

TECNICHE PER L'ESTRAZIONE DELLA LINEA DI COSTA DA IMMAGINI VHR: CONFRONTI E VERIFICHE

Valerio BAIOCCHI (*), Filippo DEL GUZZO (**), Donatella DOMINICI (**), Ketì LELO (*),
Angelica MICCOLI (**)

(*) Area Geodesia e Geomatica, DITS, "Sapienza" Università di Roma, Via Eudossiana, 18 00184 - Roma
tel +390644585068, fax+390644585515, e-mail, valerio.baiocchi@uniroma1.it

(**) Università degli Studi di L'Aquila, Dipartimento di Architettura ed Urbanistica – 67040 Monteluco di Roio
tel +39 0862434118, e-mail: dominici@dau.ing.univaq.it

Riassunto

Il progetto illustrato in questo contributo è condotto dall'Università degli Studi di L'Aquila, Dipartimento di Architettura ed Urbanistica, e l'Università degli studi Sapienza di Roma, Dipartimento Idraulica Trasporti e Strade.

L'obiettivo primario è di implementare e confrontare metodologie di estrazione delle linee di costa da immagini satellitari ottici ad altissima risoluzione (VHR).

Un'immagine QuickBird multispettrale dell'area costiera della città di Pescara, risalente a Dicembre 2006, è stata utilizzata per estrarre 15 km circa di linea di costa in formato vettoriale utilizzando due differenti metodologie e software.

Il progetto, in corso dal 2007, ha già ottenuto dei risultati per quanto riguarda la rigorosa ortorettificazione dell'immagine satellitare e l'implementazione di algoritmi per l'estrazione della linea di costa utilizzando approcci *object-oriented* messi a punto con il software Definiens Professional. Alcuni di questi sono stati oggetto di precedenti comunicazioni ASITA. Attualmente, gli sforzi si sono concentrati nell'utilizzo dei più "classici" approcci *pixel based*, con lo scopo di valutare dal punto di vista dell'accuratezza, e a livello di costi-benefici, il metodo migliore per l'estrazione semi automatica delle linee di costa.

Abstract

The project illustrated in this paper is conducted by the Università degli Studi di L'Aquila, Dipartimento di Architettura ed Urbanistica, and the Università degli studi La Sapienza, Dipartimento Idraulica Trasporti e Strade.

The primary objective of this project is to implement and compare methodologies for extracting coastal lines from VHR optical satellite images.

A Multispectral QuickBird image of December 2006 of the city of Pescara is used to generate a vectorial coastal line of 15 km using two different methodologies and software.

The project has already reached an advanced phase of development. Previously, the satellite image was orthorectified using GCP-s, and algorithms were implemented for the extraction of the coastal line using an object oriented methodology based on the software Definiens Professional. Some of the preliminary results were published in previous workshops. Actually the focus is given to pixel based methodologies in order to establish the best practice for an accurate and coast-effective workflow for coastline delineation.

Introduzione

L'immagine multispettrale QuickBird dell'area costiera della città di Pescara, risalente a Dicembre 2006, è stata sottoposta inizialmente elaborazioni basate sull'approccio *object-oriented* per l'estrazione della linea di costa. Questo metodo di classificazione, implementato nel software

Definiens Professional 5.0, rappresenta una evoluzione concettuale rispetto al classico approccio *pixel based*. Si tratta infatti di un metodo che prevede la preventiva suddivisione dell'immagine in gruppi di pixel con caratteristiche spettrali e di forma omogenee, attraverso una procedura nominata segmentazione. La corretta scelta dei parametri di segmentazione, strettamente legata all'obiettivo dello studio, ha portato soddisfacenti risultati della classificazione. Con tale tecnica si sono ottenuti risultati molto incoraggianti soprattutto dal punto di vista dello studio dell'andamento della linea della costa basato su monitoraggi periodici (Baiocchi *et al*, 2007).

L'obiettivo nella fase attuale del progetto è stato quello di valutare se le tecniche classiche basate sull'approccio per pixel implementate nel software ENVI, restituiscono risultati congruenti a quelli ottenuti con le più moderne tecniche object-oriented implementate nel software Definiens Professional 5.0. In ambedue i casi il prodotto finale riguarda l'estrazione di una linea di costa in formato vettoriale. La sovrapposizione tra gli elaborati ottenuti con le diverse tecniche consente di verificare differenze e scostamenti.

Lo scopo finale è quello di definire una metodologia funzionale standardizzata, efficiente in termini di tempi e costi, che possa essere utilizzata in periodi successivi per produrre linee di costa in formato vettoriale. Trattandosi di una fase ancora sperimentale volta all'ottimizzazione del lavoro di estrazione della linea di costa per quanto riguarda la metodologia e l'utilizzo del software, non sono state prese in considerazione le problematiche dovute all'effetto di marea, che saranno implementate quando definizioni univoche saranno stabilite, apportando le necessarie correzioni.

Metodologia

I metodi di estrazione della linea di costa adottati comprendono ambedue le seguenti fasi:

1. Inizializzazione: la definizione dei criteri da utilizzare la distinzione terra-mare;
2. Localizzazione: la definizione dei parametri che definiscono la distinzione terra-mare;
3. Individuazione della linea di costa: i parametri di input sono definiti sulla base delle precedenti fasi di localizzazione.
4. Estrazione della linea di costa: in questa fase viene effettuata la definitiva selezione e pulizia dell'oggetto "linea di costa" e i risultati sono esportati in formato vettoriale.

Per quanto riguarda i dettagli tecnici delle procedure di ortorettificazione delle immagini e di estrazione della linea di costa attraverso l'approccio object-oriented, rimandiamo ai contributi già pubblicati in precedenti interventi ASITA (Baiocchi *et al*, 2006, Baiocchi *et al*, 2007). Per completezza di esposizione riassumiamo comunque alcuni aspetti salienti.

Per l'ortorettificazione dell'immagine Quickbird standard (risoluzione di 0.61 m pancromatico e 2.44 multispettrale) è stato utilizzato un modello fotogrammetrico rigoroso (modello di Toutin sviluppato all'interno di PCI). L'accuratezza ottenuta di 3-4 metri è giudicata compatibile con il fenomeno in studio a causa della variabilità per case naturali ed antropiche.

La procedura di estrazione ha invece fatto leva in primis sulla definizione dei parametri ottimali di segmentazione. Per l'area in studio sono state verificati differenti livelli di segmentazione per valutare la soluzione più adatta. La zona di transizione mare/terra è caratterizzata da oggetti paralleli di forma allungata. In base a ripetuti tentativi si è osservato che un valore di 30 per lo *scale parameter* è appropriato utilizzando l'area di passaggio terra/mare come *acid test*. Una volta che i parametri di segmentazione sono stati definiti, evitando sopra o sotto segmentazioni, la procedura di estrazione della linea di costa è stata verificata attraverso due approcci differenti: individuazione della linea di passaggio terra/mare attraverso una classificazione multirisoluzione delle immagini preventivamente segmentate; selezione diretta degli oggetti ottenuti applicando dei criteri descrittivi di forma. Il primo è stato ritenuto il più idoneo. Benchè la linea di costa sia l'unica *feature* di interesse, una classificazione *supervised* è stata effettuata sull'intera immagine, dopo un'attenta selezione dei *training sets* e la determinazione di opportune caratteristiche spaziali degli oggetti. Un algoritmo *Nearest neighbour* standard da come risultato le seguenti classi: acqua limpida, acqua torbida, linea di costa, sabbia, zona edificata, suolo spoglio (Cfr. Fig.1). Una campagna di controllo a terra non è stata

eseguita ma il confronto con l'immagine Quickbird mostra un soddisfacente accordo per quello che riguarda la linea di costa.



Figura 1- Parte dell'area di studio dopo la classificazione multirisoluzione. La parte centrale è occupata dal porto di Pescara. La striscia rossa rappresenta la battigia (sabbia bagnata)

La linea di costa è stata estratta unendo gli oggetti classificati come battigia e creando una polilinea mediante le funzioni di scheletrizzazione (la funzione di scheletrizzazione implementata all'interno di Definiens si basa sulla triangolazione di Delaunay dei poligoni) (Cfr. Fig.2).



Figura 2 – Estrazione della linea di costa con l'approccio object-oriented

Per quanto riguarda l'accuratezza, nonostante la rigorosa ortorettificazione delle immagini Quickbird, valutata come inferiore a 4 metri, rimane sempre l'ambiguità nell'esatta posizione della linea di costa. L'ora di osservazione, in funzione dell'effetto di marea, costituisce per esempio, una delle cause di

indeterminazione sull'individuazione della linea di costa. Nel nostro caso, l'intera fascia di battigia, che nell'area di studio con costa sabbiosa oscilla tra 8 e 17 metri, è stata assunta come area "sensibile" all'interno della quale è stata tracciata la linea di costa mediante la triangolazione di Delaunay.

L'approccio per pixel è stato invece basato sull'utilizzo dell'Indice di vegetazione normalizzato (NDVI) in ambiente ENVI.

Gli indici di vegetazione VI (*vegetation indexes*) costituiscono un caso specifico di algebra di bande e vengono usati per estrarre informazioni quali caratteristiche di produttività, biomassa, identificazione della copertura vegetale e stato di salute. Vegetazione rigogliosa riflette fortemente nell'infrarosso vicino ($\sim 0.8 - 1 \mu m$) il 40-50% dell'energia incidente ed assorbe circa l'80-90% nella regione del rosso visibile ($\sim 0.6 - 0.7 \mu m$).

Tra gli indici di vegetazione disponibili si è scelto di utilizzare quello normalizzato o **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**. Questo indice viene preferito a quello definito dal semplice rapporto tra le bande NIR ed R poiché non risulta affetto dai valori assoluti dei pixel nell'infrarosso vicino e nel rosso in quanto calcola la differenza normalizzata tra i valori di BV della banda dell'infrarosso vicino (*NIR*, regione di forte assorbimento della clorofilla) e quelli della banda del rosso (*R*, regione di forte riflettanza dello strato vegetativo).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Inoltre la presenza della somma e della differenza rende l'NDVI utile per tutti quegli studi che riguardano i cambiamenti temporali che si sono verificati nella vegetazione di una zona.

In linea teorica, l'NDVI può assumere valori compresi tra -1 e 1. In pratica l'intervallo si colloca tra +0.7 che evidenzia vegetazione molto densa e latifoglie e -0.4 che invece caratterizza soprattutto i corpi d'acqua. Valori compresi tra 0.3 e 0.4 sono tipici delle formazioni prative, mentre i suoli nudi assumono valori prossimi a 0. I rimboschimenti ad aghifoglie assumono valori pari a circa 0.5. Solo vegetazioni molto dense arrivano a 0.8. E' quindi anche un indice di biomassa vegetale. Rende possibile l'identificazione di strutture sepolte che favoriscono o inibiscono lo sviluppo delle piante. Lungo antichi solchi, dove l'acqua ristagna nel suolo, l'erba sarà più folta, mentre meno sviluppata sarà se le sue radici incontrano dei muri o dei pavimenti.

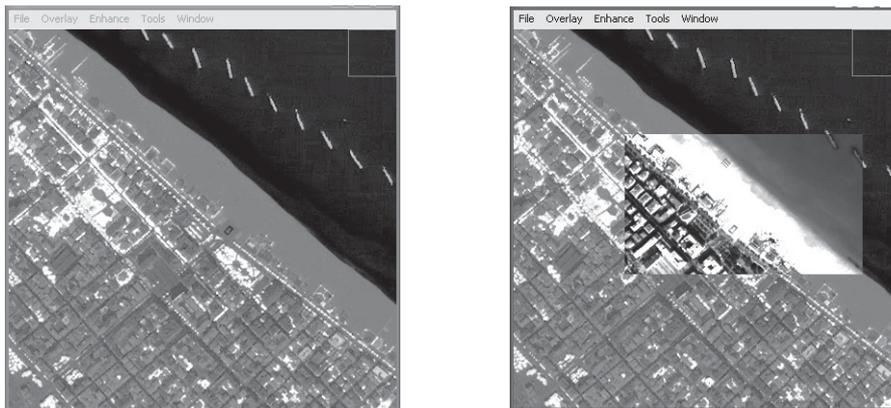


Figura 3 - Nell'immagine di sinistra è riportata la mappa dell'indice di vegetazione normalizzato NDVI, mentre l'immagine di destra mostra l'applicazione dell'opzione Dynamic Overlays tra l'immagine RGB e quella con l'NDVI

L'indice di vegetazione normalizzato è stato applicato all'immagine QuickBird a disposizione ottenendo una nuova immagine dove i valori di ciascun pixel risultano compresi nell'intervallo (-1; 1) così come ricordato in precedenza. Il per la definizione della probabile linea di costa è necessario che siano evidenziate in modo automatico tutte le zone dove è presente acqua: in questo caso dovrà essere tracciata una linea che identifica la separazione tra la sabbia della spiaggia ed il mare.

Per poter evidenziare meglio la collocazione della presunta linea di costa e per il suo tracciamento, si è utilizzato lo strumento Contour Lines che consente la generazione di linee di contorno dell'immagine visualizzata stabilendo a priori gli intervalli dei valori dei pixel per il tracciamento delle suddette linee. In particolare è stato indicato il solo intervallo (-0,38; -0.4) in modo da ottenere linee che evidenziassero principalmente i corpi d'acqua. Le features ottenute sono state esportate nel formato shape file in modo da procedere all'eliminazione di tutte quelle linee che non risultano utili al presente lavoro. Con questo comando è inoltre possibile sovrapporre le linee di contorno di un'immagine su differenti immagini. Di seguito è riportata l'immagine caricata in veri colori (RGB) su cui sono riportate le linee di contorno dell'immagine NDVI ed è così possibile notare sull'immagine originale l'andamento dell'indice di vegetazione.

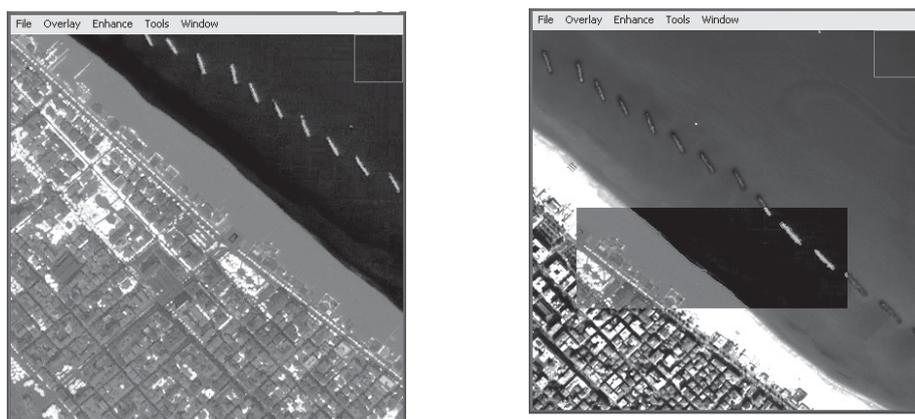


Figura 4 - L'immagine di sinistra mostra la mappa dell'NDVI su cui si è utilizzato il comando Contour Lines, mentre a destra è riportata l'immagine RGB a cui si è sovrapposta la precedente immagine

Conclusioni

Il confronto tra le metodologie sopra esposte è scaturito dalla necessità di valutare i risultati dell'impiego di tecniche classiche, oramai consolidate da tempo, e implementate in quasi tutti i software di RS commerciali, rispetto ai risultati ottenuti attraverso l'utilizzo di un prodotto "di nicchia" quale il software Definiens Professional.

L'approccio *object oriented* ha dimostrato ottimi risultati nella messa a punto di una metodologia che garantisce la rapida e facile individuazione delle linee di costa in zone caratterizzate da coste basse e sabbiose.

I risultati ottenuti attraverso l'utilizzo dell'indice NDVI hanno dimostrato che è possibile ottenere punti d'arrivo abbastanza simili utilizzando applicativi diversi, nonostante la necessità di indagare ulteriormente sui parametri ottimali da applicare, soprattutto in fase di estrazione. Si tratta comunque di un risultato positivo dato che, come è noto, il mercato offre numerosi pacchetti software, ma le scelte dei tecnici sono fortemente condizionate dalle funzionalità e costi degli stessi. Dal confronto dei risultati conseguiti con i due diversi approcci, si può notare che le linee di costa ottenute presentano una sovrapponibilità all'interno del range definito dalle dimensioni della battigia (Cfr. Fig 5).

Come già accennato, i risultati ottenuti non possono essere correttamente stimati in quanto le correzioni dovute all'effetto di marea non sono a tutt'ora disponibili; dati ancillari climatologici e batimetrici sono quindi necessari per sviluppare il modello in maniera più accurata. Comunque l'obiettivo di mappare zone costiere con le immagini ad alta risoluzione può essere efficientemente implementato in termini produttivi.

L'utilizzo di tecniche implementate nei software più diffusi con costi di gestione più bassi può risultare particolarmente vantaggioso per le pubbliche amministrazioni.

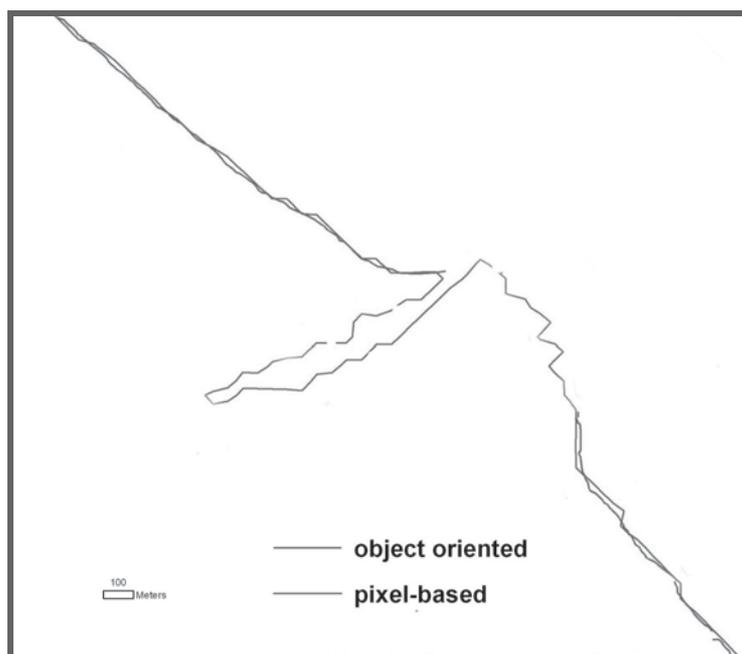


Figura 5 - Confronto tra le linee di costa estratte con le tecniche implementate in ENVI e quelle implementate in Definiens Professional

Bibliografia

- Baatz, M. and A., Schäpe 2000 . Multiresolution segmentation: An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII* (J. Strobl and T. Blaschke, editors), Wichmann, Heidelberg: pp. 12–23.
- Baiocchi V., Crespi M., De Vendictis L., Giannone F., 2004. *A new rigorous model for the orthorectification of synchronous and asynchronous high resolution imagery*. Proc. of the 24th EARSeL Symposium, Dubrovnik (Croatia): pp. 461-468
- Breiman, L., J.H. Friedman, R.A. Olshen, and C.J. Stone, 1984. *Classification and Regression Trees*, Chapman & Hall, CRC Press, New York.
- Bezdek, J. and Pal, S. 1992 . *Fuzzy Models for Pattern Recognition, Methods that Search for Structures in Data*. IEEE Press, New York.
- Carleer; Debeir O.; Wolff E. 2004. Comparison of very high spatial resolution satellite image segmentations, *Proceedings of SPIE Image and Signal Processing for Remote Sensing IX*, Vol. 5238, ed. Lorenzo Buzzzone: pp. 532-542.
- Chubey, M.S.; Franklin, S.E.; Wulder, M.A. O Object-based Analysis of Ikonos-2 Imagery for Extraction of Forest Inventory Parameters.
- Crespi M., Baiocchi V., De Vendictis L., Lorenzon F., Mezzapesa M. & Tius E., 2003. *A new method to orthorectify EROS A1 imagery*. Proc. of 2003 Tyrrhenian International Workshop on Remote Sensing: pp. 566-575
- Curlander, J. and Kober, W. 1992. Rule based system for thematic classification in SAR imagery. Proc. IGARSS. *IEEE Press*, New York: pp. 854– 856.
- Definiens Imaging, 2004, eCognition Professional user guide 4.0, (URL: <http://www.definiens-imaging.com/>), Definiens Imaging, München.
- Toutin T., 2004. Review article: Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods. *International Journal of Remote Sensing*, 25: pp. 1893-1924.