

## FOTORESTITUZIONE DIGITALE DELLA LINEA DI RIVA: AREA CAMPIONE DEL DELTA TIBERINO (\*)

A. Biasini<sup>(1)</sup> - M. C. Salvatore<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Dip. to di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

<sup>(2)</sup> Dottorato di Ricerca, Dip. to di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

RIASSUNTO - *Fotorestituzione digitale della linea di riva: area campione del delta tiberino* - Il Quaternario, 8(1), 1995, 263-266 - In questa nota vengono illustrati i mezzi e le tecniche impiegate nel rilevamento di alcuni dati di interesse alle ricerche sulla dinamica costiera. La metodologia adottata si basa principalmente sull'impiego di fotografie aeree stereoscopiche e di un fotorestitutore digitale: le procedure seguite consentono, tra l'altro, di superare il problema del corretto trasferimento dei dati di fotointerpretazione sulle basi cartografiche e di fornire dati georeferenziati gestibili all'interno di sistemi informativi geografici.

ABSTRACT - *Digital stereoscopic plotting of coastlines: the Tiber delta sample area* - Il Quaternario, 8(1), 1995, 263-266 - The paper illustrates tools and techniques used to obtain data useful for studies of coastal dynamics. The methodology is based mainly on stereoscopic aerial photographs and their digital stereoscopic plotting. The procedures allow to overcome the problem of the correct transfer of photointerpretation data and allow georeferenced data to be managed within geographic information systems.

Parole chiave: Linee di riva, fotorestituzione digitale, delta del Tevere, Italia centrale  
Key-words: Coastlines, digital stereoplotting, Tiber delta, central Italy

Le variazioni della linea di riva sono da tempo individuate confrontando i dati rilevati da fotografie aeree zenitali eseguite in epoche differenti (Biasini, 1981). Le linee sono riferite a punti ben individuabili nei fotogrammi e nelle basi topografiche su cui vengono trasferite, in genere mediante strumenti ottici più o meno complessi. Raramente questa operazione viene eseguita per via fotogrammetrica a causa dei tempi necessari (generalmente non brevi) e dei costi elevati.

La precisione nel trasferimento dipende dalla scala e dal dettaglio della carta relativamente ai particolari utilizzabili come punti di riferimento. L'accuratezza della linea trasferita è influenzata dallo strumento usato, oltre che dalle condizioni del mare e dalla presenza del riflesso solare nel momento della ripresa, in quanto alterano la qualità dell'immagine fotografica.

L'analisi delle linee così rilevate e rappresentate, il loro aggiornamento e l'integrazione con dati provenienti da altre fonti, il confronto tra diverse situazioni fisiografiche vengono frequentemente effettuati tramite i sistemi informatici, dopo che è stata costituita una adeguata banca dati.

Questa nota intende mostrare alcuni motivi di novità nei mezzi e nelle tecniche impiegate nel rilevamento e nel trattamento di alcuni dei dati necessari alle ricerche sulla dinamica costiera.

Si tratta in generale:

- dell'impiego di fotografie aeree a piccola scala



Fig.1 - Isola Sacra. Porzione di fotografia aerea pancromatica dell'apice deltizio del F. Tevere, facente parte del "Volo Italia 1988-'89". Da questa copertura sono stati restituiti fotogrammetricamente i dati con i quali è stata realizzata la cartografia numerica di Figura 2. (Concessione S.M.A. 1-390 del 07/08/1995)

*Isola Sacra. Pancromatic aerial photograph from the "Volo Italia 1988 - 89" collection showing the apex of the River Tiber delta. Data in Figure 2 come from this photographic cover. (S.M.A. 1-390 permission granted 07/08/1995).*

per l'individuazione delle linee di riva, dell'uso e copertura del suolo e della geomorfologia della zona costiera;

- della fotorestituzione digitale degli elementi individuati per fotointerpretazione;

- dell'elaborazione digitale delle immagini per il miglioramento della visibilità degli elementi di interesse;

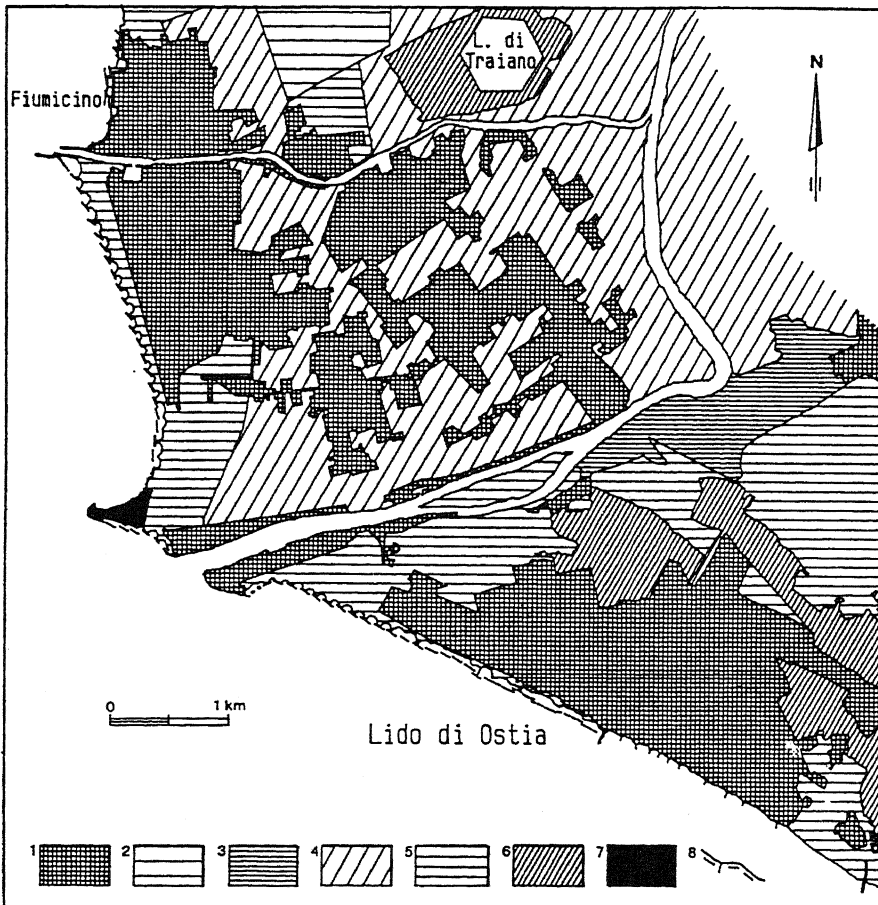
- dell'impiego dei modelli tridimensionali e/o dei

(\*) Lavoro presentato al Convegno "Una nuova geologia per l'ambiente", tenuto a Genova il 29-30 giugno 1993.

Tabella 1 - Risultato dell'orientamento assoluto di uno dei modelli impiegati nella fotorestituzione digitale dei dati cartografici, dei quali uno stralcio è mostrato in Fig. 2. X, Y e Z sono le coordinate U.T.M. e le quote dei punti localizzati sulle tavolette IGMI 1:25.000 (dal n° 1 al n° 11) e sul modello adiacente; dx, dy e dz gli scarti con le coordinate planoaltimetriche misurate sul modello georeferenziato. Si noti che gli errori planimetrici *standard* risultanti sono inferiori ad 1/100 di mm nella scala fotografica di ~ 1:70.000.

*Result of the absolute orientation of one of the models used for the digital photogrammetry shown in Fig. 2. X, Y and Z are U.T.M. coordinates and elevation of the points located on the 1:25,000 map of the IGMI (from n° 1 to n° 11) and on the georeferenced model. Standard errors on "x" and "y" are lower than 1/100 of mm at a scale of 1:70,000.*

MODEL ABSOLUTE ORIENTATION RESULTS: \temp\delta5						
1	X=266270.00	dx= -2.64	Y=4642234.00	dy= 3.04	Z= 3.00	dz=-3.18
2	X=266961.00	dx= 1.52	Y=4643691.00	dy= -0.91	Z= 7.00	dz= 3.79
3	X=263417.00	dx= 18.34	Y=4644499.00	dy= -10.27	Z= 5.00	dz= 0.10
4	X=259853.00	dx= -0.45	Y=4646582.00	dy= -1.93	Z= 6.00	dz= 3.04
5	X=263634.00	dx= 4.48	Y=4646556.00	dy= -8.64	Z= 15.00	dz=-4.38
6	X=264009.00	dx= 2.29	Y=4646338.00	dy= 8.27	Z= 16.00	dz=-3.12
7	X=265960.00	dx= 3.60	Y=4645700.00	dy= 11.59	Z= 13.00	dz= 3.75
8	X=264846.00	dx= -6.04	Y=4643509.00	dy= -8.90		
9	X=259447.00	dx= -2.27	Y=4646759.00	dy= 0.37		
10	X=262790.00	dx= 11.12	Y=4646796.00	dy= 7.25		
11	X=261051.00	dx= -8.94	Y=4646725.00	dy= -1.49		
12	X=265578.00	dx= 3.32	Y=4641173.00	dy= -4.26		
13	X=265915.00	dx= 1.58	Y=4640580.00	dy= 0.99		
14	X=265717.00	dx= 0.57	Y=4640471.00	dy= -3.20		
15	X=266767.00	dx= -1.53	Y=4640814.00	dy= 0.01		
16	X=265856.00	dx=-12.46	Y=4643842.00	dy= 2.59		
17	X=265915.00	dx= -4.19	Y=4644528.00	dy= 1.83		
18	X=264927.00	dx= -2.83	Y=4641840.00	dy= 0.09		
19	X=268126.00	dx= -5.47	Y=4642018.00	dy= 3.56		
Standard Error:		mX=6.71	mY=5.54	mZ= 3.31		



dati fotorestituiti come base dei rilevamenti provenienti da altre indagini (dirette e per telerilevamento);

- dell'impiego di un sistema informativo geografico per la gestione dei dati;
- della produzione di cartografia numerica.

La succinta descrizione che segue si basa sulle metodologie applicate per una ricerca avviata sul delta del Fiume Tevere.

Le fotografie aeree a piccola scala sono quelle del "Volo Italia 1988-89", concesse dal Ministero dell'Am-biente al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Uni-versità di Roma "La Sapienza". Come è noto (Biasini, in stampa) si tratta di fotografie pancromatiche stereoscopiche in scala nominale 1:70.000, la cui risoluzione a terra è dell'ordine di 50 cm nelle condizioni di contrasto medie tra spiaggia e acqua, lungo la linea di riva.

L'estensione della costa in un fotogramma può raggiungere valori elevati nelle situazioni più favorevoli di orientamento della riva rispetto ai lati del fotogramma (superiore a 20 km), come si vedrà a tutto vantaggio dei tempi di restituzione dei dati (Fig. 1).

La localizzazione e la digitalizzazione degli elementi di interesse, siano essi lineari, areali o puntuali, viene effet-

Fig. 2 - Linea di riva, opere di difesa e uso del suolo della zona apicale del delta tiberino. La carta è realizzata per via automatica con dati fotointerpretati e tramite fotorestituzione digitale. 1 = insediamento urbano; 2 = zona aeroportuale; 3 = zona archeologica; 4 = area ad uso agricolo a prevalente copertura erbacea; 5 = area improduttiva (arenili) e incolto; 6 = pineta litoranea e macchia mediterranea; 7 = moli; 8 = opere di difesa longitudinali aderenti e distaccate, trasversali, ecc.

*Shoreline, coastal defence and land use of the apex of the River Tiber delta. The map has been drawn on the basis of aerial photographs using a digital photogrammetric system. 1 = urban area; 2 = airport zone; 3 = archaeological site; 4 = agricultural area with prevalence of herbaceous cover; 5 = unproductive (sandy shore) and uncultivated area; 6 = coastal pine wood and Mediterranean maquis; 7 = wharves; 8 = longitudinal, transversal, and other coastal defences.*

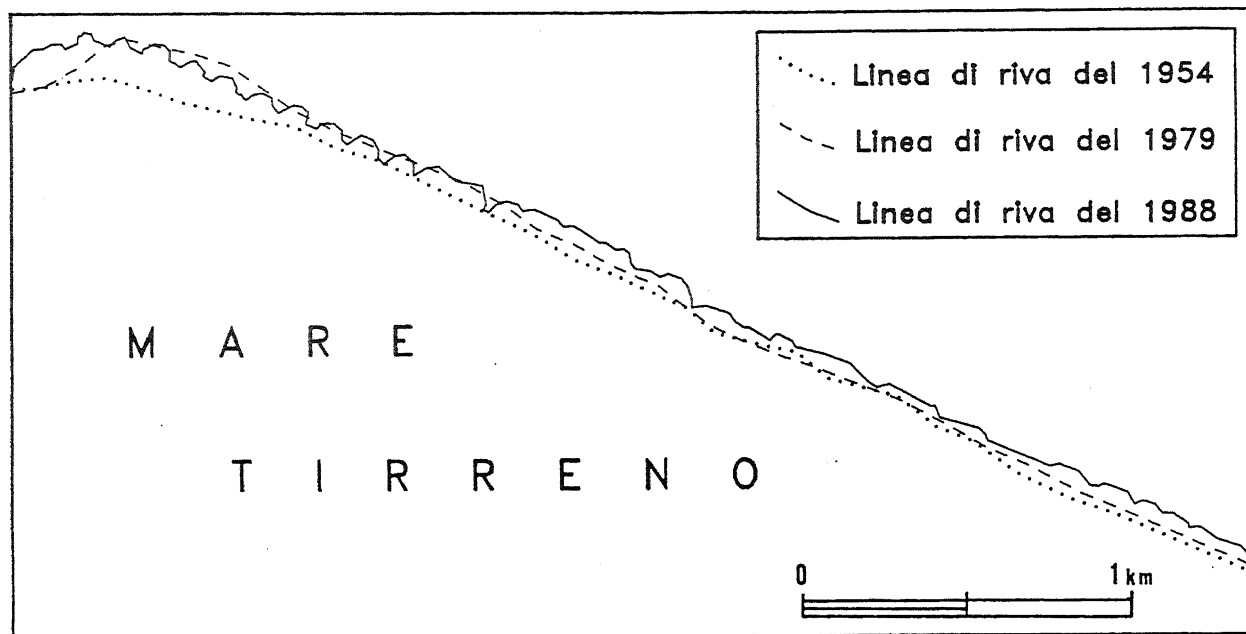


Fig. 3 - Linee di riva comprese nel tratto di costa tra la foce del F. Tevere e il Lido di Ostia. La linea del 1954 è stata rilevata dal foglio IGMI 1:100.000 (F. 149 - Cerveteri); quella del 1979 dall'*Atlante delle spiagge Italiane* alla stessa scala; la linea di riva del 1988 è restituita per via digitale dalle fotografie aeree in scala 1:70.000. Le prime due, digitalizzate con il GIS-ILWIS sono confrontabili con quella fotorestituita in quanto i modelli tridimensionali dai quali proviene, sono stati orientati sugli stessi punti impiegati per la messa in scala delle carte.

*Shorelines between the Tiber River mouth and the locality Lido di Ostia. The 1954 shoreline is taken from the Sheet 149 (Cerveteri) at the 1:100,000 scale edited by the IGMI; the 1979 shoreline is from Atlante delle Spiagge Italiane using the same scale; the 1988 shoreline is drawn using a digital stereoscopic plotting instrument and from aerial photographs at the 1:70,000 scale. The first two shorelines, GIS - ILWIS digitalised, are comparable with those mapped by photogrammetric methods. The 3D models from which they derived are oriented to the same points used to set the map scale.*

tuata per fotorestituzione, utilizzando un comune personal computer e mediante l'impiego di un software progettato per la misura delle coordinate planoaltimetriche dalle convenzionali fotografie stereoscopiche.

La procedura seguita, già adottata per effettuare l'aggiornamento del *Catasto dei Ghiacciai Italiani* (Biasini & Salvatore, in stampa), prevede:

a) l'individuazione e posizionamento sulle fotografie aeree e sulle tavolette IGMI di un sufficiente numero di punti (punti di appoggio), da utilizzare in seguito per la referenziazione geografica dei dati rilevati dalle fotografie aeree;

b) la creazione di un *file* contenente le coordinate dei punti di appoggio, attraverso l'impiego di un digimetro supportato da un sistema informativo geografico. Tale *file* viene utilizzato nella fase di fotorestituzione per l'orientamento assoluto del modello;

c) la scansione delle fotografie aeree alla risoluzione di 600 punti per pollice. La risoluzione di scansione comporta una risoluzione cartografica di circa 0.125 mm alla scala 1:25.000 e di 0.08 mm alla scala 1:40.000. Le dimensioni del *file* di ogni immagine rasterizzata è di circa 30 megabytes. Le immagini rasterizzate possono essere elaborate informaticamente al fine di migliorare la visibilità di elementi di particolare interesse. Nel caso delle

analisi di ambienti costieri tramite le fotografie pancromatiche è stato possibile migliorare la visibilità delle linee di riva e delle opere di difesa mediante una funzione chiamata *pseudo color* nel modulo *color lut* del GISILWIS, il quale assegna colori diversi a toni di grigio anche molto vicini tra loro.

Le operazioni sopra citate costituiscono la fase preliminare alle procedure prettamente fotogrammetriche di orientamento delle fotografie aeree e del modello stereoscopico che vanno a costituire e, in seguito, di restituzione fotogrammetrica della linea di riva, delle opere di difesa, delle aree edificate, ecc.

Il *software* impiegato provvede alle note operazioni di:

1) orientamento interno, con il quale, come è noto, viene individuata la posizione del centro di proiezione dal quale risulta costruita ogni immagine fotografica; tale operazione consente anche di determinare i parametri di trasformazione delle coordinate *raster* in coordinate fotografiche;

2) orientamento relativo, con il quale viene ricostruita la posizione reciproca posseduta dalle due fotografie nella fase di ripresa; eseguito tale orientamento viene creato uno stereomodello (visibile tridimensionalmente sul *monitor* mediante un visore) sul quale è possibile localizzare un punto nello spazio e misurare le coordina-

te  $x$ ,  $y$  e  $z$  nel modello;

3) orientamento assoluto, ovvero conoscere la posizione del modello stereoscopico rispetto alla porzione di territorio in esso contenuto e quindi correlare le coordinate del modello a quelle del terreno. Questa operazione, con la quale avviene la messa in scala del modello, dati gli angoli corretti alle direzioni e, in ultimo, rese verticali le immagini delle verticali del terreno, viene effettuato imponendo ai punti di appoggio le coordinate terreno  $X$ ,  $Y$  e  $Z$ , precedentemente individuate (vedi punti "a" e "b") (Tab. 1). Una volta ultimata tale operazione per un modello stereoscopico, si provvede a rilevare dallo stesso alcune coordinate terreno da impiegare per l'orientamento assoluto di modelli adiacenti o di altre levate fotografiche. Ciò consente non solo di incrementare i punti di appoggio ma anche di correlare le immagini di qualsivoglia levata fotografica senza l'intermediazione di una rappresentazione cartografica.

Ultimata questa fase, il *software* consente la registrazione delle coordinate delle due marche di misura, visibili sulle immagini che compongono il modello; attraverso un digimetro, si provvede a far coincidere plano-altimetricamente le marche ai punti di interesse situati sul modello tridimensionale. Con questa operazione di restituzione fotogrammetrica vengono digitalizzate punto dopo punto le linee di riva, le opere di difesa, i limiti dell'uso e copertura del suolo, ecc (Fig. 2).

Il *software* consente inoltre l'attribuzione di codici

alfanumerici ad ogni elemento digitalizzato permettendo la costituzione di una banca dati. I *files* contenenti gli elementi grafici possono essere convertiti in formati gestibili all'interno di *software* dedicati alla cartografia numerica e di sistemi informativi geografici: in questi ultimi i dati fotogrammetrici e quelli provenienti da altre fonti permettono la produzione di informazioni sul territorio e di cartografia tematica (Fig. 3).

## BIBLIOGRAFIA

- Biasini A., 1981 - *Variazioni della linea di riva: dalle aerofotografie alla cartografia automatica mediante sistemi grafici*. Boll. Soc. Geol. It., **99** (1980), 281-287.
- Biasini A. & Salvatore M.C. (in stampa) - *Fotogrammetria digitale e cartografia glaciologica*. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, Pavia.
- Biasini A. (in stampa) - *Caratteristiche e impieghi delle fotografie aeree da alta quota dell'Italia*. Atti del IV° *Workshop* del Progetto Strategico del C.N.R. "Clima, ambiente e territorio nel Mezzogiorno", Potenza, 26-29 Nov. 1990.
- CNR, 1984 - *Atlante delle Spiagge Italiane*.
- Manoscritto ricevuto il 12. 7. 1993*  
*Inviato all'Autore per la revisione il 31. 3. 1994*  
*Testo definitivo ricevuto il 7. 8. 1995*