

I DATI SATELLITARI AD ALTA RISOLUZIONE GEOMETRICA E RADIOMETRICA PER LE CORRELAZIONI IN ACQUA: POTENZIALITA' E LIMITI

Livio Rossi, Fabio Volpe (*)

(*) Eurimage S.p.A., Via E. D'Onofrio 212, 00155 ROMA, tel 06 406941, fax 06 40694232
e-mail rossi@eurimage.com, volpe@eurimage.com

Riassunto

L'analisi, il monitoraggio e la valutazione dei fondali in acque superficiali con i dati satellitari ottici è sempre stato molto problematico, in quanto la capacità di penetrazione è limitata e in ogni caso circoscritta all'uso delle bande a più alta frequenza, in genere da 0,4 a 0,5 micron. Le immagini tradizionali a media risoluzione, quindi, sia per l'assenza della banda blu naturale (Spot, Irs), sia per la risoluzione geometrica spesso non adeguata (Landsat) non hanno finora dato importanti contributi in progetti a scala locale. I dati satellitari multispettrali ad alta risoluzione (Quickbird, Ikonos), grazie all'alta risoluzione geometrica e radiometrica (11 bit) e alla presenza della banda blu nativa offrono maggiori potenzialità di utilizzo in questo campo, facendo emergere nuove opportunità progettuali nonostante i limiti applicativi.

Abstract

The analysis, monitoring and evaluation of shallow waters with optical satellite data has always been highly problematic, in that penetration is limited and in any case restricted to the higher frequency bands, usually from 0.4 to 0.5 microns. Traditional medium-resolution imagery, therefore, whether from the absence of a natural blue band (Spot, IRS), or from an often inadequate geometrical resolution (Landsat), have so far failed to make significant contributions to projects at local scales. High-resolution multi-spectral data (QuickBird, Ikonos), thanks to their high geometrical and radiometric (11 bit) resolution, and to the presence of a native blue band, offer greater potential in this field, bringing new project opportunities despite operational limits.

Le possibili applicazioni

I dati ottici ad alta risoluzione geometrica e radiometrica, definiti da EU-JRC Very High Resolution (VHR), come Quickbird e Ikonos (da 0,6 a 1 m pixel, 11 bit con 2048 livelli di grigio), grazie anche alla banda del blu nativa consentono, in determinate condizioni ambientali e meteorologiche un'analisi qualitativa dei fondali bassi, sia in mare che in acque interne, in particolare per i seguenti segmenti applicativi:

- sversamenti di idrocarburi sulla costa marina e valutazione degli "spiaggiamenti" di prodotti petroliferi
- analisi di batimetria in prossimità della costa, correlabili con eventuali rilievi in situ
- presenza di sedimenti o inquinamenti in acqua, interrimenti localizzati
- individuazione e mappatura delle zone ad acquicoltura
- contributo all'individuazione della linea di costa e delle opere a mare a grande scala

Sversamenti di idrocarburi sulla costa

L'applicazione è già da considerarsi operativa e di grande utilità in mare aperto, attraverso i dati SAR a medio-bassa risoluzione. A determinate condizioni del mare in pratica, entro un

determinato intervallo del vettore vento gli sversamenti accidentali o deliberati delle petroliere risultano ben evidenti per assenza di back-scattering. L'informazione, per chi ha in carico la gestione dei rischi in mare può essere disponibile anche quasi in tempo reale.

Quando il fenomeno diventa di forte intensità e pericolosità e non solo (ad es. disastri ecologici come Erika, Prestige, Haven, ecc.) una valutazione dei danni sulle spiagge ed il conseguente monitoraggio risulta obbligatorio. In condizioni meteo-marine buone, i dati VHR a colori naturali, anche in data-fusion con il pancromatico per il miglioramento geometrico, consentono un'ottima analisi di dettaglio a grande scala, sia sui bassi fondali che sulle superfici emerse, individuando l'evoluzione nel tempo dei residui petroliferi e catramosi considerando:

- tessitura tipica della disposizione oleosa
- firma spettrale differenziata del target

Limitazioni: l'applicazione è possibile solo su fondali poco profondi e in condizioni di mare non particolarmente mosso; rilievi in situ di taratura possono essere necessari.

Analisi della batimetria

Studi e lavori per l'estrazione di informazioni sulla batimetria da dati telerilevati sono già stati eseguiti sia nel campo della radiazione visibile che nelle microonde (SAR). Mentre nel SAR l'analisi si basa sulle interazioni tra le correnti superficiali e la topografia del fondo marino che produce alterazioni della velocità del movimento ondoso, provocando quindi variazioni locali che influiscono sulle modulazioni nel back-scattering radar, per l'ottico (visibile, e in bassa lunghezza d'onda) la radiazione riflessa dal fondo è attenuata dagli effetti della colonna d'acqua sovrastante.

I dati VHR, soprattutto grazie all'alta risoluzione radiometrica consentono ottime valutazioni qualitative (quantitative per classi di profondità, sempre da correlare con rilievi diretti) per la definizione di iso-livelli di profondità. I dati Quickbird in fusione, per esempio, pur teoricamente inserendo elementi di disturbo per il contributo potenzialmente negativo dell'infrarosso vicino (il pan arriva a 0,9 micron), grazie alla maggiore definizione geometrica e radiometrica compensano la minore penetrazione dell'infrarosso aumentando ulteriormente la definizione dei fondali bassi. L'attenuazione della risposta può essere correlata con la profondità della colonna d'acqua, tenendo però sempre in considerazione:

- la composizione fisico-chimica delle acque
- la tipologia del fondo (sabbia, roccia, presenza di posidonia, ecc.)
- le condizioni meteo-climatiche

Limitazioni: l'applicazione è possibile in condizioni meteo-marine buone e in assenza di forti correnti con trasporto di sedimenti. Informazioni localizzate sulla tipologia del fondale sono altresì sempre necessarie, così come misure in situ di riferimento.



Fig.1 Quickbird, colori naturali, laguna di Venezia: differenziazione di aree di emergenza sabbiosa, reti da pesca, canali di deflusso e piste di navigazione.

2) Presenza di sedimenti o di inquinamenti diffusi

Anche in questo caso numerosi sono i progetti di monitoraggio su aree sensibili fin ora effettuati con dati telerilevati ottici (il SAR non è ovviamente applicabile in questo caso). Gli obiettivi sono quelli di valutare l'influenza delle attività antropiche sull'ecosistema marino o terracqueo, cercando di individuare eventuali possibili alterazioni permanenti a cui porre rimedio. Uno dei problemi più comunemente riscontrati è la difficoltà con i dati ottici a bassa e media risoluzione di distinguere tra fenomeni di trasporto di sedimenti o di trasporto solido con quelli di dispersione di inquinanti generici. La mancanza infatti di fonti di inquinamento, localizzabili ed evidenti o di campioni prelevati in situ non agevola tale applicazione. Particolarmente buona è stata però in tempi recenti l'individuazione di mucillaggine in mare, a causa della peculiare struttura e disposizione geometrica del fenomeno; inoltre i dati ottici a medio-bassa risoluzione appaiono di grande utilità per le possibilità di monitoraggio continuo, frequente e su estese superfici.

A scala locale, i dati multispettrali VHR consentono, grazie alla possibilità di estrazione tematica fino a scala 1:1.500 (Ikonos) e 1:1.000 (Quickbird) di individuare manufatti e fenomeni naturali (localizzati e al tempo desiderato) non visualizzabili altrimenti, se non con rilievi diretti (dove è possibile) o con voli aerei specifici e dedicati (costosi). Selezionando dati VHR, acquisibili con poligoni e finestre temporali ad hoc, si ottiene anche una base localizzata e ricca di informazioni per le dovute spazializzazioni con altri dati ottici ad ampia apertura, come Spot, Landsat, IRS P6, Meris, Modis, ecc. Le immagini VHR 321 appaiono inoltre particolarmente adatte per valutare fenomeni di interrimento (costa, laghi, sbarramenti artificiali) e movimenti del fondale costiero, sempre a grande scala e sempre lavorando sull'intrinseco e ampio range radiometrico.

Anche in questo caso occorre tenere in considerazione:

- le condizioni meteo-marine
- la concentrazione di clorofilla
- la distribuzione della vegetazione del fondale

- variazioni della copertura del suolo costiera (o in prossimità del corpo idrico) con conseguente differente contributo di trasporto solido

Limitazioni: a causa delle limitazioni spettrali, se non si riesce a determinare fonti certe e localizzate non è facile distinguere il trasporto di sedimenti da eventuali inquinanti. Non è sempre agevole ottenere la perfetta collimazione temporale tra i rilievi in situ e l'acquisizione dei dati VHR.

3) Individuazione zone di acquicoltura:

I progetti per l'individuazione la mappatura e il monitoraggio delle aree ad acquicoltura sono sempre stati portati avanti con l'ausilio del telerilevamento, soprattutto in aree dove vi è grande sviluppo estensivo, come sulle coste asiatiche. Sia i dati ottici tradizionali, ma anche quelli SAR selezionati con angoli e polarizzazioni differenziati sono le fonti informative più frequentemente utilizzate. Nei paesi mediterranei, dove il fenomeno è sicuramente diffuso in modo capillare ma con estensioni molto più limitate, i dati VHR, per le già dette motivazioni tecniche, consentono una buona facilità di individuazione e monitoraggio a grande scala, anche con possibilità di definizione tematica delle varie tipologie di coltivazione. Questo grazie non solo alla penetrazione in acqua ma anche per le capacità di analisi al contesto che mettono in evidenza le attività antropiche tipiche. Buona appare la distinzione, infatti, tra le varie coltivazioni di molluschi e le vasche di piscicoltura intensive. Sfruttando infatti le elevate potenzialità radiometriche è possibile modificare il contrasto dell'immagine su range radiometrici ridotti all'interno del target. Anche in questo caso, particolare attenzione dovrà essere posta per poter valutare a priori:

- la torbidità delle acque (comp. fisico-chimiche)
- la tipologia del fondo ed eventuali correnti
- le condizioni meteo-climatiche

Limitazioni: non sempre le acquisizioni programmate danno il risultato ottimale al primo tentativo, a causa dell'imponderabilità delle condizioni di vento e mare. Ovviamente, più le zone di coltivazione sono in aree riparate, meno tale problema si avverte. L'inclinazione solare, derivata dal periodo dell'anno prescelto e dall'angolo di vista del sensore, influisce notevolmente sui risultati raggiungibili.



Fig.2 Quickbird, delta del Po: il processing dell'immagine evidenzia il canale di navigazione centrale e la parcellizzazione delle vasche di acquicoltura

4) Individuazione e monitoraggio della linea di costa

Negli ultimi anni si è riscontrata una notevole variabilità della linea di costa per erosioni e accrescimenti localizzati, soprattutto a causa di forti variazioni di trasposto solido idrico (sbarramenti e regimazioni) e della presenza discontinua e spesso non pianificata di opere a mare (pennelli, barriere, ecc.). E' quindi aumentata la necessità di cartografare e monitorare a diversa scala le linee di costa, sia d'Italia che dei paesi europei. Dati ottici a media risoluzione (soprattutto Spot 4,5 pan) hanno finora fornito, unitamente a voli aerei ed ortofoto, le basi informative, sia a livello nazionale che regionale, per poter aggiornare e modificare, sia dal punto vista tematico che cartografico, la linea costiera e le condizioni ambientali al contorno. I problemi di risoluzione geometrica o di scarsa leggibilità di limiti non sempre ben definiti, attraverso dati analogici, ha portato alla diffusa mancanza del tematismo in questione a scala regionale/locale. Infatti, anche le CTR esistenti 1:10.000 in genere non rispondono a tale requisito.

La grande potenzialità di discernimento tematico offerta dai dati VHR (Quickbird, data la risoluzione a 0,6m è senz'altro il preferito) consente un deciso miglioramento nell'individuazione del target "posizione linea di costa", da sempre considerato come non univoco, data anche la variabilità intrinseca derivata dal momento di acquisizione del dato (marea) e dall'intensità dei moti ondosi verificatisi in precedenza.

Le acquisizioni satellitari, sempre elio-sincrone (stessa ora in tarda mattinata: 10,30 a.m. circa) se confortate da una stagione meteo-marina pregressa più o meno omogenea, consentono quindi un'approssimazione sempre più precisa al target, anche a scala locale. Unitamente all'identificazione della linea di costa è inoltre possibile e funzionale all'indice di rischio di erosione monitorare lo stato della vegetazione sommersa, in quanto la stessa contribuisce a modellare e a stabilizzare le coste sabbiose attraverso l'attenuazione del moto ondoso e l'accumulo dei sedimenti. Tale analisi risulta possibile, con le dovute precauzioni e verifiche in situ, con le immagini VHR in fusione e le bande del visibile a più alta frequenza. Ottima e senza problemi appare la mappatura delle opere a mare sia emerse che sommerse su fondali medio-bassi

Anche in questa applicazione occorre sempre tenere conto di:

- moto ondoso, sia coevo che pregresso all'acquisizione dei dati
- presenza di opere a mare poggiate su fondali profondi
- inclinazione del sensore su aree costiere rocciose e le ombre conseguenti

Limitazioni: anche in questo caso non sempre le acquisizioni programmate danno il risultato ottimale al primo tentativo, a causa dell'imponderabilità delle condizioni di vento e mare. Nelle zone ad alto gradiente di spessore sabbioso acquisizioni multitemporali potrebbero essere necessarie per mediare le differenze stagionali.



Fig.3 Quickbird, Calabria 321 colori naturali: identificazione di opere a mare semi-sommerse

Conclusioni

L'importanza sempre più crescente della conoscenza delle interazioni e delle modificazioni del sistema acqua-terra, sia a livello eco-sistemico che di protezione civile, soprattutto a causa della continua e crescente pressione antropica in queste aree, impone l'utilizzo integrato di tutti gli strumenti conoscitivi e informativi esistenti e disponibili sul mercato. I dati satellitari multispettrali VHR si propongono a buon diritto come strumenti ad alto potenziale informativo (geometria e radiometria) per l'analisi tematico-cartografica della fascia costiera e delle acque interne. I dati, acquisibili per aree o poligoni di interesse, sono disponibili e programmabili ovunque, senza restrizioni e limitazioni geografiche o politiche.