

**Titolo della tesi:** Ricevitori GNSS a basso costo:una innovazione nella navigazione

**Tipo di Laurea:** Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

**Sessione di Laurea:** Novembre

**Anno accademico:** 2015/2016

**Nome Candidato:** Chiara Pusceddu

**Matricola:** 1609701

**Relatore:** Prof. Ing. Mattia Giovanni Crespi

**Correlatore:** Ing. Augusto Mazzoni

**SSD Relatore:** ICAR/06

La tesi si propone di studiare, tramite l'installazione di tre ricevitori GPS, uno geodetico (a doppia frequenza), del modello Viva, del costo di circa 1500 euro, e due a basso costo (singola frequenza), del modello u-blox, del costo di 300 euro ciascuno, i parametri cinematici (velocità e posizione) di un'imbarcazione.

La navigazione, necessaria per l'acquisizione dei dati grezzi, è stata effettuata il giorno 23/08/2016 sull'imbarcazione "Marlin", a largo delle coste di Anzio e Nettuno.

Il fine dello studio è stato quello di capire se i ricevitori a basso costo sono soddisfacentemente utilizzabili come strumenti ausiliari alla navigazione e quale metodologia di posizionamento è meglio utilizzare e in che condizioni.

L'analisi è stata eseguita con quattro tecniche differenti, quali il Single Point Positioning, il Differential Kinematic Positioning, il Moving Base, ed infine il software VADASE, nella sua estensione in campo cinematico, Kin-VADASE.

Le elaborazioni sono state condotte con un software open source (libreria RTKLIB) e, successivamente, sono state sviluppate opportune routine in linguaggio Python per l'analisi dei risultati.

Il Posizionamento Assoluto è quello utilizzato da i dispositivi mass-market e permette un posizionamento in tempo reale, ma l'errore che ne perviene è dell'ordine di qualche metro; non offre quindi una grande precisione.

Il Posizionamento Relativo Cinematico, al contrario, permette di ottenere delle coordinate caratterizzate da una elevata precisione, ma è un tipo di post-processamento (non in real-time) per il quale è necessario l'ausilio di basi permanenti, nel presente caso quelle di Ardea e Latina, relativamente alle quali le coordinate vengono stimate.

Il metodo Moving Base, in cui la base è uno dei tre ricevitori itineranti, permette un posizionamento relativo all'interno della imbarcazione, che è dotato del vantaggio di non necessitare di stazioni permanenti.

Infine il software VADASE, che stima i movimenti di un ricevitore partendo dai dati acquisiti dal ricevitore stesso, calcolando prima le velocità e poi, tramite integrazione, gli spostamenti in un sistema di riferimento locale, è vantaggioso perchè non richiede l'ausilio di basi fisse e permette quindi il posizionamento anche lontano dalle coste.

Queste due ultime metodologie sono di grande interesse nell'ingegneria marittima perchè, utilizzandole complementariamente, è possibile studiare il rollio, il beccheggio e l'imbardata dell'imbarcazione, e permettono di capire quindi in quali condizioni e in che modo la barca risponde meglio al moto ondoso. Durante l'analisi effettuata con il posizionamento relativo, in riferimento al Viva, per valutare la precisione e la numerosità delle soluzioni abbiamo eseguito alcune prove utilizzando, con tool RTKPOST, delle impostazioni sempre diverse, ottenendo quattro casi studio.

Le soluzioni totali ottenute con essi, considerando entrambe le basi, sono 224744, 28093 per ogni caso, e, in particolare, i casi che sono risultati avere una miglior qualità delle soluzioni sono quello in cui si considerano due frequenze (L1+L2) ed entrambe le costellazioni GPS e GLONASS (AMIBUITY: OFF) e quello con sola fase L1, considerando la sola costellazione GPS, con valori dei rapporti tra numero di soluzioni fix e numero di soluzioni totali più elevati tra tutti, rispettivamente 0.60 e 0.62 nel caso della stazione di Ardea come base, e 0.75 e 0.74 per Latina.

Sono state quindi calcolate le differenze tra le coordinate trovate con casi diversi, rispetto alla stessa base, e quelle trovate con lo stesso caso, ma rispetto a due stazioni diverse, e di queste sono stati calcolati i parametri statistici di media e RMSE.

Da questi risultati abbiamo potuto dedurre, nel caso del posizionamento cinematico, un'ottima consistenza tra le soluzioni, che differiscono di pochi centimetri nei diversi casi e con le diverse stazioni, con valori di RMSE tra i 0.05 m (1-3 Ardea) e lo 0.1 m (4A-4L) e i valori di media tra lo 0.03 m (1-3) e lo 0.08 m (4A-4L).

Per i ricevitori u-blox non sono stati analizzati i diversi quattro casi, ma sono comunque state calcolate le differenze tra le coordinate ricavate usando diverse stazioni permanenti e quindi la media e l'RMSE del vettore tridimensionale, che sono risultati essere rispettivamente 0.07 m e 0.09 m per il ricevitore di poppa dritta e 0.16 m e 0.26 m per quello di poppa sinistra, valori più elevati a causa del numero di soluzioni fix inferiore rispetto agli altri casi, dovuto alla brevità del tempo di acquisizione dell'u-blox sinistro, per il suo malfunzionamento, causato dalle condizioni non ottimali esercizio. E' però da sottolineare gli ottimi risultati ottenuti con l'u-blox di dritta, che non differiscono da quelli ottenuti con il Viva nonostante i ricevitori u-blox siano meno costosi e meno precisi.

Per operare un controllo incrociato sulle soluzioni ottenute con il posizionamento cinematico e il moving base, sono state calcolate le distanze tra i diversi ricevitori con le due metodologie e sono state quindi confrontate con le misure effettuate in situ.

Il moving base fornisce una distanza di 4.46 m tra poppa sinistra e prua, rispetto all'effettiva 4.40 m, di 4.47 m, rispetto ai reali 4.40 m, tra poppa dritta e prua e di 1.83 m tra poppa sinistra e dritta rispetto all'effettivo 1.60 m.

Quest'ultimo risultato, che dà la distanza tra i due u-blox, è stato migliorato ripetendo il calcolo considerando solamente le soluzioni fix; con questa accortezza, infatti, abbiamo dimostrato che la distanza stimata e quella reale non differiscono significativamente.

L'errore invece tra distanza stimata con il posizionamento cinematico e distanza misurata in situ è di 2 cm nel caso di Latina come base e 4 cm quando la base è Ardea.

Nell'uso di tutti e tre i metodi di posizionamento, e per tutti e tre i ricevitori, comunque, è emersa una forte consistenza dei dati a conferma del fatto che i ricevitori a basso costo possono essere utilizzati per la navigazione con ottimi risultati.

Un ennesimo confronto tra le posizioni è stato quello tra le coordinate stimate con l'algoritmo VADASE e quelle ottenute con il posizionamento cinematico. Tramite l'utilizzo di una routine di Python i valori di deviazione standard e RMSE delle differenze del vettore tridimensionale, sono risultate essere, per il Viva, rispettivamente 1.15 m e 3.40 m, per l'u-blox di dritta 1.62 m e 4.41 m, e per l'u-blox di sinistra 2.24 m e 6.65 m.

Inoltre, relativamente al Viva, abbiamo effettuato la stessa analisi in un intervallo ridotto, tra 207500 e 209600 sow, che non considerasse eventuali outlier. Ciò che è risultato è stata una deviazione standard di 0.31 m e un RMSE di 0.70 m, con un aumento di circa mezzo millimetro al secondo dell'errore, che arriva nell'arco di mezzora ad essere circa 1 m, risultato molto soddisfacente.