



## **Ph.D. COURSE IN INDUSTRIAL ENGINEERING – XXXIV CYCLE**

**Student: Minh Long Hoang**

**Tutor: Antonio Pietrosanto**

**Scientific Committee:**

**Prof. Luca De Vito**

**Prof. Lorenzo Ciani**

### **Abstract of the thesis**

In questo lavoro, sono stati proposti una solida configurazione meccanica e algoritmi altamente efficaci per ottimizzare le prestazioni dell'unità di misura inerziale (IMU) nel tracciamento dell'orientamento. Questo lavoro mira a sviluppare nuove tecniche per ridurre al minimo il rumore e la debolezza della misurazione degli angoli di Eulero nel settore. La struttura imperfetta e il limite di accelerometro, giroscopio e magnetometro a basso costo con interferenze esterne riducono significativamente la precisione di rollio, beccheggio e imbardata. Un nuovo algoritmo, No Motion No Integration (NMNI), è stato sviluppato per eliminare la deriva del giroscopio, che ha aperto un nuovo modo per calcolare il valore di imbardata/prora senza magnetometro e Global Positioning System (GPS). Inoltre, il metodo NMNI ha migliorato con successo le uscite di inclinazione dalla fusione dei sensori Madgwick e Mahony. Per gestire le vibrazioni esterne, è stata applicata un'altra tecnica Orientation Axes Crossover Processing (OACP), sull'ottimizzazione delle vibrazioni per accelerometri MEMS (Microelectromechanical Systems) senza fusione di sensori. Il filtro proposto funziona secondo un principio basato sulle caratteristiche di impatto delle vibrazioni sia sull'asse X che sull'asse Y per minimizzare in modo ottimale il rumore. Inoltre, il supporto di Machine Learning (ML) e Deep Learning (DL) è stato sfruttato per far avanzare i risultati di inclinazione e direzione. I risultati sono stati validati accuratamente con un banco di prova meccanico, basato su una Pan-Tilt Unit-C46 (PTU-C46) con posizionamento accurato come angoli di riferimento per esperimenti statici e dinamici. Nell'attività aziendale è stato descritto un robusto sistema di orientamento per inclinometro a piena ridondanza. La struttura progettata fornisce un'elevata efficienza per le prestazioni dell'inclinometro con tolleranza di  $\pm 0,2^\circ$  e la stabilità è sempre garantita grazie alla funzione di sicurezza, fortemente consigliata per l'applicazione dell'industria pesante 4.0.

La figura seguente illustra gli angoli di orientamento in generale:

