

## **L'aerofototeca del CNR IRPI di Torino: gestione integrata in ambiente GIS**

Franco Godone (\*), Giovanni Rivelli (\*), Danilo Godone (\*\*)

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

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

### **Riassunto**

Il CNR IRPI di Torino dispone di una vasta raccolta di fotogrammi aerei in formato cartaceo. La copertura dei fotogrammi si estende per l'intero Bacino Padano e per i bacini idrografici Liguri e del Triveneto. I voli interessano un arco temporale che va dal 1954 fino al 2003. Una parte del patrimonio è costituito da copie di fotogrammi eseguiti a cura di altri enti territoriali (Istituto Geografico Militare, Amministrazioni Regionali e Provinciali,...) mentre altre riprese aeree sono state realizzate a cura del CNR su corsi d'acqua e zone interessate da eventi naturali situati nell'area di competenza.

I quadri di unione dei voli, suddivisi per fogli IGM a scala 1:100000, sono stati acquisiti in formato raster su scanner formato A0 e successivamente georeferenziati secondo il sistema di riferimento UTM-WGS84. Le aree di ricoprimento dei singoli fotogrammi sono state digitalizzate manualmente in formato vettoriale e nella tabella associata, tramite procedure semiautomatiche, è stata attribuita ad ogni singolo oggetto la codifica del fotogramma. Tale codifica è stata opportunamente strutturata per includere nella denominazione del fotogramma informazioni temporali, territoriali e gestionali, e associata in modo univoco ad ogni singolo fotogramma in fase di scannerizzazione.

L'insieme dei fotogrammi è in corso di inserimento in un sistema GIS, implementato nel software ArcMap 9.x™, integrato con supporti informativi territoriali, ad esempio idrografia, limiti amministrativi, etc. All'interno del sistema suddetto, tramite procedure automatizzate, elaborate in ambiente *Model Builder*™, è possibile effettuare delle selezioni per individuare insiemi di fotogrammi in funzione della zona di interesse (tratto fluviale, territorio comunale...) e produrre un report con l'elenco dei fotogrammi selezionati dalla procedura per il rapido reperimento dei files e visualizzarne la copertura territoriale.

Questo sistema integrato consentirà un impiego ottimizzato delle risorse della fototeca con la possibilità di impiegare i fotogrammi nei progetti interni all'Istituto e per la fruizione da parte di richiedenti esterni quali altri enti o professionisti.

### **Abstract**

*The Research Institute for Geo-hydrological Protection of Turin (IRPI Turin), of the Italian National Research Council, has an extensive collection of aerial photographs, on paper format. It covers the entire Po Basin and other river basins in northern Italy. Flights involve a period ranging from 1954 to 2003. Part of the archive consists of copies made by other local authorities (Military Geographical Institute, regional and provincial administrations, ...) while other photographs were made by CNR on watercourses and areas affected by natural events located in its area of competence.*

*Flight plans, divided by IGM sheets at 1:100000 scale, were acquired in raster format on A0 size scanner and then geo-referenced according to the UTM-WGS84 reference system. The cover areas of each photograph were manually digitized in vector format and in the associated table, by*

*semiautomatic procedures, the photogram encoding has been attributed to any single object. This tagging was appropriately structured to include in the image name: time, spatial and management data, associated uniquely to each image during scanning.*

*The entire set of frames is being input into a GIS system, implemented in software ArcMap 9.x™, integrated with geographic layers, such as hydrography, administrative boundaries, etc.. Within that system, through automated procedures, developed in Model Builder™ environment, the operator can perform queries to identify sets of images depending on the area of interest (river, municipality ...) and produce a report that lists photograms selected by the procedure for the optimized file retrieval and their coverage display.*

*This integrated system will allow an optimal use of resources from the photo archive with the possibility of using images in Institute's internal projects and for use by other applicants such as other institutions or professionals.*

### **Introduzione**

La fototeca del CNR IRPI di Torino ha in gestione e conserva decine di migliaia di fotogrammi aerei appartenenti a riprese eseguite in periodi diversi a copertura dei territori del bacino idrografico del Fiume Po e dei suoi affluenti dal 1954 al 2003. Alcuni territori sono coperti anche da riprese aeree degli anni '20, '30 e '40 del secolo scorso (fondo storico). Le riprese aeree, effettuate in modo sistematico, sono ordinate secondo i Fogli alla scala 1:100000 dell'Istituto Geografico Militare, dal Foglio 1 (Passo del Brennero) al Foglio 103 (Imperia). Per ogni Foglio sono collezionati più voli effettuati a distanza di 5-10 anni, che consentono di osservare i cambiamenti del territorio negli ultimi decenni. La prima ripresa organizzata a copertura dell'intero territorio nazionale (volo G.A.I.) è stata effettuata dal 1954 al 1955, con quote di volo 10.000 o 5.000 m. (<http://immagini.iccd.beniculturali.it/>).

Successivi aggiornamenti periodici sono disponibili fino al 1993.

La fototeca comprende anche numerose serie di fotogrammi che documentano gli effetti di eventi naturali avvenuti su ampie aree e caratterizzati da movimenti franosi, fenomeni di dinamica fluviale, colate detritiche torrentizie, evoluzione di ambienti glaciali etc. Tra questi, si ricordano le riprese aeree eseguite a seguito degli eventi del novembre 1968 (Biellese, Piemonte sett.), dell'agosto 1977 (Monte Rosa, Piemonte sett.), del maggio 1977 (Alessandrino, Piemonte merid.), dell'agosto 1978 (Val Toce, Piemonte sett.), del novembre 1982 (Val Taro, Emilia Romagna), del luglio 1987, del settembre 1992 e 1993 (Savonese e Genovese, Liguria), del novembre 1994 (Piemonte merid.), sino a giungere all'evento del Piemonte-Val d'Aosta dell'ottobre 2000.

Numerose ricerche di fotointerpretazione comparata sono state applicate alla valutazione di problemi di instabilità dei versanti e della rete idrografica, fornendo nel corso di questi anni preziose informazioni tecnico-scientifiche e sono state utilizzate per identificare probabili scenari di pericolosità e di rischio e per effettuare pianificazioni territoriali a diversa scala (Godone et al 2004; Garnero et al 2010).

Il repertorio della fototeca (quadri d'unione e fotogrammi) è stato oggetto di acquisizione su scanner per ottimizzarne la fruizione e consultazione. A tale fine è stata avviata la strutturazione di una procedura GIS. Tale attività consente la fruizione delle risorse informative contenute nell'aerofototeca facendo riferimento ai quadri d'unione opportunamente georiferiti in coordinate UTM-WGS84. Nella stessa procedura sono rappresentate anche altre informazioni geografiche come la rete idrografica, i limiti dei territori comunali, i centroidi con l'ubicazione dei comuni ed il loro codice ISTAT. In tal modo i fotogrammi potranno essere messi in relazione al bacino idrografico di appartenenza o al relativo territorio comunale.

### **Gestione aerofototeca**

Il servizio "Gestione aerofototeca" dell'IRPI di Torino (Beretta et al, 2006; Godone et al, 2010; Godone e Rivelli, 2010) è stato istituito con lettera del Direttore Prot. 585 in data 27/03/2009. Nel secondo semestre del 2009 sono state eseguite le prime operazioni orientate alla informatizzazione;

contestualmente è proseguita l'utilizzazione delle foto aeree da parte di utenti interni ed esterni. La prima attività ha riguardato la scansione dei quadri d'unione attualmente conservati su supporti cartacei ed eliografici. In questa fase sono stati digitalizzati 914 quadri d'unione con densità di scansione di 200 DPI con l'impiego di uno scanner HP mod. 815 formato A0; contemporaneamente sono stati digitalizzati fotogrammi appartenenti al volo IGM del 1954 relativi ai fogli IGM num. 68, 80 e 81 con densità di scansione di 400 DPI; sono stati anche digitalizzati fotogrammi del volo 1979 relativi ai fogli IGM num. 80 e 68.

Durante le fasi di scansione, la grande massa di informazioni è stata memorizzata in un server da 1.35 Tb in modalità RAID 1. Per maggiore sicurezza è stata eseguita una copia dei dati su DVD.

Contestualmente alla digitalizzazione dei fotogrammi, giornalmente, è stata acquisita una maschera di calibrazione che consente di controllare eventuali derive dimensionali dell'apparecchiatura utilizzata per la scansione.

In questa fase i fotogrammi aerei sono stati digitalizzati secondo il formato TIF senza fattore di compressione, in modo tale da non compromettere la qualità dell'immagine. Tale metodologia sarà applicata sistematicamente anche per la scansione dei restanti fotogrammi conservati nella fototeca. Al fine di ottimizzare la memorizzazione e distribuzione delle immagini *raster* si sta procedendo alla ricerca di un algoritmo di compressione ottimale (Mikhail et al, 2001).

### Codifica dei fotogrammi

Per facilitare l'informatizzazione della aerofototeca e per agevolare la memorizzazione della grande quantità di immagini scannerizzate, il servizio adotterà una numerazione sia dei fotogrammi che dei *files* prodotti nella fase di scansione con il seguente formato:

numerazione dei fotogrammi: **IIIAAAASSSSFFFFC** da 16 caratteri

III	Foglio IGM scala 1:100000
AAAA	Anno di ripresa
SSSS	numero della strisciata
FFFF	numero del fotogramma
C	C: per fotogrammi originali realizzati a cura del CNR IRPI E: per fotogrammi realizzati a cura di altri Enti e presenti in copia nell'aerofototeca

In totale 16 caratteri dovrebbero permettere di individuare in modo univoco ciascun fotogramma scannerizzato o inserito nella aerofototeca.

### Prove di acquisizione automatizzata

Al fine di acquisire informazioni utili alla informatizzazione della raccolta di foto aeree, è stata eseguita presso la rappresentanza italiana della Fujitsu<sup>TM</sup> una prova di scansione di fotogrammi aerei con l'impiego di un scanner mod. fi-6670A. Lo scanner provato consente la scansione di originali fino al formato A3, dispone di un caricatore (*ADF automatic document feeder*) che permette in 1 minuto primo di acquisire 50 fotogrammi stampati su carta pesante (240 g/m<sup>2</sup>). Facilita inoltre la numerazione dinamica e automatica dei *files* in uscita e tramite una scheda grafica interna (VRS) può correggere la resa cromatica delle immagini acquisite. Il test eseguito ha messo in luce anche la possibilità di impiego di questo tipo di scanner per la digitalizzazione dei documenti conservati nell'Archivio storico della UOS di Torino.

Nella pagina seguente le figure mettono in evidenza i risultati della scansione di un fotogramma aereo con l'impiego di uno scanner Fujitsu dotato di alimentatore ADF (Figura 1 - sinistra), la seconda immagine mostra il risultato della scansione dello stesso fotogramma effettuata con un scanner Epson (Figura 1 - destra).

Considerato il grande numero di fotogrammi contenuti nella aerofototeca, l'importante obiettivo di informatizzare la raccolta risulta evidente che l'impiego di uno scanner dotato di alimentatore ADF ridurrà notevolmente il carico di lavoro e i tempi di esecuzione.

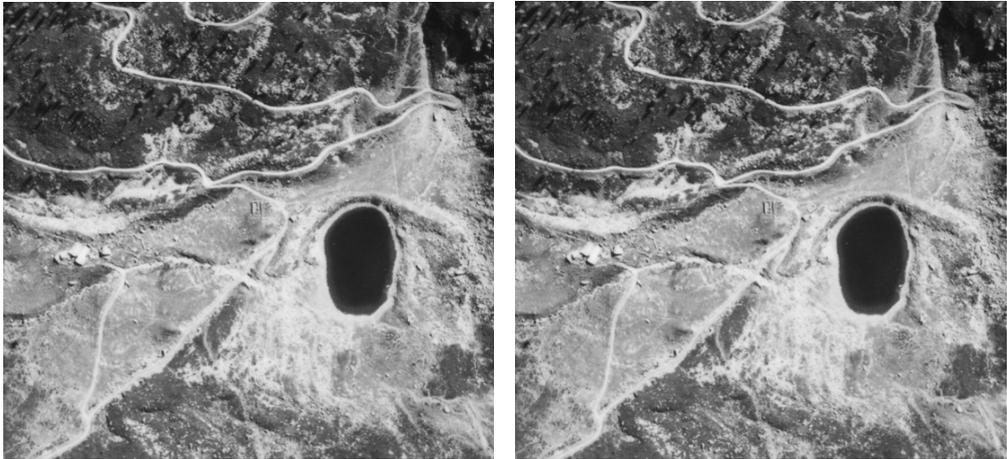


Figura 1 – Visione parziale del fotogramma 067197901550018 scannerizzato con scanner Fujitsu® fi-6670A (a sinistra) e con scanner Epson® GT15000 (a destra), densità 400 DPI, formato TIFF.

Nota: fotogrammi autorizzati a solo scopo di studio: Concessione n. 369 del 16/06/1980, Concessione n. 199 del 22/05/1981. Con lettera Prot. 4867 del 20/06/2003 l'Aeronautica Militare autorizza l'uso dei fotogrammi: "Il presente documento rilasciato a solo scopo di studio è reso libero per gli usi consentiti dalla Legge – DPR 367 del 29/09/2000".

### Gestione della aerofototeca con tecniche GIS

La gestione informatizzata del repertorio dell'aerofototeca necessita, data la consistente quantità di fotogrammi, di un sistema integrato di gestione dati. In ambiente GIS è stato quindi strutturato un sistema che permette la gestione di detti dati e ottimizza la ricerca dei fotogrammi in relazione ad elementi geografici. Nella fattispecie è stato impiegato il *software* ArcMap 9.x™.

I quadri d'unione dei singoli fogli, in formato *raster*, sono stati georeferenziati tramite le coordinate dei loro vertici riferite al sistema UTM-WGS84 forniti dall'Istituto Geografico Militare (Firenze). I ricoprimenti di ogni singolo fotogramma sono stati quindi digitalizzati in formato *shapefile* e ad ogni *feature* è stato attribuito tramite procedure semiautomatiche di *field calculation* un codice univoco, come precedentemente specificato.

Al fine di consentire la ricerca dei fotogrammi in funzione di elementi territoriali, sono stati inseriti nel sistema gli strati informativi relativi all'idrografia, messo a disposizione dall'Autorità di Bacino del Fiume PO, ai confini comunali, messi a disposizione dai repertori cartografici regionali, e ai Fogli a scala 1:100000 forniti dall'Istituto Geografico Militare.

È stata quindi definita una procedura in ambiente *Model Builder*™ per automatizzare le operazioni illustrate in precedenza (Figura 2). Al fine di favorire la fruizione della fototeca, la suddetta procedura è stata implementata in un'interfaccia grafica di facile utilizzo. Gli output della procedura sono la selezione dei singoli fotogrammi nell'interfaccia GIS e la generazione di un *report* ASCII contenente le coordinate UTM-WGS84 del centroide di ogni fotogramma e la relativa codifica.

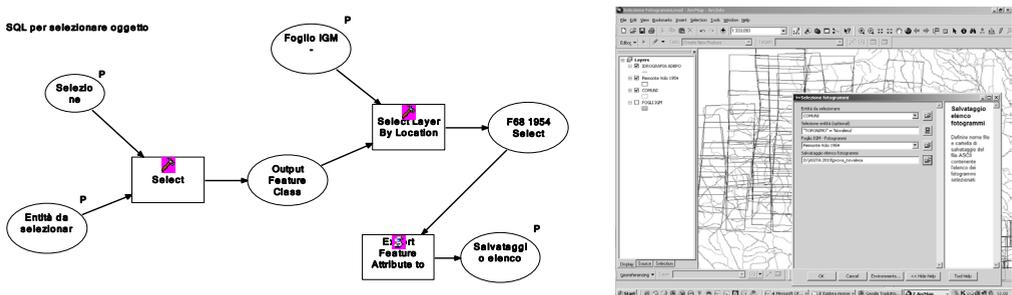


Figura 2 – Procedura di selezione fotogrammi, diagramma di flusso (a sinistra) e interfaccia grafica (a destra).

È stato quindi effettuato un test con la rappresentazione di alcuni quadri d'unione relativi al Foglio IGM numero 68 con l'obiettivo di verificare la funzionalità della procedura, attualmente è in applicazione sull'intera raccolta di fotogrammi. Nella formazione del sistema geografico occorre considerare la mole dei dati che verranno interessati; per tale motivo si pensa di organizzare i progetti GIS suddivisi per anno.

Per facilitare il riconoscimento dei fotogrammi sul territorio ed evidenziare eventuali modificazioni avvenute nelle zone considerate si è proceduto alla conversione dei livelli informativi rappresentanti i ricoprimenti dei quadri di unione in formato *kml/kmz* per consentirne la visualizzazione in ambiente *Google Earth™* e per l'eventuale invio ad utenti esterni all'Istituto (Figura 3).

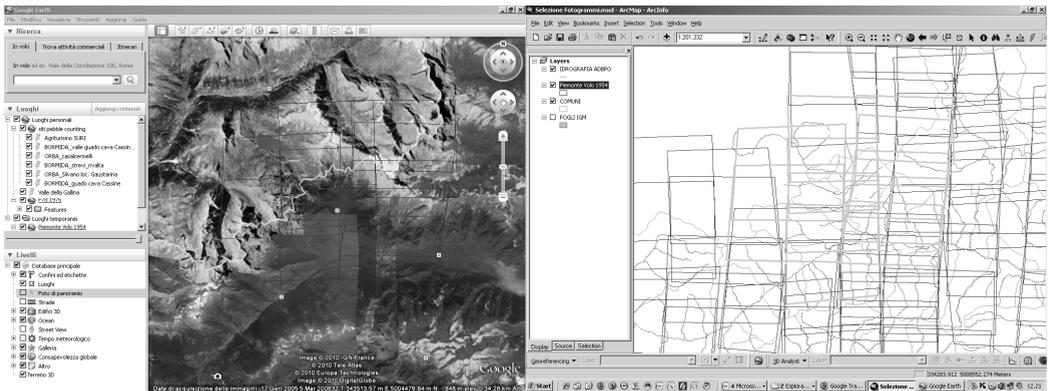


Figura 3 – Visualizzazione delle entità selezionate in *Google Earth™*.

## Conclusioni

L'attività presentata nell'articolo descrive le fasi di lavoro realizzate per iniziare l'informatizzazione della raccolta delle immagini aeree contenute nell'aerofototeca del CNR IRPI di Torino.

Questo lavoro ha due aspetti prioritari: il primo consentirà, tramite la digitalizzazione, di salvaguardare le immagini fotografiche dal degrado dovuto al passare degli anni e consentire la loro consultazione evitando la manipolazione degli originali.

Il secondo risultato ottenuto, non meno importante del primo, mediante procedure GIS, è quello di permettere la fruizione del patrimonio informativo contenuto nelle immagini della fototeca in modo rapido ed integrato da informazioni geografiche che consentiranno una rapida localizzazione dei fotogrammi aerei.

### **Ringraziamenti**

Si ringraziano: Pier Giuseppe Trebò per la collaborazione alla scansione dei fotogrammi; Paolo Allasia per la configurazione del server ; Javier Hanco Illa per la digitalizzazione dei quadri di unione eseguita nell'ambito di uno stage formativo attivato in collaborazione con l'ENAIIP.

### **Bibliografia**

- Beretta E, Maraga F, Rivelli G. (2006), “Repertorio di voli aerofotogrammetrici per l'Italia settentrionale, copertura di grandi e piccole aeree (aggiornamento al dicembre 2006)”, *Rapporto Interno IRPI 2006/15*, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- 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.
- Godone F, Rivelli G. (2010), “Attività del servizio “Gestione Aerofototeca”, *Rapporto Interno IRPI 2009/04*, Consiglio Nazionale delle Ricerche
- Godone F, Rivelli G, Trebò P. G. (2010), “Attività del servizio “Gestione Aerofototeca” – II° semestre”, *Rapporto Interno IRPI 2009/13*, Consiglio Nazionale delle Ricerche
- Mikhail, M.E., Bethel, J.S., Mc Glone, J.C., (2001). “Introduction to Modern Photogrammetry”, *John Wiley and Sons*, 496 pp.