

## **Approccio automatizzato all'analisi delle modificazioni paesaggistiche: il caso studio delle Langhe (CN)**

Daniilo Godone (\*), Matteo Garbarino (\*\*), Gabriele Garnerò (\*), Franco Godone (\*\*\*)

(\*) Università di Torino, DEIAFA Sez. Topografia Via L. Da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO) danilo.godone@unito.it

(\*\*) Università di Torino, AGROSELVITER Sez. Selvicoltura Via L. Da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO)  
matteo.garbarino@unito.it

(\*\*\*) CNR – IRPI U.O.S. di Torino, Str. delle Cacce, 73 - 10135 Torino franco.godone@cnr.irpi.it

### **Riassunto**

L'evoluzione storica che ha caratterizzato gli ultimi decenni nei vasti ambiti della cultura e della società umana ha comportato modifiche complesse e critiche nell'utilizzo del territorio.

La trasformazione sociale ha portato ad un notevole cambiamento nell'occupazione del suolo: le superfici coltivate sono diminuite cedendo spazio all'espansione industriale e urbana, e questo cambiamento ha determinato un'altra notevole variazione nella dinamica della copertura del suolo, con l'espansione della copertura forestale in aree rurali abbandonate.

Lo studio e l'analisi di questi fenomeni richiede l'impiego di strumenti e metodologie in grado di ricostruire l'evoluzione delle dinamiche territoriali: in questo lavoro lo studio è stato effettuato analizzando un'area di studio con l'impiego di immagini ottenute dal "Volo GAI" eseguito, nel 1954-55 dal Gruppo Aeronautico Italiano, la prima ricognizione aerea fotogrammetrica che copre l'intero territorio italiano.

I fotogrammi provenienti dal "Volo GAI" sono stati elaborati al fine di ottenere un mosaico di immagini ortorettificate come base per ulteriori analisi sulla copertura del suolo in quel periodo: il mosaico è stato infatti analizzato da procedure automatiche, al fine di restituire e classificare, utilizzando algoritmi di segmentazione, la copertura del suolo.

Lo stesso approccio è stato adottato su ortofotografie recenti, allo scopo di confrontare i due risultati e quantificare cambiamenti di copertura del suolo con analisi basate su *change detection* e *landscape metrics*: il risultato principale che si evince è la notevole riduzione delle superfici agricole a seguito della evoluzione dei processi produttivi nel periodo 1954-2000.

### **Abstract**

*The socio-economic evolution observed in the last decades has led to complex and critical modifications in land use. The society has shifted from an agricultural to an industrial model causing a dramatic land use change. The agricultural land uses declined in favor of the industrial and urban expansion. Moreover this change has determined another considerable transition in land cover dynamics, the expansion of forest cover in abandoned rural areas.*

*The study and analysis of these phenomena deserves the employment of instruments and methodologies capable to reconstruct the land use dynamics. The study has been carried out by employing two different approaches on historical aerial photographs. Images have been obtained by "Volo G.A.I." performed, in 1954 – 1955, by Gruppo Aeronautico Italiano, the first aerial photogrammetric survey covering the entire Italian territory.*

*Photograms coming from the "Volo G.A.I." has been processed in order to obtain an orthorectified mosaic of images as a basis for further analysis on land cover in the 1954-2000 period. The mosaic has been analyzed by automatic procedures in order to derive and classify the land covers, employing segmentation algorithms. The same approach has been adopted on a recent*

*(2000) orthoimage in order to compare the two results and quantify land cover changes by change detection and landscape metrics analysis.*

*The main result is the remarkable decrease of agricultural fields as a result of the productive processes (vineyards, urban areas, plantations), and forests expansion.*

### **Introduzione**

Il territorio italiano è stato oggetto, nel corso degli anni, di notevoli modificazioni nel suo assetto territoriale: la transizione socio-economica della società da un modello prevalentemente agricolo ad uno industriale e ora post-industriale ha comportato notevoli cambiamenti nelle modalità di uso e, conseguentemente, di consumo di suolo:

- vaste porzioni territoriali dedicate alle pratiche agricole sono state occupate dall'edificazione di stabilimenti industriali sempre più estesi;
- l'aumento della popolazione delle grandi città, sedi delle attività industriali, ha intensificato il fenomeno di riduzione delle superfici agricole per la costruzione di nuove unità abitative.

Il fenomeno della concentrazione delle popolazioni nei grandi centri urbani ha portato ad una riduzione della popolazione residente negli insediamenti marginali dei territori montani e rurali, con una conseguente riduzione della manodopera disponibile per le attività agricole; il fenomeno ha generato un fenomeno di ricolonizzazione di questi spazi da parte di formazioni forestali pioniere ed una contemporanea progressiva riduzione, fino scomparsa, di aperture nella copertura forestale (Godone et al., 2004; Garbarino et al., 2006), in passato sedi di insediamenti agricoli o zootecnici.

Il tema del consumo di suolo, unitamente alle tematiche legate all'*urban sprawl*, è una tematica di grande interesse per gli enti territoriali, oggetto di studi e attività mirate: il consumo di suolo è certamente, tra le trasformazioni territoriali, quella più rilevante a lungo termine, e in quanto tale deve essere oggetto di particolari attenzioni nel contesto delle politiche per la tutela e la salvaguardia del territorio.

Il fenomeno del consumo di suolo è connesso a molte criticità territoriali che interessano e vengono affrontate dalle diverse pianificazioni settoriali: il depauperamento del suolo agricolo di pregio, la dispersione urbana, la frammentazione spaziale ed ecologica ed i fenomeni di dissesto idrogeologico.

Il contenimento e il controllo del consumo di suolo rappresentano pertanto obiettivi prioritari, da condividere a tutti i livelli della programmazione e della pianificazione, nei contesti di sussidiarietà e di cooperazione tra le Amministrazioni.

Grande attenzione per tale tema viene manifestato soprattutto a livello europeo, come riporta la definizione del consumo di suolo fornita dall'Agenzia Europea per l'Ambiente già nel 2004: in tale contesto, il consumo di suolo deve essere considerato come un processo dinamico che altera la natura di un territorio, passando da condizioni naturali a condizioni artificiali, di cui l'impermeabilizzazione rappresenta l'ultimo stadio. Il fenomeno riguarda l'insieme degli usi del suolo che comportano la perdita dei caratteri naturali, producendo come risultato una superficie artificializzata, la cui finalità non è più la produzione e la raccolta di biomassa da commerciare (agricoltura e selvicoltura).

Lo studio di queste dinamiche, in funzione delle analisi, pianificazioni e del recupero del territorio, richiede l'impiego di metodologie e di fonti informative in grado di descrivere, con adeguata rappresentatività, l'assetto territoriale passato.

In tale contesto si inseriscono le cartografie storiche, limitate però alla rappresentazione simbolica del territorio, ed i fotogrammi aerei dove, tramite opportuni processamenti, è possibile effettuare una lettura approfondita del passato ed effettuare confronti con dati relativi al presente assetto del territorio.

### **I fotogrammi storici disponibili per il territorio italiano**

Il territorio italiano, nella sua storia recente, è stato oggetto di numerose riprese aeree fotogrammetriche. In particolare, nel periodo del secondo conflitto mondiale, sono state effettuate

numerose campagne di ripresa per scopi bellici (individuazione di obiettivi strategici, verifica dell'efficacia di azioni di bombardamento, ...), dalle differenti forze schierate sul territorio nazionale quali *Luftwaffe*, *RAF*, *Regia Aeronautica*, *USAAF* (Crippa et al., 2008).

La *Royal Air Force (RAF)* e la *United States of America Air Force (USAAF)* hanno effettuato riprese planimetriche e stereoscopiche, tra il 1943 ed il 1945, focalizzate su obiettivi di interesse strategico con scale medie variabili tra 1:10.000 e 1:50.000 a seconda delle focali impiegate, con formato di 24x24 o 18x24; la forza aerea britannica ha effettuato i voli sull'Italia meridionale mentre gli statunitensi hanno effettuato i voli sull'Italia del Nord.

Con analoghe modalità e obiettivi sono stati effettuati i voli di *Luftwaffe* e *Regia Aeronautica*.

Nei primi anni del dopoguerra (1954-1956) è stata effettuata una ripresa aerea stereoscopica coprente l'intero territorio nazionale ad opera del *Gruppo Aeronautico Italiano (GAI)* con scala media di 1:33.000 per la parte peninsulare, minore nelle zone alpine (<http://immagini.iccd.beniculturali.it/>).

L'impiego di tali supporti per la ricostruzione della dinamica territoriale costituisce un elemento di sicuro interesse per l'analisi dell'evoluzione del paesaggio.

Gli ostacoli principali sono costituiti dallo stato di conservazione delle immagini, spesso in formato cartaceo e oggetto di deformazioni e strappi che pregiudicano in taluni casi l'impiego di alcuni fotogrammi, e dalla reperibilità delle informazioni di calibrazione: i certificati di calibrazione non sono sempre disponibili ed in certi casi il supporto cartaceo è ritagliato in modo anomalo con conseguente asportazione dei *repères* e conseguente impossibilità di impiego dei dati di calibrazione al processamento dell'immagine.

### Zona di studio

È stata selezionata una zona di studio (*Figura 1*), conformemente alla disponibilità dei fotogrammi, localizzata in prossimità del comune Grinzane Cavour in Provincia di Cuneo (44°40' N, 07°59' E). La scelta della zona di studio è motivata dalla disponibilità di fotogrammi, nella fattispecie su diapositiva, corredati dei certificati di calibrazione, nonché dalla dinamica territoriale caratterizzata da un uso del suolo estremamente diversificato con la presenza di centri urbani, vie di comunicazione, aree naturali e aree agricole, con forte presenza di vigneti.

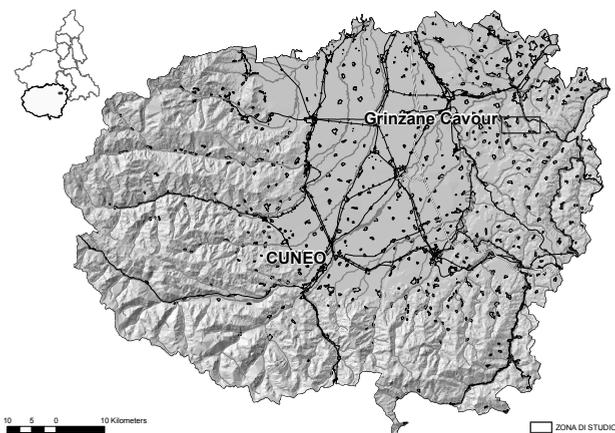


Figura 1 – Zona di studio.

### Metodologie di analisi

I fotogrammi, forniti dall'Aerofototeca del CNR-IRPI, UOS di Torino, sono stati acquisiti su scanner formato A3 con una risoluzione di 600 dpi.

Si è quindi proceduto all'individuazione dei *Ground Control Points* nel software *ArcMap* impiegando come riferimento la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10000; per facilitare le operazioni di individuazione dei punti è stata anche caricata, in *overlay* alla CTR, l'ortoimmagine del 2006 disponibile dal Portale Cartografico Nazionale.

I fotogrammi sono stati quindi orientati nel software fotogrammetrico *Z-Map* di Menci, attraverso il quale è stata effettuata una triangolazione aerea automatica (Mikhail et al, 2001): data l'inconsueta configurazione grafica dei repères non è stato possibile effettuare l'orientamento interno in maniera automatica, mentre al contrario l'algoritmo di autocorrelazione ha permesso la ricerca automatica dei punti di legame con risultati soddisfacenti.

I fotogrammi orientati nella procedura di triangolazione sono poi stati oggetto di ortorettifica e mosaicatura in un'unica immagine: il mosaico ottenuto è stato quindi oggetto di analisi, attualmente in un'area test di circa 400 Ha, tramite algoritmi di segmentazione (Martelli, 2009) nel software *eCognition*, con l'obiettivo di restituire le differenti coperture del suolo.

Sono stati effettuati differenti test per individuare i parametri ottimali per ottimizzare l'accuratezza ed il dettaglio della restituzione finale; al termine del processo di segmentazione si è quindi proceduto alla classificazione con 5 classi (Figura 2) dei poligoni ottenuti, utilizzando *tools* all'interno dello stesso ambiente di lavoro.

In ambiente GIS si è quindi proceduto all'aggregazione di poligoni adiacenti caratterizzati dal medesimo attributo (*Dissolve*) e alla riorganizzazione degli *shapefile* in *feature* separate (*Multipart to Singlepart*).

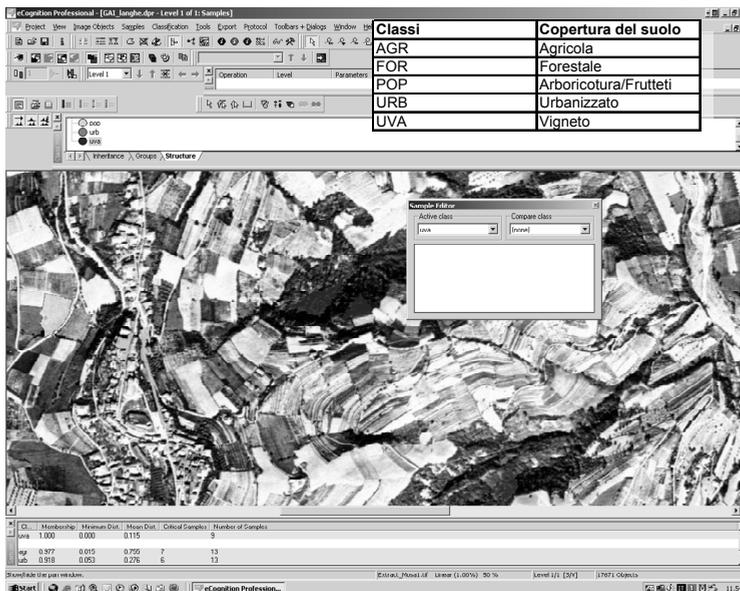


Figura 2 – Classificazione dei poligoni.

Analogha procedura è stata effettuata sulle ortoimmagini a colori dell'anno 2000, con dimensione del pixel a terra pari a 0.5 m, per ottenere un dato di confronto.

In ambiente GIS sono quindi stati effettuati dei test per individuare e quantificare le modificazioni della copertura del suolo: è stata impiegata un'*extension free* disponibile in ambiente *ArcView* denominata "*Change Detection*" (Chandrasekhar, 1999), che consente la comparazione tra due livelli informativi poligonali, classificati intersecandoli e riportando nella tabella associata le

variazioni di classificazione e di superficie. Dalla tabella originata sono state effettuate le prime valutazioni circa le modificazioni territoriali avvenute.

**Risultati**

Il processo di triangolazione aerea ha consentito di orientare i fotogrammi con scarti accettabili (Tabella 1) ai fini delle successive elaborazioni.

ID fotogramma	ResX (m)	ResY(m)	ResZ(m)	ResX  (m)	ResY  (m)	Res Z  (m)
1	-1.35	-0.35	0.59	1.35	0.35	0.59
2	-1.06	-3.01	-3.77	1.06	3.01	3.77
3	3.19	-0.28	-1.34	3.19	0.28	1.34
5	-3.06	-1.56	0.16	3.06	1.56	0.16
6	4.98	-3.17	-2.30	4.98	3.17	2.30
10	-3.33	2.97	-0.78	3.33	2.97	0.78
11	-0.17	-1.29	-1.60	0.17	1.29	1.60
<b>Media</b>	-0.11	-0.95	-1.29	2.45	1.80	1.51
<b>RSM</b>	3.12	2.07	1.48	1.65	1.25	1.22

Tabella 1 – Risultato della triangolazione aerea.

Le procedure di segmentazione hanno generato, rispettivamente, 17671 e 20364 poligoni prodotti dal mosaico di fotogrammi del volo G.A.I. e dall’Ortofoto a colori; ridotti a rispettivamente a 421 e 673 dopo le operazioni di ottimizzazione delle geometrie.

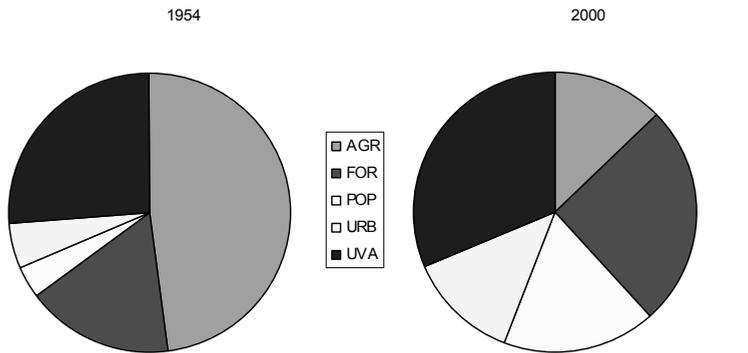


Figura 3 – Confronto tra le superfici delle classi in seguito all’analisi di Change Detection.

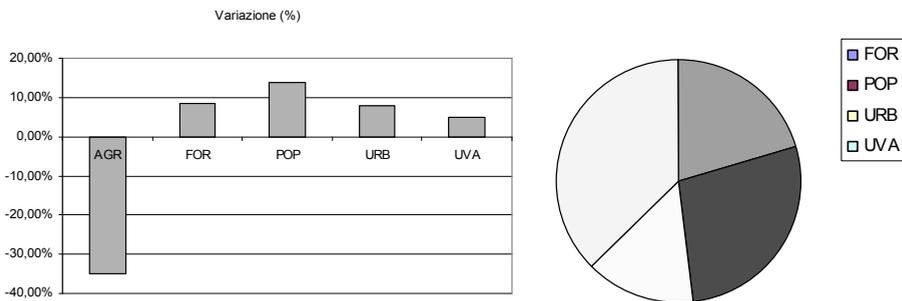


Figura 4 – Analisi della variazione superficiale (a sinistra) ed evoluzione delle superfici in classe AGR nel 1954 (a destra).

Dal confronto degli insiemi di poligoni è emersa una notevole variazione nelle superfici agricole (classe AGR) con un considerevole decremento (-34,92%), mentre in tutte le altre classi si è osservato un aumento della superficie (Figura 3).

L'analisi della tabella dell'*extension* ha inoltre permesso di verificare l'evoluzione delle porzioni territoriali precedentemente caratterizzate da un uso agricolo (Figura 4): si è osservato un aumento generalizzato di tutte le classi con la prevalenza della copertura a vigneto (Classe UVA) che ha occupato il 44% della superficie. Di grande interesse risulta inoltre il considerevole incremento delle coltivazioni arboree (Classe POP), dominate in quest'area da impianti di nocciola la cui espansione è probabilmente incentivata dalle recenti politiche del settore.

### **Conclusioni**

L'impiego di basi dati storiche è di fondamentale importanza per la lettura del territorio e delle sue modificazioni: una copertura fotogrammetrica come il Volo GAI costituisce un supporto ideale grazie alla sua estensione sull'intero territorio nazionale. L'approccio adottato consente, attraverso la triangolazione aerea, un trattamento rigoroso ed è da preferirsi in presenza di certificati di calibrazione per evitare un decadimento della precisione nell'orientamento dei fotogrammi (Garnero et al, 2010). Il mosaico di immagini ottenuto nelle due aree studio è un supporto di sicuro interesse per l'analisi del consumo di suolo e l'impiego di metodologie GIS ha consentito di ottimizzare la procedura di analisi fornendo strumenti e risultati adeguati per affrontare una tematica così delicata ed attuale. Sviluppo futuro del lavoro è l'impiego di tecniche di analisi proprie della *Landscape Ecology* (McGarigal e Marks, 1995) con l'impiego dell'*extension free V-LATE* (Lang e Tiede, 2003) per ArcGis 9.x, per quantificare la variazione di copertura del suolo non solo in termini di singolo poligono, ma anche nel loro complesso, analizzando dinamiche di semplificazione, frammentazione o aggregazione di porzioni territoriali.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Ten. Col. N. Nozzoli dell'Istituto Geografico Militare per il supporto fornito.

### **Riferimenti bibliografici**

- Chandrasekhar, T. (1999) *Change Detection Extension for ArcView*, [www.esri.com](http://www.esri.com)
- Crippa, A.; Zanottera, F.; Boemi, M. (A cura di, 2008): *Le terre dei folli - 150 anni di fotografia aerea per conoscere e contenere il consumo di territorio*, Fondazione Ninphe Castello di Padernello e Acherdo Edizioni, 177 pp.
- Garnero, G., Godone, D., Godone, F. (2010) "Fotogrammi storici: uno strumento per l'analisi dell'evoluzione del paesaggio", *Paysage - Architettura del paesaggio*, Giugno 2010
- Godone, D.; Godone, F.; Lingua, E.; Motta, R. (2004): *Studio della dinamica del paesaggio forestale attraverso l'uso di fotogrammi storici: approccio GIS multitemporale.*, Atti dell'Ottava Conferenza Nazionale ASITA, Roma, 14 - 17/12/2004.
- Garbarino, M., Pividori, M. (2006) "Le dinamiche del paesaggio forestale: evoluzione temporale del bosco di neoformazione sui pascoli di Corte Pogallo - Parco nazionale della Val Grande (VB)". *Forest@3* (2): 213-221.
- Lang, S., Tiede, D., (2003) „vLATE Extension für ArcGIS - vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse“, ESRI Anwenderkonferenz 2003 Innsbruck.
- Lingua, E.; Godone, D.; Motta, R. (2004): *Analisi spaziale in popolamenti di conifere al limite del bosco*, Atti dell'Ottava Conferenza Nazionale ASITA, Roma, 14 - 17/12/2004.
- Martelli, C. (2009) *Estrazione di features con tecniche di classificazione pixel e object-oriented*, Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Civile, Università degli Studi di Bologna
- Mc Garigal, K., Marks, B.J., (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 pp.
- Mikhail, M.E., Bethel, J.S., Mc Glone, J.C., (2001). *Introduction to Modern Photogrammetry*. John Wiley and Sons, 496 pp.