

Conoscere per gestire: la geomatica al servizio dei porti

10 Settembre 2026



GNSS, laser scanner, fotogrammetria e droni: le tecnologie di rilievo stanno trasformando il modo di conoscere e monitorare gli ambiti portuali. Dalla raccolta di dati metricamente corretti e verificabili alla loro applicazione concreta, la geomatica diventa uno strumento sempre più importante per supportare le attività di progettazione, manutenzione e gestione e per orientare con maggiore consapevolezza le scelte di investimento.

Di Domenico Sguerso

GNSS, laser scanner, fotogrammetria e droni: le tecnologie di rilievo stanno trasformando il modo di conoscere e monitorare gli ambiti portuali. Dalla raccolta di dati metricamente corretti e verificabili alla loro applicazione concreta, la geomatica diventa uno strumento sempre più importante per supportare le attività di progettazione, manutenzione e gestione e per orientare con maggiore consapevolezza le scelte di investimento.

Un territorio, soprattutto se complesso come quello di un'area Inter portuale, articolato sia in superficie che nel sottosuolo e nel sottomarino, necessita di essere conosciuto molto bene per essere in grado di operare delle scelte, ottimizzarne gli investimenti, oltre che programmare la manutenzione.

Ma cosa significa "conoscere"?

Da un punto di vista geomatico per conoscere, si intende avere informazioni metricamente corrette e tematicamente utili.

Tali informazioni, devono permettere una loro verifica in condizioni differenti, entro un certo livello di incertezza a partire da un dato livello di probabilità. È chiaro che tali condizioni dovranno dipendere dalle esigenze concrete degli interventi necessari e dalle possibili modalità di operare sul territorio. Differenti saranno infatti le necessità di tracciare la movimentazione dei mezzi di servizio e di mappare le relative infrastrutture, ma è chiaro che entrambi dovranno essere conosciute in un'unica cornice che "inquadri" l'intera area e tutti gli oggetti (statici o mobili) in essi contenuto, definendo il cosiddetto sistema di riferimento nel quale ogni differente tecnologia permette di ottenere, con differenti metodologie, la posizione dei punti di interesse.

Controllare o meglio verificare le posizioni dei punti ottenute, in differenti condizioni e con differente strumentazione, dovrà dipendere da un lato dalle effettive esigenze degli interventi e quindi dall'importanza che queste assumono sul territorio, dall'altro dovrà dipendere dalle caratteristiche tecniche e dalle risorse a disposizione tra le quali, parametro questo certamente non trascurabile, il fattore tempo a disposizione.

Ma quali possibilità si hanno nei rilievi odierni?

Da sempre il "topografo" si è inventato metodi veloci e di buona precisione [veloci compatibilmente con la precisione cercata], così detti "celerimetrici", di cui Ignazio Porro ne è stato il precursore fin dal XI secolo. Oggi le tecniche che ci possono aiutare nel rilievo tridimensionale sono veramente molteplici, basti pensare al cosiddetto posizionamento satellitare GPS (Global Positioning System - relativo alla sola costellazione statunitense) o meglio GNSS (Global Navigation Satellite System - relativo alle diverse costellazioni disponibili a livello mondiale) o al laser scanner, da integrarsi con la fotogrammetria, il tutto con strumentazione a terra oppure montata su droni. Facile immaginare come la tecnologia permetterà sempre più di miniaturizzare tale strumentazione per agevolarne l'avio trasporto.

La strumentazione oggi permette di semplificare particolarmente le operazioni sul campo, mentre i software a disposizione agevolano le operazioni di elaborazioni in laboratorio, ma è importante ricordare come una buona formazione sia sempre necessaria ed alla base di una buona procedura di rilevamento. La semplificazione, non deve infatti essere confusa con una banalizzazione delle procedure di rilevamento e delle necessarie analisi utili per fornire il risultato, nel rispetto delle precisioni richieste.

Molteplici sono le frontiere aperte nel campo della ricerca che, a titolo di esempio non esaustivo, il Laboratorio di Geomatica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova, di cui l'autore è referente, stanno portando avanti. Le tecniche sopra menzionate sono applicate a situazioni e oggetti quanto meno singolari, ad esempio per la misura da bordo nave delle onde del mare durante la navigazione, così come la valutazione del contenuto di vapore acqueo presente in atmosfera a partire da misure GNSS. Entrambi come possibili servizi che forniscano il loro contributo alla comunità.

La precisione delle misure GNSS infatti, come noto, è influenzata da differenti effetti agenti sul segnale osservato; uno di questi è la rifrazione troposferica. Lo studio della variabilità spazio/temporale di tale effetto, se da un lato consente di migliorare la precisione del posizionamento, dall'altro offre importanti informazioni per la previsione di eventi meteorologici rilevanti.

L'analisi del segnale GNSS può pertanto fornire un utile contributo al monitoraggio atmosferico; tale approccio, oramai internazionalmente riconosciuto, fornisce la possibilità di ottenere il contenuto di vapore acqueo potenzialmente precipitabile (Precipitable Water Vapour - PWV) nella colonna di atmosfera soprastante una generica stazione permanente GNSS, a partire dall'analisi del segnale e da osservazioni al suolo di pressione e di temperatura in corrispondenza della stazione stessa (Figura 1).

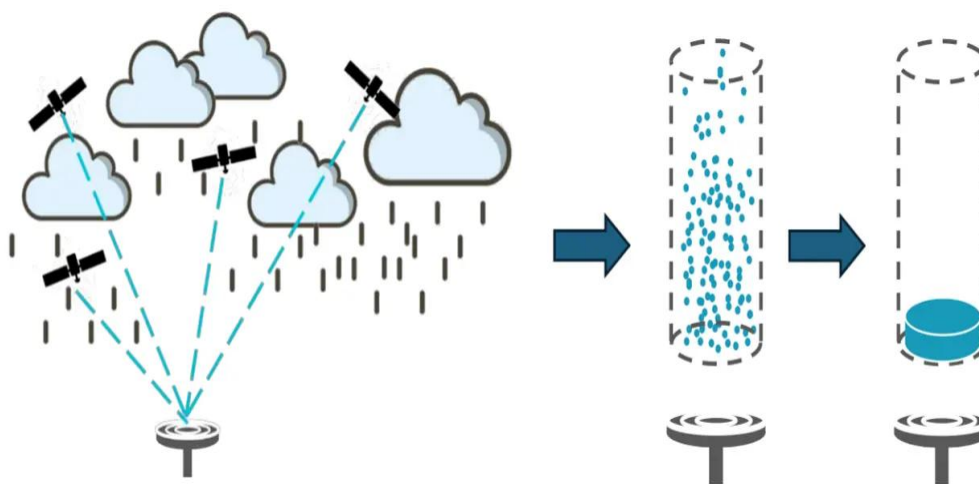


Fig. 1 Schema logico: dagli effetti sulle misure GNSS, alla valutazione del PWV

Fin dai primi anni 2000 l'autore affronta tale tematica, che dal 2012 lo ha portato ad essere membro del Troposphere Working Group del International Gns Service (IGS), sotto l'egida del International Association of Geodesy (IAG). Con il gruppo di ricerca del Laboratorio di Geomatica, è giunto alla predisposizione di una procedura automatica per la realizzazione di mappe di vapore acqueo potenzialmente precipitabile denominata G4M (GNSS for Meteorology). La peculiarità della procedura

G4M risiede nell'utilizzo di stazioni permanenti esistenti e di reti di monitoraggio ambientale non co-locate, distribuite su area vasta e orograficamente complessa, per valutare la distribuzione spaziale del contenuto PWV e la sua evoluzione nel tempo.

Una analisi di questo tipo è stata applicata a molteplici casi studio su territorio frontaliero italo-francese, relativi a differenti situazioni di allerta meteorologica, falsa allerta e di mancata allerta, con risultati di particolare interesse a seguito di confronto con registrazioni pluviometriche nelle vicinanze. In tale ambito, il gruppo di ricerca del Laboratorio di Geomatica del DICCA ha partecipato, tra gli altri, al progetto Interreg Concert-Eaux (Concertazione transfrontaliera della Valle Roia per le Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici) (1), per la realizzazione di un laboratorio microclimatico alpino nel Vallone della Bendola, andando ad installare stazioni GNSS e strumentazione meteorologica permanenti (Figura 2). L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire mappe spaziali utili per il monitoraggio e l'analisi dell'evoluzione spazio-temporale associato alla Tempesta Alex del 2-3 ottobre 2020.



Fig. 2 Geoportale con Vallone della Bendola in Val Roia e stazioni GNSS-meteorologiche

Attualmente è in corso un accordo di collaborazione del gruppo di ricerca dell'Università di Genova di cui l'autore è referente con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) per il monitoraggio dello stato troposferico a livello nazionale e precursori sismici a partire dai dati della "Nuova Rete Fiduciale GNSS Nazionale" dell'ASI (2). Questa rete, GNSS multi-costellazione, distribuita sul territorio italiano, supporta le reti geodetiche globali (IGS - International GNSS Service ed EUREF - European Reference Frame) nel mantenimento del sistema di riferimento terrestre (ITRF - International Terrestrial Reference Frame) e fornisce alla comunità scientifica dati geodetici aggiornati e precisi, permettendo così di intensificare e qualificare ulteriormente le attività di ricerca nei settori della meteorologia GNSS e dei cambiamenti climatici.

La procedura G4M sviluppata dal Laboratorio di Geomatica è così aggiornata, nel suo flusso di lavoro, per gestire l'estensione nazionale italiana. Sono state quindi progettate e realizzate diverse innovazioni metodologiche e tecnologiche relative al Data Base che deve ricevere, esaminare e gestire i dati provenienti sia dalle reti di osservazione GNSS che da quelle meteorologiche. Le osservazioni di pressione e temperatura atmosferica in prossimità della superficie provenienti dalla rete di sensori gestita dall'associazione MeteoNetwork (MNW), sono state preliminarmente validate rispetto ai dataset di riferimento NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) per il periodo 2023-2025 e successivamente organizzate all'interno dello stesso Data Base dedicato.

La valutazione della risoluzione spaziale raggiungibile dalle mappe di PWV è stata condotta sulla base della geometria e della densità della strumentazione GNSS e dei sensori ambientali che, come peculiarità della procedura G4M sviluppata dal gruppo di ricerca, non devono necessariamente essere co-locate. L'intera catena di elaborazione è stata automatizzata per supportare future applicazioni quasi in tempo reale, consentendo l'accesso a funzionalità avanzate di mappatura PWV anche a utenti non esperti. Le mappe nazionali di PWV risultanti costituiscono un nuovo prodotto osservativo per

l'Italia, a supporto dello studio di eventi meteorologici estremi e, non ultimo, fornendo una base per studi sulla relazione tra anomalie del campo PWV e attività sismica.

Le analisi di cui sopra, sono di particolare utilità per fornire informazioni a breve termine (now casting) di natura indipendente dai modelli meteorologici, che con questi potranno integrarsi, sia a scala regionale quale il territorio nazionale, che a scala di dettaglio con risoluzioni spazio-temporali molto spinte (sub-chilometrica in near-real time).

Sempre sul tema dell'impiego delle misure GNSS per la valutazione del contenuto di vapore acqueo potenzialmente precipitabile, una ulteriore attività di ricerca che, a quanto consta all'autore, è la prima sperimentazione di questa ampiezza e di questa durata, si riferisce al monitoraggio atmosferico effettuato durante il giro del mondo dal Vespucci dal 2023 al 2025.

La nave Amerigo Vespucci della Marina Militare Italiana, ha offerto un laboratorio unico e straordinario per osservazioni ambientali multidisciplinari sugli oceani di tutto il mondo, dove le misurazioni dirette sono ancora estremamente limitate. Tra le diverse attività di ricerca svolte a bordo dal Centro del Mare dell'Università di Genova, il Laboratorio di Geomatica ha potuto attrezzare la nave con strumentazione messa gentilmente a disposizione da Topcon Positioning Italy srl e da Eurelettronica ICAS srl (Figura 3).

In Figura 4 è mostrata una prima valutazione del contenuto di vapore acqueo potenzialmente precipitabile PWV relativo alla tratta Genova - Puerto Vallarta (Messico) nella navigazione di Nave Vespucci dal 1.7.2023 al 18.6.2024.



Fig. 3 Strumentazione a bordo di Nave Vespucci gentilmente messa a disposizione:
Ricevitore GNSS Topcon NET-G3A e antenna G3-A1 - Topcon Positioning Italy srl
Centralina meteorologica Vaisala WXT536 - Eurelettronica ICAS srl

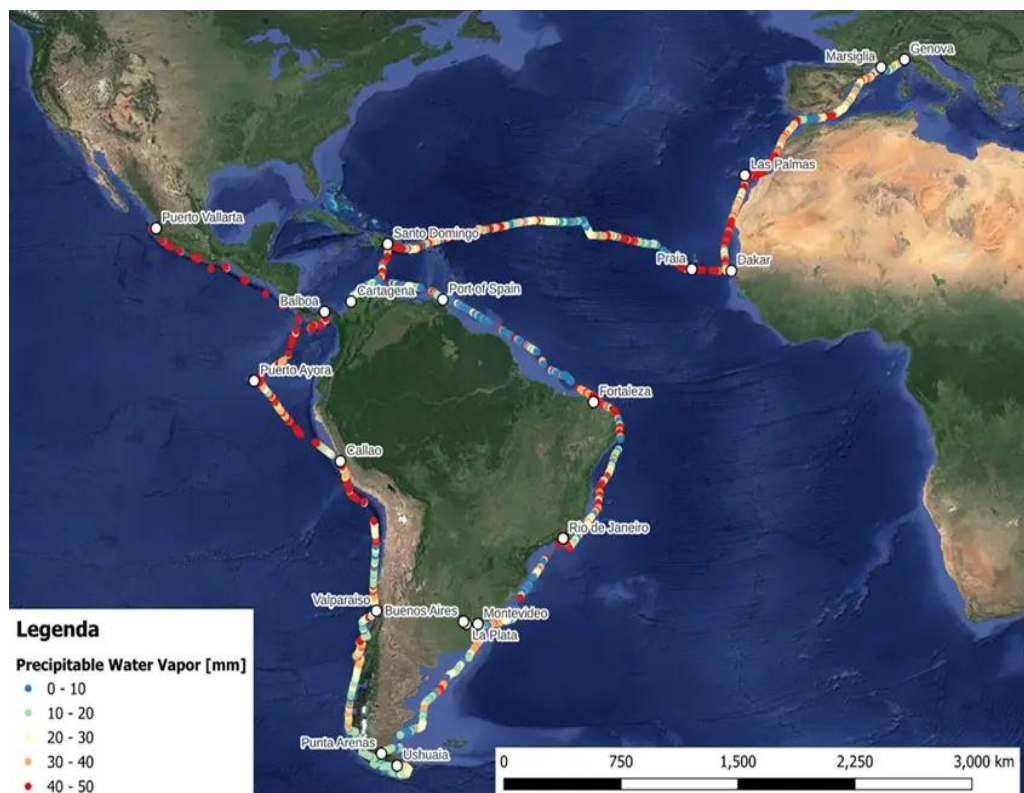


Fig. 4 Primi risultati PWV della tratta di Nave Vespucci: Genova - Puerto Vallarta

In questo studio, il PWV derivato viene confrontato con il corrispettivo parametro derivato dal modello di rianalisi meteorologica globale denominato ERA5 (sviluppato dal European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), con l'obiettivo di valutare la capacità delle osservazioni GNSS acquisite in un ambiente marino dinamico, di rilevare la variabilità dell'umidità atmosferica, quale contributo al progresso della conoscenza dei processi atmosferici. Nel complesso, infatti, il modello ERA5 è in grado di riprodurre il comportamento temporale su larga scala del PWV, mentre le osservazioni GNSS da nave possono fornire informazioni a frequenza più elevata e soprattutto in ambiente privo di altre fonti di osservazioni, per una maggiore sensibilità ai processi atmosferici localizzati.

I risultati dimostrano la fattibilità dell'utilizzo di sistemi GNSS a bordo della nave Amerigo Vespucci per il monitoraggio continuo del vapore acqueo atmosferico sugli oceani, come osservatorio mobile. Valutare la coerenza tra il PWV derivato dal GNSS da nave e i dati ERA5 è un passo cruciale in vista di una possibile futura assimilazione nei modelli numerici di previsione meteorologica. L'integrazione dei dati PWV ottenuti a partire da osservazioni GNSS su nave, con i dati ERA5 e altri set di dati atmosferici, si preannuncia promettente per il miglioramento della meteorologia marina, delle previsioni meteorologiche numeriche e degli studi climatici, in particolare per le regioni oceaniche con scarsità di dati.

Una conclusione di questa breve panoramica di alcune delle attività di ricerca proprie del Laboratorio di Geomatica del DICCA all'Università di Genova, vuole solo sottolineare l'importanza di come una buona conoscenza metricamente valida e verificabile sia alla base di qualsiasi operazione di progettazione e di manutenzione, per essere in grado di operare delle scelte, ottimizzando gli investimenti, che spesso viene riepilogata nello slogan "chi ben rileva è a metà dell'opera" e che si potrebbe integrare con "chi ben monitora è a metà della gestione".