

## **Il patrimonio forestale della Regione del Veneto: Analisi delle dinamiche spaziali di popolamento con tecniche di telerilevamento**

Stefano Picchio (\*), Francesco Sparatore (\*), Alessandro Rudatis (\*),  
Daniele Savio (\*), Luigi Di Prinzio (\*), Francesca Albanese (\*\*)

(\* ) Università di Venezia IUAV, S. Croce, 1957 Venezia, Tel 041 2440271, e-mail stepicchio@gmail.com

(\*\* ) Planetek Italia s.r.l., Via Massaua 12,70132 Bari, Tel 080 9644200, e-mail albanese@planetek.it

### **Riassunto**

La conoscenza della gestione passata delle risorse boschive e lo studio dell'uso attuale delle tipologie forestali sono elementi fondamentali nell'individuazione delle tendenze evolutive del paesaggio e dei rapporti tra i sistemi antropico, agricolo e forestale.

Obiettivo di questa ricerca è l'identificazione e la mappatura delle dinamiche dei popolamenti forestali della Regione del Veneto, attraverso l'analisi multitemporale di livelli informativi derivati da datasets storici. Il progetto è articolato in fasi di lavoro che prevedono l'identificazione di datasets storici disponibili e la definizione di una metodologia operativa finalizzata alla loro "omogeneizzazione", cui fa seguito il processo di ortorettifica e mosaicazione di fotoaeree storiche (volo GAI 1954-55) ed il miglioramento della qualità e accuratezza dei prodotti cartografici identificati. Successivamente viene effettuata l'Analisi Multitemporale (confronto diacronico dei datasets storici) e l'analisi delle dinamiche forestali identificate, con la conseguente stesura del rapporto di Ricerca. I risultati della ricerca si collocano all'interno dei "Nuovi scenari culturali e tecnologici nella conservazione e valorizzazione del patrimonio forestale" che coinvolge tutti gli attori che operano nei settori della gestione sostenibile, conservazione, nuovi segmenti di mercato riferiti alla risorsa foresta-legno, bioedilizia, filiera bosco-legno-energia, ecc... quali pubbliche amministrazioni, regioni, province, comuni, comunità montane, enti parco, associazioni, professionisti e ricercatori. Le figure coinvolte riguardano tecnici e specialisti in grado di trasferire conoscenze ad alto contenuto tecnologico nel settore dell'ICT e delle recenti tecniche del telerilevamento applicate alla mappatura e monitoraggio delle risorse forestali.

### **Abstract**

The knowledge of past management of forest resources and the study of current use of forest types are essential in identifying trends of the landscape and the relations between anthropogenic systems, agriculture and forestry.

The aim of this research is the identification and mapping of the dynamics of forest populations of the Veneto Region, through multitemporal analysis of information layers derived from historical datasets. The project is divided into several phases of work. First, the identification of available historical data sets and the definition of operations aimed at their "homogenisation". This phase is followed by the process of orthorectification and mosaicking of historical aerial photos (collected in 1954-55) and the improvement of the quality and accuracy of cartographic products identified. A multitemporal analysis is then carried out (diachronic comparison of historical datasets) and the analysis of forest dynamics identified. Finally the result is a of research report. The research results are within the "New technological and cultural scenarios in the preservation and enhancement of forestry" that involves all stakeholders working in the field of sustainable management, conservation, new market segments related to the resource-forest wood, green building, timber

industry, energy, etc ... as governments, regions, provinces, municipalities, mountain communities, park authorities, associations, professionals and researchers. The figures involved concern technicians and specialists able to transfer high-tech knowledge in the ICT sector and recent techniques of remote sensing for mapping and monitoring of forest resources.

### **Introduzione**

Un grande contributo allo studio delle tendenze evolutive del paesaggio e dei rapporti tra i sistemi antropico, agricolo e forestale, può arrivare dallo studio della gestione passata delle risorse boschive ed il confronto con l'attuale uso delle tipologie forestali. La composizione specifica e la diversità delle aree naturali vengono fortemente condizionate dai cambiamenti di uso del suolo, ed in particolare dai processi di frammentazione delle aree forestali, che ne minacciano così la funzionalità ecologica.

Per la ricostruzione della struttura del paesaggio forestale è quindi estremamente utile ricostruire, in ambiente GIS, un sistema di analisi multi temporale e multi sorgente che preveda l'utilizzo di foto aeree, immagini telerilevate e datasets storici. Il grande potenziale di questa metodologia si rivela particolarmente indicato per la ricostruzione della struttura del paesaggio forestale, per il monitoraggio delle trasformazioni, e per identificare tendenze e tipologie dei cambiamenti avvenuti nel tempo.

La costruzione di un quadro conoscitivo sui cambiamenti del paesaggio forestale avvenuti nel lungo periodo consente pertanto di interpretare i processi che li hanno determinati, comprendere meglio i meccanismi ecologici alla base delle trasformazioni, generare previsioni sui cambiamenti futuri e sui siti maggiormente vulnerabili, elaborare opportune politiche di conservazione.

### **Il progetto**

Il progetto è articolato in cinque fasi:

1. Nella prima fase si è provveduto ad identificare i datasets storici disponibili sull'area oggetto di studio, ed alla conseguente definizione di una metodologia operativa finalizzata alla loro "omogeneizzazione". In questa fase si è ritenuto utile sfruttare l'opportunità rappresentata dall'accordo tra la Regione del Veneto e l'Istituto Geografico Militare Italiano, che ha reso disponibile i fotogrammi acquisiti dal GAI, Gruppo Aeronautico Italiano, a cavallo tra gli anni 1954 e 1955.
2. La seconda fase è stata caratterizzata operativamente dalle attività di pre-processamento dati, ed ha previsto innanzitutto l'ortorettifica e la mosaicatura dei fotogrammi storici, e successivamente il miglioramento della qualità e accuratezza dei prodotti cartografici identificati.
3. La terza fase è quella vera e propria dell'Analisi Multitemporale e Multisorgente: il confronto diacronico dei datasets storici ha consentito di evidenziare i cambiamenti nell'uso del suolo e le trasformazioni del paesaggio.
4. La penultima fase ha sfruttato le moderne tecnologie di classificazione ad oggetti per ottenere un dato vettoriale relativo alla copertura boschiva degli anni '50, al fine di supportare le analisi quantitative sulle aree boscate.
5. La fase finale è quella relativa all'analisi vera e propria delle dinamiche forestali identificate, con la stesura del rapporto di Ricerca.

I risultati della ricerca si collocano all'interno dei "Nuovi scenari culturali e tecnologici nella conservazione e valorizzazione del patrimonio forestale" che coinvolge tutti gli attori che operano nei settori della gestione sostenibile, conservazione, nuovi segmenti di mercato riferiti alla risorsa foresta-legno, bioedilizia, filiera bosco-legno-energia, ecc... quali pubbliche amministrazioni, regioni, province, comuni, comunità montane, enti parco, associazioni, professionisti e ricercatori.

### L'ortorettifica dei fotogrammi aerei in assenza dei certificati di calibrazione

Il trattamento delle immagini del volo GAI è stato effettuato mediante il software Erdas LPS 9.3 che consente di mettere a disposizione appositi algoritmi di autocalibrazione (SCBA: Self-Calibrating Bundle Adjustment) basati su differenti modelli empirici, estremamente utili nei casi in cui sia necessario effettuare l'ortorettifica di fotogrammi aerei in assenza dei certificati di calibrazione. Su ogni singolo fotogramma sono stati determinati almeno nove punti d'appoggio, in modo da mantenerne il numero nelle zone di sovrapposizione sempre pari ad almeno sei, dato che la sovrapposizione longitudinale è pari a circa il 60 %. L'assenza dei certificati di calibrazione delle camere, fondamentali per la fase di orientamento interno, è stata agevolmente superata mediante l'utilizzo di questi algoritmi di autocalibrazione (SCBA) messi a disposizione dal software; limitandosi, quindi, all'inserimento dei parametri relativi a: lunghezza focale della camera, dimensione dei fotogrammi ed ipotizzando che il Punto Principale coincida esattamente con l'origine delle coordinate lastra.

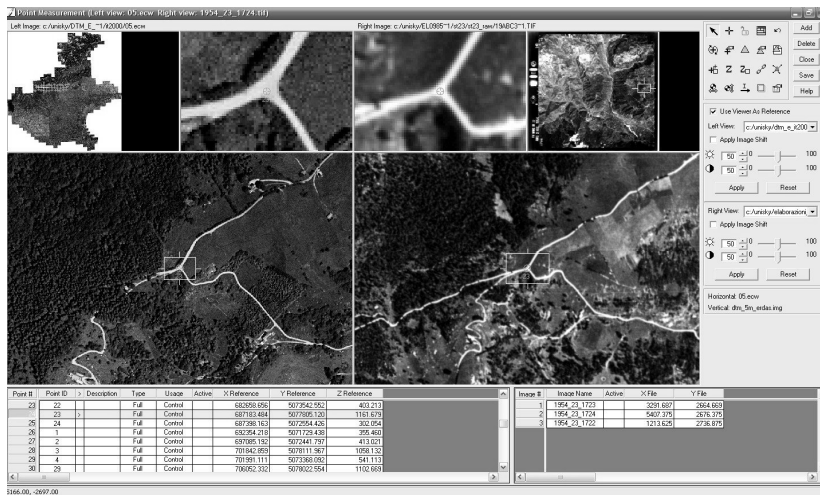


Figura 1 –Determinazione dei punti d'appoggio in LPS.

La ricostruzione della posizione e forma degli oggetti necessita la conoscenza della geometria del sistema che ha generato l'immagine. Le camere usate in fotogrammetria, definite camere metriche, producono fotografie che possono essere considerate, con adeguata accuratezza, proiezioni centrali degli oggetti nel campo visivo. La relazione tra le coordinate  $\xi$  ed  $\eta$  di un punto P' sull'immagine e le corrispondenti X, Y, Z di un punto P nello spazio reale osservato è illustrata nella Figura 2 e formulata matematicamente mediante le cosiddette equazioni di collinearità:

$$\xi = \xi_0 - c \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}$$

$$\eta = \eta_0 - c \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad [1]$$

Le trasformazioni formulate nelle equazioni di collinearità richiedono la conoscenza di nove parametri indipendenti, di cui tre vengono definiti "parametri di orientamento interno":

$\xi_0, \eta_0$  sono le coordinate immagine del punto principale PP  
 $c$  è la distanza principale (definita anche costante della camera)

Tali parametri vengono misurati in laboratorio e riportati sul certificato di calibrazione.

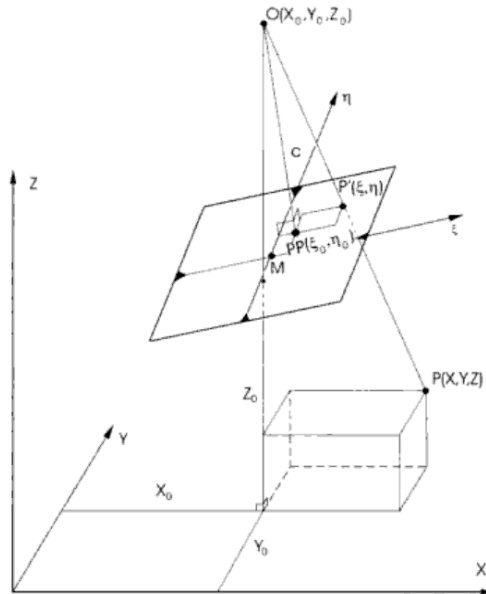


Figura 2 – Relazioni tra le coordinate assolute e le corrispondenti sull'immagine.

Attualmente la tecnica più utilizzata in aerofotogrammetria per la risoluzione delle equazioni di collinearità è il “bundle adjustment”, in cui si perviene ad una soluzione unica mediante una stima ai minimi quadrati. Quando vengono valutati contemporaneamente i parametri di orientamento interno si parla di “selfcalibrating bundle adjustment”. L'autocalibrazione è una metodologia originariamente utilizzata nella fotogrammetria terrestre, dove è molto frequente l'utilizzo di camere amatoriali (non metriche). Il suo utilizzo si rivela molto prezioso nel caso dell'elaborazione di fotogrammi aerei storici, in cui spesso il certificato di calibrazione è di difficile reperibilità e, inoltre, diventa rilevante la deformazione subita nel corso degli anni dal supporto fotografico. Formalmente le equazioni di autocalibrazione differiscono da quelle di collinearità per la presenza di due addendi  $Dx$  e  $Dy$ , chiamati “parametri aggiuntivi” in cui vengono incorporati i termini di un particolare modello empirico.

### Ortorettifica e mosaicatura

La procedura utilizzata per la mosaicatura delle ortofoto del volo GAI è stata realizzata utilizzando il modulo MosaicPro di ERDAS IMAGINE 9.3, successivamente incluso nella versione Professional del software e non più commercializzato come un modulo separato.

Sono state effettuate operazioni di bilanciamento dei toni di grigio e del contrasto del mosaico per uniformare i contrasti di luminosità tra i fotogrammi.

Infine un'operazione di Histogram matching adatta l'istogramma dei fotogrammi da mosaicare ad un fotogramma di riferimento precedentemente impostato (x su Ref nella tabella dei fotogrammi).

In fase di test sono stati confrontati i risultati ottenuti utilizzando anche il ColorBalancing ma non sono stati evidenziati miglioramenti cospicui.

I Seam polygons definiscono infine i poligoni necessari per la definizione delle porzioni dei fotogrammi che costituiranno il mosaico finale e per controllare che nelle prossimità delle seamline ci sia una corretta sovrapposizione dei fotogrammi. E' possibile editare a mano i seam polygons specialmente nelle aree critiche che non presentano una buona mosaicatura.

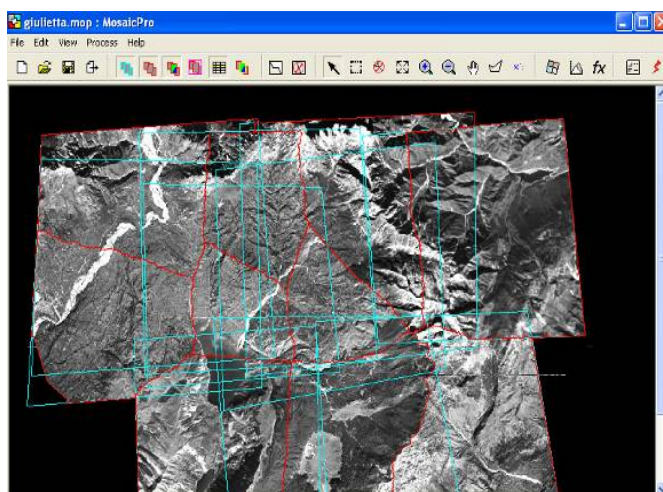


Figura 3 – La mosaicatura in ERDAS IMAGINE Mosaic Pro.

Una volta predisposti i mosaici delle singole strisciate del volo GAI, il territorio del Veneto è stato suddiviso in tiles di forma quadrata della dimensione di 10 km di lato su cui effettuare il processo di classificazione automatica ad oggetti.

Successivamente si è iniziato a lavorare per singola tile operando prima una segmentazione dinamica dell'immagine con i seguenti parametri:

- fattore di scala: 120
- fattore di forma: 0.3
- fattore colore: 0.7
- fattore di compactness: 05
- 

Una volta creati gli oggetti la procedura di classificazione tiene conto dell'inserimento manuale delle aree training sulla base dei seguenti parametri:

- valore medio di ogni oggetto
- valore di deviazione standard di ogni oggetto
- valore di Entropy (texture)
- valore di Dissimilarity (texture)

I primi layers vettoriali generati dal processo di classificazione del mosaico del volo GAI sono stati sottoposti a controllo manuale tramite foto interpretazione.

A titolo di esempio si riporta uno degli esiti:

PRIMA DEL COLLAUDO	DOPO IL COLLAUDO
Poligoni classificati come bosco: 2168	Poligoni classificati come bosco: 1980
Poligoni classificati come non bosco: 1455	Poligoni classificati come non bosco: 1643
N° OGGETTI TOTALE: 3623	N° OGGETTI TOTALE: 3623

Le successive operazioni di post-processing riguardano:

- check della topologia tra poligoni
- dissolve per aggregare poligoni adiacenti della stessa classe
- eliminazione delle aree isolate di superficie inferiore a 2000 mq.

## Conclusioni

Il modello empirico di autocalibrazione capace di fornire i risultati migliori in termini di contenimento dello scarto quadratico medio totale, a seguito dei numerosi test effettuati, è risultato essere quello di Brown a 14 parametri, che è in grado di compensare gli errori sistematici causati da errori di scansione durante l'acquisizione dei fotogrammi, eventuali deformazioni del film, difetti di planarità del film al momento della presa, ed altri. Eccezion fatta per alcune aree caratterizzate da forte variabilità altimetrica, o per porzioni di territorio che a causa dei notevoli cambiamenti nell'uso del suolo intercorsi dagli anni '50 ad oggi hanno reso difficoltosa la determinazione dei punti di riferimento nelle immagini aggiornate (ortofoto e immagini satellitari successive all'anno 2000), gli errori relativi a punti d'appoggio e check point sono stati contenuti sotto i 5 metri. L'efficacia dell'algoritmo sarà ulteriormente testata in futuro su aree di pianura in cui sono disponibili i certificati di calibrazione.

## Riferimenti bibliografici

Bibliografia da riviste:

Smith, J., 1987. "Close range photogrammetry for analyzing distressed trees". *Photogrammetria*, 42(1), pp. 47-56.

Bibliografia da libri

Smith, J., 1989. *Space Data from Earth Sciences*. Elsevier, Amsterdam, pp. 321-332.

Bibliografia da convegni:

Smith, J., 1987b. "Economic printing of color orthophotos" *Report KRL-01234*, Kennedy Research Laboratories, Arlington, VA, USA.

Smith, J., 2000. "Remote sensing to predict volcano outbursts". In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Kyoto, Japan, Vol. XXVII, Part B1, pp. 456-469.

Bibliografia da web site

Moons, T., 1997. Report on the Joint ISPRS Commission III/IV Workshop "3D Reconstruction and Modeling of Topographic Objects", Stuttgart, Germany. <http://www.radig.informatik.tu-muenchen.de/ISPRS/WG-III4-IV2-Report.html> (accessed 28 Sep. 1999)