

N° 4
2009

Rivista bimestrale - anno 13 - Numero 4/09 - Speed in abb. postale 70% - Filiale di Roma

GEO MEDIA

Speciale H₂O

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente

► **ISMAR-CNR: un approccio a lungo termine
per la comprensione dei cambiamenti climatici**

► **Uso sostenibile delle risorse idriche con
dati telerilevati e software Open Source**

► **Modelli 1D/2D su base Lidar
del bacino del fiume Ofanto**

► **L'Istituto Idrografico
della Marina affronta il futuro**

► **Hinarche 2008: un rilievo
sul tetto del mondo**



Un rilievo sotto sopra

Modelli digitali 3D ad alta definizione sia dei fondali che delle coste

a cura di Codevintec



La continuità del rilievo oltre la linea di demarcazione individuata dal livello dell'acqua riconduce ad una unitarietà operativa normalmente diretta alle sole parti emerse. Considerare le due parti, (sopra e sotto

l'acqua), un continuum pone enormi problemi tecnologici dal punto di vista del rilievo. In questo articolo la storia di come la curiosità, la passione e l'esperienza di un'azienda hanno portato a sviluppare un sistema estremamente innovativo ed efficace, ormai diventato uno standard per il rilievo delle coste.

L' esplorazione dei fondali marini – che in passato ci ha regalato incredibili scoperte come la tettonica a placche – torna a rivestire un ruolo primario nelle Scienze della Terra. Quali sono le dinamiche geologiche che governano questi ambienti così oscuri ed affascinanti?

L'invenzione di strumenti rapidi e precisi e l'importanza crescente dello studio del Mare, hanno portato alla ripresa massiccia delle operazioni di monitoraggio dei fondali.

Gli esempi di come un approfondito studio della fascia costiera possa tornare utile e di quanto esso sia importante nel prevenire eventi ad alta pericolosità geologica sono molti:

- E' possibile definire ed individuare i rischi marini lungo le coste italiane (tsunami e non solo). Il monumentale progetto *MaGiC (MARine Geohazards along Italian Coasts)* finanziato dal Dipartimento della Protezione Civile, intende creare e gestire una banca dati della cartografia scientifica dei mari italiani.
- Si è in grado di studiare l'interazione tra i dissesti nei versanti emersi e sommersi, che possono portare catastrofi di grande impatto. Il 30 dicembre 2002 a Stromboli una colata di lava attivò una frana sottomarina, che diede origine ad uno tsunami ai piedi della Sciarra del Fuoco che interessò anche le coste della Calabria.
- La tutela dell'ambiente costiero non può prescindere dallo studio dei fenomeni erosivi, i quali risentono della notevole antropizzazione delle terre emerse che non sono in grado di apportare un adeguato afflusso di sedimenti. *BEACHMED* (il progetto dell'Unione Europea per la difesa delle aree costiere del Mediterraneo) affronta proprio i temi fondamentali del

recupero ambientale e della manutenzione dei litorali in erosione.

- La salita relativa del livello del mare rende vulnerabili le coste e gli ecosistemi marini. Il Progetto *VECTOR 2006* – finanziato dai Ministeri dell'Istruzione, delle Finanze, dell'Ambiente e delle Politiche Agricole e Forestali – ha l'obiettivo di approfondire le conoscenze sull'impatto dei cambiamenti climatici nei confronti dell'ambiente marino.

A partire dal 2004 Codevintec – spinta dalla curiosità e dalla voglia di supportare al meglio i propri clienti – ha sperimentato l'integrazione dei più potenti metodi di rilievo di precisione: il laser scanner e l'interferometria subacquea, ovvero lo stato dell'arte della tecnologia per i rilievi sia in ambiente terrestre che sommerso.

Questi sistemi integrati restituiscono modelli 3D delle aree, siano esse terre emerse, fondali marini o aree costiere; alle indicazioni geometriche vengono associati anche altri parametri, come ad esempio l'intensità del segnale riflesso, in grado di riprodurre un'immagine a toni di grigio del tutto simile ad una fotografia in bianco e nero. Sono, queste, informazioni fondamentali per il monitoraggio e lo studio dell'ambiente, in grado di fornire agli studiosi i mezzi per creare modelli numerici previsionali e cartografie tematiche di grande precisione e con un altissimo livello di dettaglio.

L'idea di integrare due sistemi di rilievo

L'innovazione apportata da Codevintec nacque dal tentativo di integrazione di dati acquisiti da un laser scanner a tempo di volo e da un multibeam interferometrico. Poiché i dati forniti in uscita

Figura 1 - Venezia: rilievo delle parti emerse con laser scanner (Optech ILRIS 3D)



Il primo test: Canal Grande a Venezia, sopra e sott'acqua

Uno dei primi test fu effettuato a Venezia lungo il Canal Grande. Non vi erano soluzioni alternative per costruire un modello 3D della doppia faccia immersa ed emersa della città, e fu quindi considerato un ambiente molto interessante su cui applicare il nuovo metodo.

Il risultato destò molta soddisfazione: gli edifici, i piloni portuali ed ogni struttura furono rappresentati nella loro interezza, come se l'interfaccia aria/acqua fosse del tutto trasparente. Operativamente furono acquisiti 5,5km di canale, il multibeam interferometrico *SwathPlus* fu interfacciato ad un sensore *Coda F180* per la misura di assetto e posizione, il rilievo laser con l'*ILRIS-3D* Optech fu svolto in modalità statica da una riva all'altra in due passaggi e poi unito al rilievo multibeam in fase di elaborazione dati.

dai due sistemi sono simili (nuvole di punti ad alta definizione completi di valore di intensità) – si pensò – perché non integrare i due rilievi? Così, mediante il software commerciale *Polyworks*, si effettuò l'allineamento di differenti riprese, laser e batimetriche, individuando punti omologhi presenti in entrambe le nuvole di punti.

Il prodotto finale fu un unico modello digitale 3D che univa la morfobatimetria del fondale e la topografia della parte emersa, ai quali fu anche possibile associare dati di *backscatter* ad altissima risoluzione prodotti dal multibeam interferometrico ed applicare immagini da fotocamera digitale. Risultato: una visione fotorealistica in 3D dell'area investigata.

L'obiettivo diventò poi quello di integrare i due sistemi in tempo reale, installando su un natante un sistema integrato: laser scanner a tempo di volo e un multibeam interferometrico, entrambi interfacciati ad una piattaforma inerziale e un GPS per definire un sistema efficace e standard per il rilievo delle coste.

La verifica della bontà dell'idea: la Fortezza Vecchia nel porto di Livorno

Il rilievo del porto di Livorno fu condotto in due momenti. Nel novembre 2005 venne rilevato il fondale con il sistema *SwathPLUS* interferometrico georiferito tramite il sistema *Coda F180*, producendo le nuvole di punti con intensità di segnale, il DTM (*Digital Terrain Model*) e le immagini *side scan*. Qualche mese più tardi – nel febbraio 2006 – fu effettuata la scansione laser.

Il tutto fu integrato con il software *Polyworks*. Dalle immagini si notò come nel dettaglio del modello 3D venissero evidenziate anche le crepe nel castello per quanto riguardava la parte emersa, ed i natanti affondati e le catene di ancoraggio in quella sommersa.

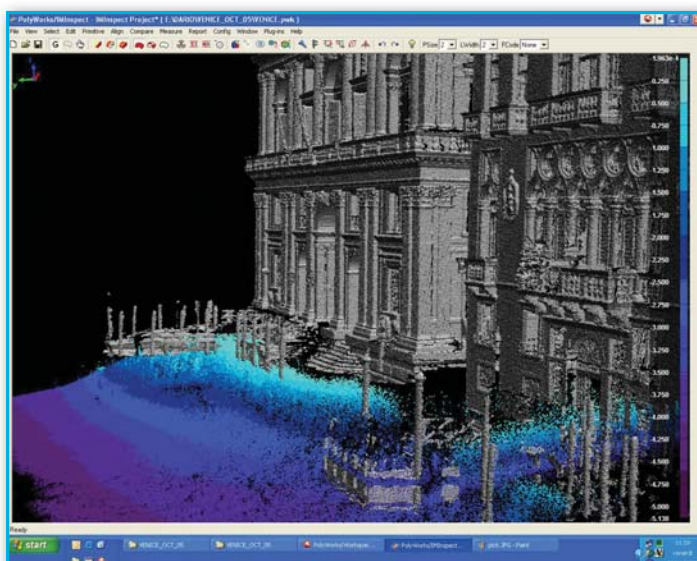


Figura 2 - Venezia: viste 3D del palazzo (rilevato con laser scanner) e della batimetria sottostante (multibeam interferometrico, visualizzata con falsi colori a seconda della profondità).



Figura 3, 4, 5 e 6 (in senso orario) - Fortezza Vecchia nel porto di Livorno - viste 3D del rilievo integrato sopra e sotto il pelo dell'acqua - I relitti sul fondale sono ben evidenziati dall'immagine side scan - una crepa in evidenza.

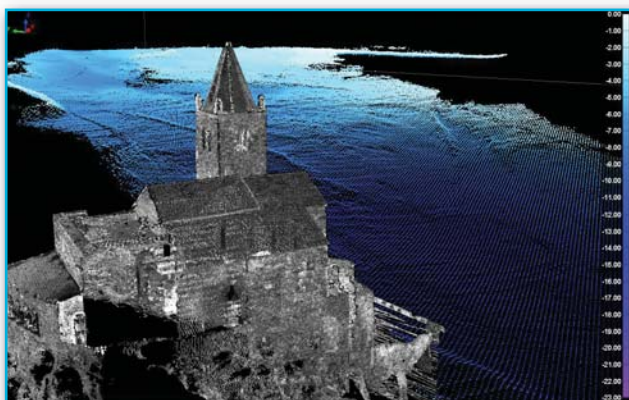


Figure 7 e 8 - Chiesa di San Pietro in PortoVenere - Integrazione dei dati: vista del canale e della fortezza.

Porto Venere, un rilievo ancor più avanzato

Nel frattempo, i sistemi si sono evoluti a tal punto da permettere di integrare *in tempo reale* i dati dei diversi sensori: a Porto Venere (SP) per la prima volta si è sperimentata la nuova tecnica in dinamico, sulla meravigliosa chiesetta gotica di San Pietro.

Laser scanner e multibeam interferometrico hanno lavorato congiuntamente, montati su una lancia della Nave Ammiraglia Magnaghi dell'Istituto Idrografico della Marina, sono stati integrati con una piattaforma inerziale GPS di Applanix.

Quest'ultima aveva il compito di fissare in ogni istante la posizione e i parametri di moto di tutto il sistema. Durante il rilievo, il mare era piuttosto mosso, e questo sensore di moto si è rivelato ottimo nel compensare adeguatamente l'assetto.

Al termine dei lavori, grande soddisfazione: le autorità locali e i rappresentanti dell'UNESCO sono rimasti estremamente impressionati dalle immagini loro fornite. La nuova tecnica ha evidenziato i benefici in termini di tempo e di risorse risparmiate, oltre alla grande qualità dei risultati.

La scheda tecnica: gli strumenti

Osservando da vicino i sistemi usati, è facile capire come tali strumenti rappresentino effettivamente un significativo passo in avanti rispetto ai tradizionali metodi di rilievo.

Il laser scanner Optech ILLIS-3D

La tecnologia laser a scansione si basa sul calcolo del tempo di volo di un impulso laser. Il sistema registra le coordinate XYZ di ogni misura e l'intensità del raggio laser riflesso.

Il nuovo ILLIS di Optech è in grado di acquisire 10.000 punti al secondo, raggiungendo oggetti ben oltre il km su superfici naturali.

L'opzione MC (*Motion Control*) permette l'uso del laser scanner su mezzi in movimento (auto, barche, ecc.); infatti, lo strumento è in grado di restituire dati 3D corretti della componente di moto in modo estremamente accurato. Unito al sistema Applanix POS MV 320, corregge anche l'orientamento e la posizione del sensore, e genera automaticamente una nuvola di punti georiferiti.

A Porto Venere sono stati eseguiti due diversi rilievi laser scanner:

- il primo, bloccando uno specchio e scansionando per linee verticali (in questo caso la risoluzione lungo la traccia è data dalla velocità dell'imbarcazione).
- nel secondo caso, la barca era ancorata di fronte alla facciata rocciosa ed è stato effettuato un rilievo pseudo statico, per migliorare la risoluzione finale (1-2cm) e confrontare la qualità dei dati.

Il Multibeam interferometrico SEA SwathPLUS

Il SEA SWATHplus è un sonar in grado di acquisire porzioni molto ampie di batimetria ad alta risoluzione con una sola passata. Grazie alle sue caratteristiche, SWATHplus è estremamente utile in acque basse (fino a 200 metri con la versione a più bassa frequenza) ed è installabile su piccole imbarcazioni (anche su moto d'acqua).

Ogni singolo punto della nuvola generata dal multibeam interferometrico è rilevato misurando angoli e distanze: le distanze sono calcolate dal tempo di ritorno dell'onda (eco), e l'angolo di provenienza dell'eco viene calcolato dalla differenza di fase dell'eco ricevuto dai 4 piccoli trasduttori equispaziati installati sullo scafo.

Anche lo SwathPLUS è stato connesso alla piattaforma inerziale Applanix per correggere l'orientamento e la posizione di ogni impulso. Il risultato finale è una griglia georiferita di punti XYZ+I, dove I sta per l'intensità di segnale di ritorno che fornisce l'effetto *foto in bianco e nero*.

A Porto Venere è stato usato il trasduttore a più alta frequenza (468 kHz), adatto a monitorare fondali marini profondi da 1 a 50 metri fornendo una risoluzione tra i punti di pochi centimetri.

Piattaforma inerziale Applanix POS MV 320

E' un sistema integrato GPS+IMU:

- L'IMU (*Inertial Measurement Unit*) contiene tre giroscopi e tre accelerometri che misurano l'accelerazione e la velocità angolare, in modo da tener conto di ogni aspetto di movimento dell'imbarcazione: posizione, velocità, altezza, accelerazione, orientamento e rotazione. A Porto Venere, il sistema inerziale ha acquisito alla frequenza di 100Hz per tutta la durata del rilievo.
- La sezione GPS è dotata di due antenne a doppia frequenza (L1/L2). La prima (detta primaria) fornisce la posizione assoluta, tracciando la traiettoria della barca e fornendo la georeferenziazione basilare per la navigazione e per l'acquisizione dei dati, la seconda (detta secondaria) calcola la sua posizione rispetto alla prima per determinare l'*heading* (l'orientamento della prua dell'imbarcazione) che coadiuva l'analogica misura fornita dall'IMU per una maggiore precisione e stabilità del dato.

La correzione differenziale può essere effettuata sia in tempo reale (RTK) che in *post processing*; quest'ultima procedura migliora ed aggiusta dati acquisiti in condizioni non ottimali e fornisce una precisione assoluta di maggior precisione.

La correzione RTK può essere effettuata con una propria stazione base posizionata su un punto noto, oppure utilizzando reti di stazioni base proprietarie o disponibili sul web al fine

di costruirsi una rete di stazioni virtuali con la tecnologia VRS (*Virtual Reference Station*). Questa correzione può far migliorare la posizione assoluta fino a valori subcentimetrici. Per il test di Porto Venere è stata usata una base GPS di proprietà dell'Istituto Idrografico della Marina posta all'interno dell'Arsenale di La Spezia (circa 5km dall'area rilevata). Questa base ha acquisito alla frequenza di 1Hz per tutta la durata del rilievo.

Piattaforma inerziale Coda F180

La piattaforma inerziale usata nei test di Venezia è stata un F180 della Coda Octopus.

Di principio molto simile all'Applanix, fa della compattezza il suo punto di forza.

L'F180 infatti integra i due ricevitori GPS, il sensore di moto ed il processore in una singola unità molto compatta che la rende utile per rapide e frequenti installazioni.

La tecnica vincente: integrare i sistemi per un risultato eccezionale

Sincronizzare gli strumenti

- La piattaforma inerziale va posizionata in modo che sia solida con i movimenti degli altri due sensori (laser scanner e multibeam) per minimizzare gli errori dovuti al moto della barca.
- Il laser scanner viene montato sul lato della barca in modo da scansionare la costa mentre la barca naviga parallelamente ad essa.
- Lo SwathPLUS accoppia direttamente i dati ricevuti dal sistema di posizionamento con i propri, e restituisce in tempo reale una nuvola di punti georiferita ed un'immagine sidescan del fondale. Questo output può essere migliorato sia utilizzando la correzione RTK che in post-elaborazione.

L'integrazione dei dati dei vari strumenti viene effettuata grazie ad un'accurata sincronizzazione temporale degli strumenti. L'orologio di riferimento è quello del GPS (il tempo infatti è una informazione fondamentale del GPS ed è fornita con grandissima precisione). Questo permette ad ogni strumento di impiegare tutto il tempo necessario per il computo dei dati (che sarà variabile a seconda delle condizioni e dello strumento stesso) prima di fornirli al sistema di acquisizione. Importante è che – a prescindere dal momento in cui i dati sono stati calcolati – si sappia con estrema precisione *quando* essi siano stati rilevati, e di conseguenza in quale posizione e con quale assetto dell'imbarcazione.

La sincronia avviene tramite un impulso elettrico molto rapido fornito ogni secondo ai vari strumenti (1PPS – *Pulse Per Second*) al quale fa riferimento una corrispondente stringa seriale in formato NMEA con la descrizione in chiaro del tempo. In questo modo tutti i dati rilevati in uno stesso momento saranno marcati con lo stesso orario.

Calibrare tutto il sistema

Uno dei punti più delicati nel predisporre questi rilievi è la conoscenza della posizione relativa di tutti i sensori che compongono il sistema. Ogni strumento ha infatti un proprio centro strumentale a cui riferire le proprie misure.

Deve quindi essere scelto un centro strumentale che sia unico per tutti i sensori e per questo è necessario applicare degli *offset* sia di posizione (*Lever Arm*) che di orientamento (*Boresight*) in modo da traslare e orientare correttamente tutto il rilievo. Come centro strumentale del sistema, in tutti i lavori descritti, si è fatto riferimento al centro dell'IMU, ma è possibile utilizzare qualsiasi punto, come ad esempio

l'antenna GPS primaria o il trasduttore del multibeam.

Questa operazione di calibrazione è molto delicata ed importante e può generare grossi errori se non condotta con precisione.

Conclusioni

La tecnica fin qui discussa, implementata per la prima volta da Codevintec, ha dato l'opportunità di realizzare modelli digitali del terreno – sia della parte emersa che sommersa – mosaici di dati *backscatter* e di restituire carte tematiche dettagliate. Il tutto con una accuratezza assoluta attorno a 5cm!

E' una metodologia assolutamente innovativa, è quindi difficile intuire tutte le possibili applicazioni. Proviamo ad immaginarne alcune:

- studio delle coste alte (falesie in erosione, ecc.);
- studio dell'erosione delle coste basse;
- progettazione di strutture portuali;
- archeologia;
- valutazione di impatto ambientale della fascia costiera
- vulnerabilità delle coste;
- opere di difesa costiera;
- variazione del livello del mare;
- lineamenti tettonici attivi con potenzialità sismogenetiche;
- sviluppo di frane o canyon sommersi;
- studio delle strutture sedimentarie a costa

I due sistemi – laser scanner e batimetria interferometrica – sono da considerarsi complementari. La fusione delle due tecnologie ha permesso di generare un modello digitale completo ed estremamente accurato delle diverse aree sopra e sotto il livello del mare, cosa impensabile con qualsiasi altra tecnica. **G**

Abstract

An upside down survey: shores and sea bed hi-res 3D digital models

Laser scanning and interferometric bathymetry represent the cutting edge of coastal survey technology and can be very beneficial for mapping complicated waterside areas. The similarity of the data provided by the two systems (point cloud and intensity value) make it easy to integrate the two surveys using PolyWorks commercial software. The final product is a single 3D model made up of bathymetry and topography. Since 2004 Codevintec tested the integration of these two methodologies, carrying out a number of high resolution surveys, generating a complete and accurate digital model of areas both above and below water level, a result inimitable by any other topographical survey method. The 3D-laser scanner was an Optech ILRIS-ER that allows scanning in dynamic from the boat while a SEA SWATHplus-H wide swath sonar system was used to collect underwater topography. A combined GPS and inertial platform (Applanix POS/MV 320) is used to measure position and 3D attitude of the two sensors during the survey.

Autore

CODEVINTEC ITALIANA SRL
tel. +39 02 4830.2175
INFO@CODEVINTEC.IT