

Effetti ambientali dei cambiamenti di uso e copertura del suolo in Lombardia e nelle Province di Novara e Verbania

Paolo Zaffaroni (*), Marta Maggi (*), Paolo Pileri (*)

(*) Dipartimento di Architettura e Pianificazione, Politecnico di Milano,
via Bonardi 3, Milano, tel. 02-23994114, e-mail: paolo.zaffaroni@alice.it, marta.maggi@polimi.it

Riassunto

Questo lavoro riporta i risultati preliminari del progetto “Effetti ambientali dei cambiamenti di uso e copertura del suolo in Lombardia e nelle Province di Novara e Verbania”. Nel metodo proposto l’analisi dei cambiamenti di copertura del suolo avviene attraverso un confronto post-classificazione di mappe derivate da immagini satellitari a medio-alta risoluzione. I risultati preliminari, ottenuti con immagini Landsat sulle due province piemontesi per gli anni 1999 e 2004, hanno dimostrato la necessità di introdurre una regola di decisione per ridurre i falsi cambiamenti, per cui l’accuratezza utente dei cambiamenti, valutata attraverso una matrice di errore binaria, migliora passando dal 54% all’84%. Complessivamente, l’analisi delle transizioni tra le varie coperture del suolo mostra un aumento delle superfici antropizzate ed una diminuzione di quelle agricole.

Abstract

This work shows the preliminary results of the project “Environmental effects of land use and land cover change in Lombardy and in the Provinces of Novara and Verbania”. In the proposed method land cover change analysis is conducted through a post-classification comparison between maps derived from medium-high resolution satellite images. Preliminary results, obtained with Landsat images over the two provinces of Piedmont for the years 1999 and 2004, showed the necessity of applying a decision rule to reduce false changes; in this way, change user’s accuracy, evaluated with a binary error matrix, improves from 54% to 84%. As a whole, the analysis of the transitions between land cover classes shows an increase in artificial areas and a decrease in agricultural areas.

Introduzione

La gestione sostenibile del territorio e delle relative risorse ambientali richiede innanzitutto l’accesso ad un’informazione robusta e aggiornata su usi e coperture del suolo a diverse scale spaziali, seguito da un reporting sulle dinamiche temporali e spaziali e da una valutazione in termini di conseguenze ambientali e sociali. Fondazione Cariplo ha finanziato una ricerca scientifica che si pone come obiettivo la valutazione degli effetti ambientali dei cambiamenti di copertura del suolo avvenuti in Regione Lombardia e nelle province piemontesi di Novara e del Verbano-Cusio-Ossola nel periodo 1999-2008. Il progetto prevede la creazione di un *geodatabase* multitemporale delle coperture/uso del suolo mediante classificazione di immagini Landsat (1999 e 2004) e SPOT (2007 e 2008). L’analisi dei cambiamenti rappresenterà la base per svolgere analisi utili a comprendere gli effetti dell’evoluzione delle coperture dei suoli su una molteplicità di tematiche ambientali per le quali sono attive (o attivabili) politiche, azioni, investimenti e per le quali esistono target da raggiungere. Tra gli effetti più importanti connessi alla trasformazione delle coperture del suolo agricole e naturali ricordiamo la perdita di biodiversità, l’aumento dell’impermeabilità dei suoli, la perdita di suoli fertili, la frammentazione degli habitat e la perdita di superfici che sequestrano CO₂. In questo articolo si presentano i risultati preliminari dell’analisi dei cambiamenti di copertura del suolo avvenuti nelle Province di Novara e Verbania tra il 1999 ed il 2004, ottenuti attraverso il con-

fronto di due mappe tematiche prodotte dalla classificazione di immagini Landsat 5 (scala 1:50.000). In particolare si è voluto: (1) analizzare la variazione dell'accuratezza dei cambiamenti nell'introdurre un criterio di riduzione dei falsi cambiamenti generati dall'intersezione diretta delle due mappe; (2) valutare nell'area di studio l'entità delle transizioni tra le classi di copertura del suolo.

Dati

Per la classificazione dell'area di studio si sono utilizzate in totale 6 scene Landsat 5-TM (path 194, row 28), acquisite nelle date 20/03/99, 26/07/99, 12/09/99, 17/03/04, 20/05/04, 23/07/04. Per l'ortorettifica delle immagini è stato utilizzato il DEM della Regione Piemonte, ricampionato da 50 m a 30 m. La valutazione dell'accuratezza della mappa del 1999 è stata effettuata utilizzando le ortofoto C.G.R. del volo It-2000 rese disponibili come servizio WMS dal Portale Cartografico Nazionale, mentre per la mappa del 2004 si sono utilizzate due immagini ad altissima risoluzione (Quickbird e Ikonos multispettrali) acquisite rispettivamente sul Novarese e sulla zona del lago di Mergozzo (VB). Inoltre, molto utile per le fasi di *training* e *testing* della classificazione è stata la carta forestale fornita da I.P.L.A. Spa e Regione Piemonte, che contiene informazioni su tutte le coperture del suolo.

Area di studio

L'area di studio è rappresentata dalle Province di Novara e del Verbano-Cusio-Ossola, per un'estensione di circa 3600 kmq. La Provincia di Novara (1340 kmq) è prevalentemente pianeggiante (58%) e a vocazione agricola, confinata tra il lago d'Orta a nord ed i corsi del fiume Sesia e Ticino ad ovest e ad est. La Provincia di Verbania (2260 kmq) è invece quasi totalmente montuosa (82%) e la copertura prevalente è quella forestale.

Metodologia

Il metodo applicato si compone delle seguenti fasi: (1) creazione delle mappe di copertura del suolo; (2) identificazione dei cambiamenti; (3) valutazione dell'accuratezza dei cambiamenti; (4) analisi dei cambiamenti.

La legenda della mappa di copertura del suolo è stata derivata generalizzando quella utilizzata da Arpa Lombardia in un precedente progetto di mappatura delle coperture dei suoli della Regione Lombardia (Bellingeri et al., 2007) e comprende 9 classi: 1-corpi idrici, 2-superfici antropizzate, 3-roccie, 4-boschi di conifere, 5-boschi di latifoglie, 6-vegetazione di transizione, 7-seminativi, 8-praterie alpine, 9-ghiacciai e neve.

Le immagini, corrette radiometricamente ed ortorettificate, sono state classificate con approccio multitemporale utilizzando l'algoritmo *maximum likelihood*, suddividendo l'area di studio in 3 strati: pianura, montagna, fiumi e laghi. Il *training set* della mappa 1999, elaborato per interpretazione visiva con l'ausilio della carta forestale, è stato utilizzato anche per la mappa 2004 dopo averne verificato la coerenza. Si sono poi applicate delle correzioni post-classificazione in ambiente GIS, utili per ridurre gli errori provocati dalla somiglianza spettrale di coperture come superfici antropizzate, rocce, seminativi non vegetati. La *minimum mapping unit* è pari a 0.54 ha (6 pixel). La verifica dell'accuratezza è stata condotta calcolando la matrice di errore. Come riferimento per la mappa del 1999 si sono estratti 1143 punti sull'intera area di studio con metodo *random stratified*, attribuendo a ciascuno la classe ottenuta dalla fotointerpretazione di un intorno circolare avente raggio pari alla somma fra la metà della risoluzione del sensore (15 m) e l'errore di *geolocation* ottenuto dall'ortorettifica. Invece per il 2004 sono stati considerati e fotointerpretati 608 campioni estratti con metodo *random stratified* all'interno dell'area compresa nelle due immagini ad altissima risoluzione; poichè in tale area non ricadono le coperture 8 e 9, si sono utilizzati i punti di test della validazione 1999 rimasti invariati.

Le due mappe 1999 e 2004 sono state vettorializzate ed intersecate in ambiente GIS, realizzando la prima mappa dei cambiamenti. Una seconda mappa è stata generata con lo scopo di minimizzare i

falsi cambiamenti andando ad eliminare i poligoni non confermati dalla differenza dell'indice NDVI (dNDVI) tra le immagini delle date 26/07/99 e 23/07/04; da un'analisi visiva delle due immagini si è deciso di mantenere dalla prima mappa le transizioni 1-3 e 3-9 (e viceversa) che altrimenti andrebbero perse dall'incrocio con dNDVI, perché non coinvolgono classi di vegetazione. Per entrambe le mappe di cambiamento si è considerata una *minimum mapping unit* di 0.27 ha (3 pixel).

La valutazione dell'accuratezza dei cambiamenti è stata effettuata calcolando una matrice di errore binaria come proposto da Yuan et al. (2005), considerando non l'intera area di studio ma soltanto quella disponibile dalle immagini di validazione della mappa tematica 2004.

L'analisi dei cambiamenti delle coperture del suolo è stata invece condotta mediante la compilazione di una matrice di transizione a 9 classi (Pileri, Maggi, 2009).

Risultati e discussione

Dalla validazione delle mappe di copertura del suolo è risultata un'accuratezza globale (AG) pari all'87% per il 1999 e all'85% per il 2004, mentre i valori dell'indice Kappa sono 0.84 (1999) e 0.82 (2004). In entrambe le mappe la classe vegetazione di transizione (6) è quella meno affidabile, poiché presenta un'elevata commissione (35% nel 1999 e 53% nel 2004), soprattutto verso le classi boschi di latifoglie (5) e praterie (8).

La valutazione della prima mappa dei cambiamenti riporta una AG dell'85%, con una commissione del cambiamento pari al 46%: ciò significa che quasi la metà dei cambiamenti identificati sono in realtà falsi. L'introduzione del confronto con dNDVI migliora sensibilmente l'accuratezza dei cambiamenti, infatti nella seconda mappa la commissione del cambiamento si riduce al 16%, per una AG del 91% (tab. 1).

		reference		
		change	no change	tot
map 1	change	86	73	159
	no change	7	370	377
	tot	93	443	536

		reference		
		change	no change	tot
map 2	change	245	47	292
	no change	6	316	322
	tot	251	363	614

OA	85,1%	
PA	92,5%	83,5%
UA	54,1%	98,1%

OA	91,4%	
PA	97,6%	87,1%
UA	83,9%	98,1%

Tabella 1 – Confronto fra le matrici di errore delle due mappe di cambiamento.

L'elevato numero di falsi cambiamenti ottenuto dall'intersezione delle due mappe è imputabile principalmente ai seguenti fattori: co-registrazione delle immagini, accuratezza tematica delle mappe da esse ricavate, *minimum mapping unit* considerata ed eterogeneità delle coperture presenti. Townshend et al. (1992) hanno dimostrato che per raggiungere un'accuratezza nei cambiamenti superiore al 90% occorre una co-registrazione inferiore a 0.2 pixel, mentre nel presente lavoro si è valutata una co-registrazione dei due *dataset* pari a 0.5 pixel. Questo fattore ha una maggiore influenza nell'utilizzo di immagini a bassa-media risoluzione, nelle quali i pixel di confine tra le coperture contengono una mistura di coperture e pertanto di firme spettrali.

Dai risultati presentati emerge che il disporre di due mappe con un'accuratezza soddisfacente (>85%) non è condizione sufficiente per avere una altrettanto soddisfacente accuratezza nei cambiamenti, poiché gli errori di classificazione reciproci si moltiplicano. Questi potrebbero essere provocati da incongruenze nel *training set* (che è uguale per le due date) oppure da variazioni delle condizioni di illuminazione di certe aree, eliminabili con una correzione topografica dell'immagine. Appare inoltre evidente che l'impiego, per le due mappe tematiche, di una *minimum mapping unit*

maggiore possa ridurre i falsi cambiamenti, poiché diminuisce il dettaglio geometrico rilevato. Infine, si è notato come il maggior numero di falsi cambiamenti sia concentrato nelle aree a maggiore eterogeneità, come quella collinare, caratterizzata da un'elevata frammentazione del paesaggio. Escludendo la transizione dalla classe rocce a quella neve e ghiacciai (3-9), dovuta ad un fenomeno naturale stagionale, la trasformazione seminativi-superfici antropizzate (7-2) è quella che dal 1999 al 2004 registra la maggiore estensione (1047 ha). Il seguente grafico riporta le variazioni nette delle singole classi in ha.

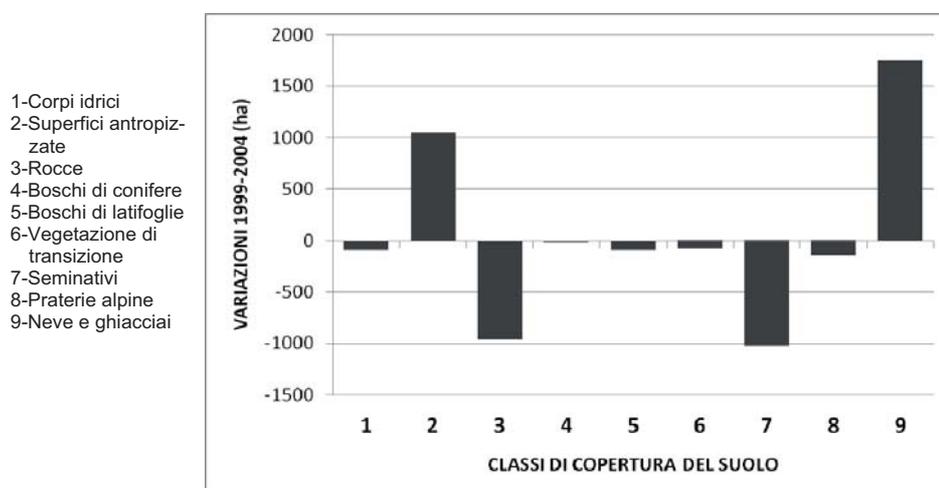


Figura 1 – Sintesi delle variazioni dal 1999 al 2004 delle 9 classi di copertura del suolo considerate nelle province di Novara e Verbania.

Conclusioni

Nelle Province di Novara e Verbania, dal 1999 al 2004, la copertura del suolo con i maggiori incrementi è stata quella delle superfici antropizzate, a discapito dei seminativi, soprattutto all'interno della pianura novarese. Tale risultato è stato ottenuto dall'intersezione di due mappe di copertura del suolo, prodotte da immagini Landsat degli anni 1999 e 2004, seguita da un'opportuna metodologia di correzione dei falsi cambiamenti.

Il lavoro ha messo in evidenza come, pur disponendo di due mappe di copertura del suolo con un'accuratezza soddisfacente, la mappa dei cambiamenti derivata dalla loro diretta intersezione fornisca un risultato non accettabile. L'approccio della *post-classification* per l'individuazione dei cambiamenti, normalmente adottato per applicazioni operative e valutazioni speditive dei cambiamenti di uso e copertura del suolo, se da una parte offre il vantaggio della semplicità, dall'altro rischia di fornire statistiche errate sulle dinamiche territoriali. Per questo motivo si rende necessaria l'applicazione di metodi in grado sia di stimare l'accuratezza dei cambiamenti sia di minimizzare i falsi cambiamenti; quello utilizzato nel presente lavoro riduce l'errore di commissione dal 46% al 16% generando pertanto un'informazione più robusta e affidabile che ben si presta per successive applicazioni sugli effetti ambientali dei cambiamenti di uso e copertura del suolo.

Riferimenti bibliografici

Bellingeri D., Bocci M., Zini E. (2007), L'aggiornamento al 2004 della mappa di copertura del suolo della Regione Lombardia mediante classificazione di immagini satellitari, *Rivista Italiana di Telerilevamento*, 38: 73-84

Pileri P., Maggi M. (2009) Sustainable planning? First results in land uptakes in rural, natural and protected areas: the Lombardia (Italy) case study, *Journal of Land Use Science* (in stampa)

Townshend J. R. G., Justice C. O., Gurney C., McManus J. (1992), The Impact of Misregistration on Change Detection, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30: 1054-1060

Yuan F., Sawaya K. E., Loeffelholz B. C., Bauer M. E. (2005), Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 98: 317-328

