

Dati iperspettrali da satellite per la stima della qualità dell'acqua: il lago di Garda come area test di una metodologia applicata in acque costiere australiane

Gabriele Candiani, Vittorio E. Brando, Arnold G. Dekker, Claudia Giardino

Ante Scriptum - *È con profonda tristezza che comuniciamo la scomparsa del nostro amico e collega Eugenio Zilioli, mancato alla fine del 2004. Primo ricercatore e responsabile della sezione di Milano del CNR-IREA Eugenio Zilioli ha fatto un grande lavoro nella co-operazione internazionale volta alle applicazioni del telerilevamento per le acque dei laghi. Chiunque lo abbia conosciuto ha avuto modo di apprezzare non solo le sue doti professionali ma anche la sua profonda umanità.*

Introduzione

Il sensore Hypoerion montato a bordo del satellite Earth Observing One (EO-1), è il primo strumento iperspettrale su piattaforma satellitare: il sistema consiste di 220 bande spettrali, da 0.4 a 2.5 μm , con una risoluzione spaziale di 30 m. In questo lavoro i dati Hyperion vengono valutati per la stima del contenuto di clorofilla e tripton (particelle non-viventi fluttuanti in acqua) nelle acque superficiali del lago di Garda, il più grande invaso naturale italiano. L'approccio utilizzato per mappare le concentrazioni di clorofilla e tripton ha richiesto l'inversione diretta di un modello bio-ottico mediante il Metodo di Inversione Matriciale (MIM) proposto da Brando e Dekker (2003). Nel loro studio i dati Hyperion sono stati analizzati per mappare i parametri di qualità (clorofilla, tripton e sostanze gialle) nelle acque di Deception Bay (Queensland, Australia).

La calibrazione del modello bio-ottico delle acque del Garda, così come la mappatura dei parametri di qualità dell'acqua, è stata portata a termine nell'ambito delle attività di co-operazione che coinvolgono il gruppo di telerilevamento ottico del CNR-IREA (Sezione di Milano), il gruppo di telerilevamento ambientale dell'Unità Land and Water del CSIRO di Canberra e, parzialmente, il Dip.to di Limnologia dell'Università di Uppsala in Svezia. Dal 2000 tra CNR-IREA e CSIRO-Land and Water intercorrono infatti delle attività di collaborazione sulle tematiche del telerilevamento acquatico. Questa collaborazione è stata inizialmente supportata dall'Ufficio dell'Addetto Scientifico dell'Ambasciata italiana a Canberra e dall'Agenzia Spaziale Italiana (Giardino and Sasanelli, 2002). Al momento la co-operazione è finanziata dall'accordo CNR/CSIRO Agreement (Progetto 2004-2006) e dalla Regione Lombardia attraverso il bando di una borsa di studio per giovane ricercatore.

Area di studio

Il lago di Garda, con i suoi 368 km² di estensione superficiale e 49 km³ di invaso rappresenta una risorsa ambientale di estrema importanza per svariati scopi, dall'irrigazione, alla navigazione all'approvvigionamento d'acqua ad uso potabile. In questi ultimi anni però la qualità delle sue acque, unitamente alla crescita della vegetazione sommersa, soprattutto nella porzione meridionale del bacino, sono divenuti problemi sempre più significativi, specialmente nel periodo estivo. Per queste ragioni il lago necessita di un'estesa e continua gestione della qualità delle acque, atta ad evitare il progressivo deterioramento delle stesse che comprometterebbe lo sfruttamento per usi potabili e irrigui.

Materiali e metodi

Come precedentemente pubblicato in questo Bollettino (Brando and Giardino, 2003), il giorno 22 luglio 2003 il sensore Hyperion ha acquisito una strisciata lunga 40 km e larga 7.5 km su una porzione del lago di Garda. Durante il passaggio satellitare si è svolta una campagna di misure in situ volta alla raccolta dei dati necessari per validare il dato Hyperion, i prodotti da essi stimati nonché per migliorare la parametrizzazione del modello bio-ottico.

Allo scopo di aumentare il rapporto segnale/rumore, l'immagine Hyperion è stata pre-elaborata con un filtro passa-basso di dimensioni 5x5. Mediante il codice c-WOMBAT-c (Brando and Dekker, 2003), i dati sono stati successivamente corretti dal disturbo atmosferico e dagli effetti di cui risente la radiazione elettromagnetica all'interfaccia aria/acqua e trasformati così in valori di subsurface irradiance reflectance $R(0^-)$. c-WOMBAT-c è stato eseguito con misure reali di visibilità stimate per mezzo di osservazioni al fotometro solare condotte in concomitanza al passaggio del satellite.

L'immagine corretta atmosfericamente è stata geo-referenziata secondo un sistema di riferimento geografico e i valori di $R(0^-)$ sono stati confrontati con le misure della stessa grandezza eseguite in situ. La chiusura ottica è risultata buona tra 490 e 610 nm mentre, nelle lunghezze d'onda del blu e del vicino infrarosso, i dati immagine apparivano rispettivamente sotto- e sopra-stimati. Le sovra-stime potrebbero essere dovute alle componenti radiative di riflessione speculare, mentre le sotto-stime nel blu ad errori nella correzione atmosferica imputabili in parte alla morfologia del lago e dei monti che lo circondano.

Il modello bio-ottico utilizzato in questo studio è un tipico modello di acque di Caso-2 (es. Pierson and Strömbeck, 2001) che calcola la subsurface irradiance reflectance $R(0^-)$ spettrale a partire dalle concentrazioni dei parametri di qualità dell'acqua, concentrazioni di clorofilla, tripton e sostanze gialle e dai parametri ottici calcolati mediante il modello HYDROLIGHT (Mobley and Sundman, 2001). La calibrazione del modello descritta in Strömbeck et al. (2003) è stata integrata con un dataset raccolto il 22 luglio in concomitanza al passaggio Hyperion. Per valutare le simulazioni dirette del modello bio-ottico le stime di $R(0^-)$, fornite dal modello a partire dalle concentrazioni dei parametri di qualità dell'acqua misurati in situ, sono state confrontate con i valori di $R(0^-)$ misurati in situ nelle stesse stazioni di campionamenti dei parametri limnologici. Non avendo per il 22 luglio misure di sostanze gialle si è assunto per le stesse un valore costante (0.02 m^{-1}).

Risultati

La Fig. 1 illustra le due mappe dei parametri di qualità dell'acqua derivati dall'immagine Hyperion del 22 luglio 2003. La mappa di clorofilla mostra valori più bassi nelle zone meridionali e valori più alti a nord, viceversa la concentrazione di tripton sembra maggiore nelle acque più a sud.

Allo scopo di valutare i valori delle concentrazioni stimate da satellite è stato utilizzato un transetto di fluorescenza e torbidità lungo 20 km. I dati di fluorescenza e torbidità sono stati campionati mediante un sistema di pompaggio in continuo, denominato Fluorescence And Turbidity Analyser (FATA, descritto anche nel presente Bollettino, marzo 2003, sezione "News", p. 124), montato a bordo di un natante di 6 m che ha viaggiato ad una velocità di crociera di circa 12 nodi. I dati FATA sono stati trasformati in transetti di clorofilla e tripton grazie alla analisi dei campioni d'acqua prelevati in 6 soste eseguite lungo il percorso. Le misure in continuo sono state confrontate con le concentrazioni di clorofilla e tripton ottenute da Hyperion. Per la

valutazione sono state in particolare utilizzate 125 coppie di dati in situ e da satellite. La variazione spaziale della clorofilla è risultata in accordo con le osservazioni in situ (R^2 di 0.84), anche se i dati-immagine sembrano amplificare le variazioni di concentrazione rispetto ai dati di campo. Anche per quanto riguarda il tripton, le stime da satellite erano in accordo ai dati a terra (R^2 di 0.78) anche se in questo caso l'appiattimento dei dati FATA rispetto al trend di Hyperion era ancora più evidente. Per approfondire i materiali, i metodi e i risultati presentati brevemente in questo lavoro si rimanda *Giardino et al.* (inviato per pubblicazione).

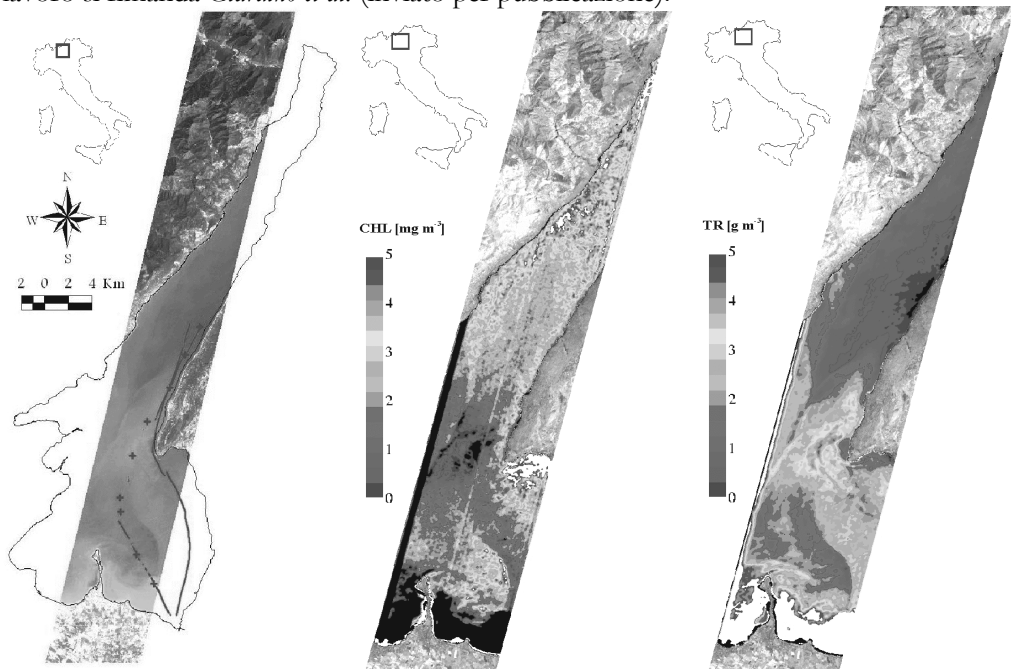


Fig. 1 – Da sinistra a destra: l'area di studio col transetto FATA percorso il 22 luglio 2003, la mappa di clorofilla ottenuta con il MIM, la mappa di tripton.

Bibliografia

- Brando V. E. and Dekker A. G., 2003, Satellite hyperspectral remote sensing for estimating estuarine and coastal water quality, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, 1378-1387.
- Brando V. E., Giardino C., 2003, Employing satellite data to monitor water quality in Lake Garda, *Bollettino della Comunità Scientifica in Australasia*, eds. Ufficio dell'Addetto Scientifico, Ambasciata d'Italia Canberra, December, 2003, pp. 28-33.
- Giardino C., Sasanelli N., 2002, Science and Technology Cooperation on the theme of remote sensing as applied to oceanography. *Bollettino della Comunità Scientifica in Australasia*, eds. Ufficio dell'Addetto Scientifico, Ambasciata d'Italia Canberra, December, 2002, pp. 41-44.
- Giardino C., Strömbeck N., Brando V. E., Candiani G., Dekker A. G., Assessment of chlorophyll and tripton concentrations in Lake Garda (Italy) using Hyperion data. *Remote Sensing of Environment*, submitted.
- Mobley C. D. and Sundman L. K., 2001, *HYDROLIGHT 4.2, Users' Guide*. Sequoia Scientific, Redmond.
- Pierson D. C. and Strömbeck N., 2001, Estimation of radiance reflectance and the concentrations of optically active substances in Lake Malaren, Sweden, based on direct and inverse solutions of a simple model, *the Science of the Total Environment*, Vol., 268, 171-188.

Strömbeck N., Candiani G., Giardino C. and Zilioli E., 2003, Water quality monitoring of Lake Garda using multi-temporal MERIS data. MERIS Users Workshop, Frascati, Italy, 10-13 November 2003, CD-ROM ISBN 92-9092-860-3 ESA.

Gabriele Candiani

Optical Remote Sensing Group, CNR-IREA,
Milan, Italy

Email: candiani.g@irea.cnr.it

Dr Vittorio E. Brando

Environmental Remote Sensing Group,
CSIRO-Land and Water, Canberra, Australia

Email: vittorio.brande@csiro.au

Dr Arnold G. Dekker

Environmental Remote Sensing Group,
CSIRO-Land and Water, Canberra, Australia

Email: arnold.dekker@csiro.au

Dr Claudia Giardino

Optical Remote Sensing Group, CNR-IREA,
Milan, Italy

Email: giardino.c@irea.cnr.it