termini di variazione di quota ellissoidica calcolata su soluzioni multi-GNSS con finestra temporale d'elaborazione di 24 ore in cui sono evidenziate la retta di regressione lineare, il modello sinusoidale e la definizione di residuo.

## Riferimenti bibliografici

1. Gandolfi, S., Tavasci, L. & Poluzzi, L. Study on GPS-PPP precision for short observation sessions. *GPS Solut* 21, 887–896 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10291-016-0575-4>
2. Geng, J., Chen, X., Pan, Y. et al. PRIDE PPP-AR: an open-source software for GPS PPP ambiguity resolution. *GPS Solut* 23, 91 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0888-1>