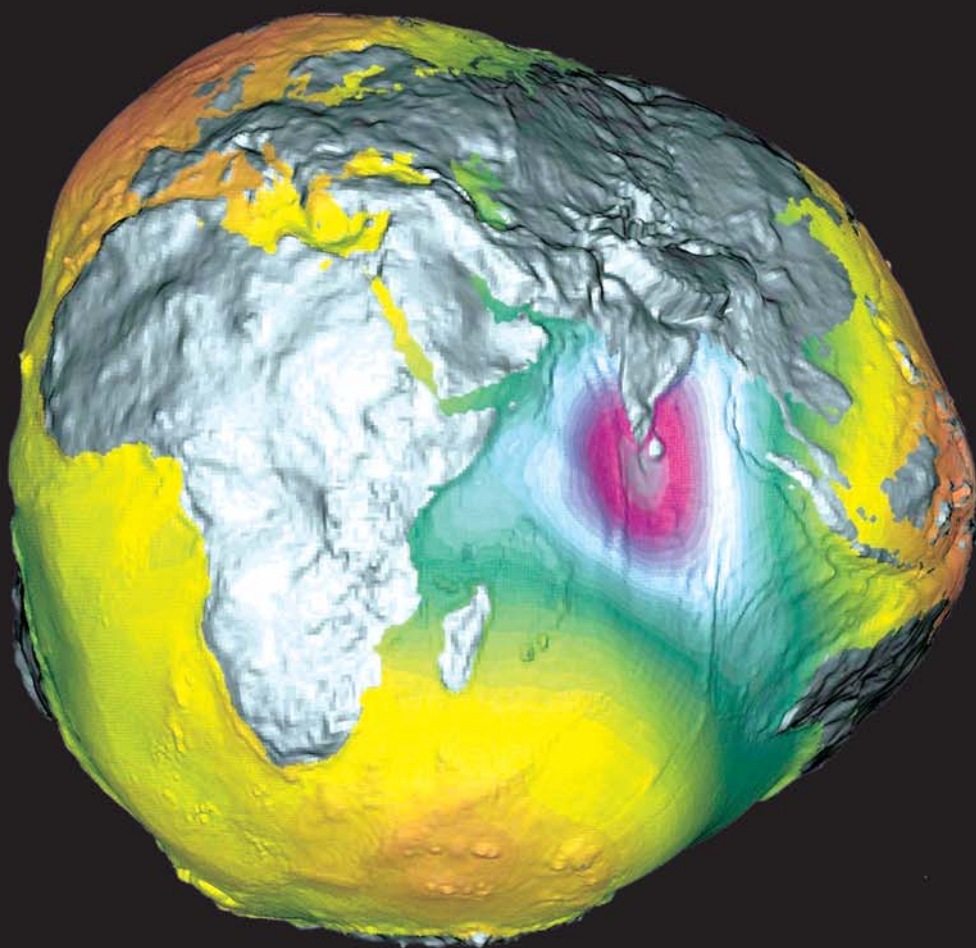


N° 4
2008

Rivista bimestrale - anno 12 - Numero 408 - Spec. in abb. postale 70% - Filiale di Roma

GEO MEDIA

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente



► **La Protezione Civile e la gestione degli incendi di interfaccia**

► **Realtà Aumentata e GIS in difesa dell'ambiente**

► **L'analisi spaziale a supporto della filiera agroenergetica**

► **La cartografia storica rivive grazie al digitale**

► **Termina l'attesa per il lancio di GOCE**

Cartografia storica: valorizzazione e fruizione in ambiente digitale

di Gabriele Bitelli e Giorgia Gatta

La cartografia antica costituisce un patrimonio di inestimabile valore culturale e storico ed uno strumento di conoscenza essenziale nello studio dell'evoluzione del territorio e nella comprensione e progettazione dell'assetto presente e futuro. Questo prezioso patrimonio va conservato e protetto nella sua forma originaria, laddove necessario restaurato, trattandolo con interventi che riducano al minimo l'inevitabile deterioramento dei materiali e dei supporti, ma al contempo è necessario salvaguardarne l'esistenza ricorrendo alle possibilità offerte dalle nuove tecnologie.

Il metodo migliore per salvaguardare mappe antiche o comunque rare è la riproduzione in formato digitale della cartografia storica, che consente non solo di conservare in una copia fedele l'informazione del manufatto cartografico, ma anche di rendere più facilmente accessibile questa informazione, solitamente utilizzata solo per studi specifici. La disponibilità di una carta storica in ambiente digitale, con la salvaguardia delle proprietà metriche ad essa associate, non è infatti solamente una garanzia per la sua conservazione nel futuro, ma può favorire o rendere possibili un ampio spettro di ricerche ed applicazioni:

- può essere di supporto a studi, spesso a carattere multidisciplinare, che consentano di ampliare le conoscenze sulle caratteristiche e la genesi della carta, sia dal punto di vista geometrico che descrittivo e semantico;
- può rendere possibile compararne in modo oggettivo i contenuti con le rappresentazioni successive, sfruttando per esempio le potenzialità dei sistemi informativi geografici;
- può permettere nuove modalità di visualizzazione grazie alle opportunità offerte dalla elaborazione digitale delle immagini, esaltandone il contenuto espressivo grazie a nuovi metodi di rappresentazione (per esempio con animazioni dinamiche o visualizzazioni tridimensionali);
- può supportare modalità di diffusione e distribuzione di questo genere di informazione via rete, mediante sistemi webGIS, sfruttando efficaci metodologie database di archiviazione, catalogazione e consultazione.

Questo ambito di applicazione di tecniche e tecnologie digitali alla cartografia storica ha dunque una parentela solo lontana con la "storia della cartografia"; si concentra più che altro nel mettere a punto o adottare adeguate metodologie di acquisizione digitale del dato e modalità efficaci per la sua fruizione, che vanno oltre quelle consentite dal supporto analogico. L'interesse su questi temi è crescente; ne è una riprova per esempio la recente costituzione in ambito ICA (International Cartographic Association) della *Commission on Digital Technologies in Cartographic Heritage*.

Su queste tematiche il contributo della geomatica è evidentemente essenziale e destinato ad ampliarsi ulteriormente in un contesto interdisciplinare.

Digitalizzazione di carte storiche

La conversione in ambiente digitale delle mappe antiche è un processo delicato, in quanto deve soddisfare due necessità: da un lato non danneggiare il supporto originario, dall'altro assicurare una precisione elevata, diminuendo il più possibile le deformazioni dovute al processo di acquisizione. Esistono sostanzialmente due tecniche per acquisire il dato: la *scansione diretta* della mappa, soluzione più frequente, oppure l'*acquisizione per via fotogrammetrica o con laser a scansione*. La scelta dipende dalle condizioni di conservazione della carta, dalle sue dimensioni, dall'ambiente in cui essa viene conservata, dal tipo di supporto (che potrebbe essere non piano nel caso di carte su legno, tessuto o altri materiali, mappamondi o modelli tridimensionali, carte stampate su atlanti, carte alterate da forti deformazioni subite nel corso del tempo).

Nel primo caso si ricorre a scanner piani (l'uso di scanner a rullo non è in genere opportuno) che forzano la mappa a rimanere piana e senza deformazioni sotto un coperchio o una lastra trasparente, oppure a sistemi basati su dorsi digitali ad alta risoluzione; nelle varie soluzioni cambiano le risoluzioni geometriche e radiometriche raggiungibili e così pure il formato acquisibile – si va dall'A3 fino all'A0 o superiori. Esistono scanner realizzati appositamente per la scansione ad alta fedeltà di grandi carte (figura 1), basati in genere su un principio di acquisizione ottico-digitale a CCD mono o tri-lineari, con bassa distorsione ed elevata fedeltà nella riproduzione dei colori.

L'approccio fotogrammetrico, che ovviamente è da preferirsi nel caso in cui l'oggetto non sia piano e si voglia evitare ogni contatto con la superficie, prevede l'acquisizione di due o più fotogrammi della carta, generalmente con assetto il più possibile pseudo-normale. Una volta risolto il problema dell'orientamento interno (note da calibrazione anche le distorsioni dell'obiettivo), e quello esterno (mediante punti di

Figura 1 -
Sistemi per
digitalizzazione di
carte a grande
formato





Figura 2a e 2b - La Ichnoscenografia di Bologna di Filippo de' Gnudi (1702) e le fasi di georeferenziazione: identificazione dei GCP, analisi grafica dei parametri di deformazione locale, immagine finale.

Point Name	Pixel X	Pixel Y	Projected X	Projected Y
173_Pal_DeiNotai	2599.67	2375.19	686344.442	4929555.488
100_S_Salvatore	3172.44	2610.7	686029.213	4929608.536
51_S_CaterinaDiSaraopora	4271.08	2078.81	685531.665	4929154.857
87_S_MariaDeiCieili				4929449.964
107_Archiginnasio				4929324.640
28_S_MariaDelPonteDelle				4930099.772
20_S_FilippoGiacomoDei				4930291.646
213_CasaBergellini				4929602.535
101_Pal_Scappi				4929780.798
01_Pal_Aldrovandi				4930037.046
03_CasaRipetati				4930070.276
04_S_Bartolomeo				4930160.770
04_Pelezzobonasoni				4930113.616



controllo misurati in alta precisione), si possono generare il modello digitale della superficie della mappa (DSM) e conseguentemente le ortofoto, dalla cui mosaicatura deriva l'immagine finale. Un approccio analogo può essere adottato con sistemi laser a scansione, per esempio del tipo a triangolazione, accoppiando al sistema di misura 3D l'acquisizione radiometrica del colore oppure limitandosi alla sola generazione del DSM per poi effettuare su questo il *texture mapping* con le immagini.

Georeferenziazione, esame delle deformazioni, inserimento GIS

Una volta digitalizzata, la carta deve essere georeferenziata, per associare alla geometria dell'immagine scansionata un contenuto metrico, che poteva essere posseduto inizialmente o che viene attribuito sulla base di informazioni esterne. Con il termine "georeferenziazione" si intende il processo di assegnazione di una coppia di coordinate oggetto (in un certo sistema di riferimento) a ciascun pixel dell'immagine raster. Questo processo si realizza mediante due passaggi fondamentali:

- una trasformazione geometrica, i cui parametri vengono determinati dalle coordinate nel sistema immagine ed in quello oggetto di un sufficiente numero di punti di controllo (GCP), misurati per esempio da rilievo a terra o desunti da cartografia attuale. Le trasformazioni adottate possono essere di diverso genere: conformi, affini, proiettive, polinomiali, ad elementi finiti;
- il ricampionamento (*resampling*) dell'immagine, effettuato con tecnica NN o bilineare o per convoluzione cubica, applicando a tutti i pixel dell'immagine i parametri di trasformazione in precedenza calcolati e generando in uscita il file immagine finale con associati i dati di georeferenziazione e possibilmente di geocodifica; esempi molto comuni sono il formato *Geotiff* oppure, per la sola georeferenziazione, l'uso di un *world file* associato all'immagine raster.

Lavorando con cartografia storica, la determinazione dei parametri della trasformazione geometrica è un passaggio abbastanza delicato, sia per l'arbitrarietà nella scelta della trasformazione stessa, sia perché spesso sulle carte antiche manca il sistema di riferimento geodetico-cartografico o la descrizione della eventuale rappresentazione, o ne è stata usata una sconosciuta; inoltre il riconoscimento (sul terreno o su una carta recente) di punti omologhi rimasti invariati nel tempo è spesso difficoltoso, a causa delle numerosissime modifiche intervenute sul territorio nel tempo, ma anche a causa della non sempre facile definizione del punto sulla carta storica, e del tipo di rappresentazione grafica adottata. Accanto alle deformazioni subite dal supporto cartaceo negli anni, dovute all'usura o al modo in cui la mappa è stata conservata, vi sono deformazioni indotte dalla trasformazione

cartografica adottata all'atto della realizzazione della carta o dalle strategie di rilievo seguite sul terreno, che possono anche non essere omogenee su tutta l'area cartografata. Va dunque valutata con attenzione la qualità del processo di georeferenziazione effettuato, sia in modo analitico mediante un'analisi dei residui sui GCP e su *check points* o anche per via grafica, per esempio visualizzando sopra alla carta antica un reticolo georeferenziato, in genere deformato rispetto alla mappa di riferimento, oppure curve ad uguale variazione di scala o ad uguale angolo di rotazione.

La mappa storica, una volta che sia in forma digitale e georeferenziata, può essere inserita come *layer* autonomo all'interno di un sistema GIS e può per esempio essere confrontata, con operazioni di *overlay*, con una base cartografica moderna. Disporre all'interno di un Sistema Informativo Territoriale di basi cartografiche storiche, riferite ad epoche diverse ed opportunamente georeferenziate, può servire come supporto nello studio diacronico del territorio, della sua evoluzione, dell'assetto politico, economico e demografico.

Una nuova veste in ambiente digitale

A titolo di esempio sulle possibilità fornite dai processi digitali nell'elaborare le mappe storiche, si riporta una sperimentazione condotta su una parte della *Ichnoscenografia* di Bologna realizzata da Filippo de' Gnudi nel 1702, una pianta prospettica a volo d'uccello che rappresenta con grande dettaglio la città entro le mura, con descrizione esplicita degli alzati (figura 2a). La carta costituisce uno dei primi tentativi di generazione di una rappresentazione geometricamente corretta della città; non sono fornite informazioni sulla sua genesi, ma è presente la scala espressa in pertiche bolognesi. Una sua copia è stata scansionata e georeferenziata; allo scopo si è usato un ampio numero di GCP, con coordinate dedotte da cartografia numerica attuale, scelti dopo la consultazione di dati storici ed analisi di carattere numerico e grafico (figura 2b). Nell'ottica di valorizzare il contenuto espressivo della carta, e

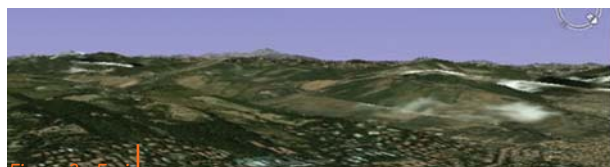


Figura 3 - Fasi di generazione del modello 3D. Da sinistra a destra individuazione di un edificio e demarcazione del perimetro di base, estrusione, rendering e generazione del modello

senza evidenti pretese di rigore geometrico, si è pensato poi di sperimentare la possibilità di dare una nuova veste tridimensionale al prodotto digitale: la figura 3 mostra come potrebbe essere possibile, a partire dalla base cartografica storica, sviluppare un modello 3D semplificato, eseguendo su ogni edificio estruso un *rendering* ed utilizzando come *texture* le immagini delle facciate visibili, tagliate e corrette dalle deformazioni della rappresentazione. In tal modo si crea una sorta di *3D city model*, di grande impatto ed espressività, di immediata lettura e con flessibilità di utilizzo in molteplici applicazioni; il modello tridimensionale è infatti esplorabile in modo interattivo in un ambiente software 3D (figura 4a).

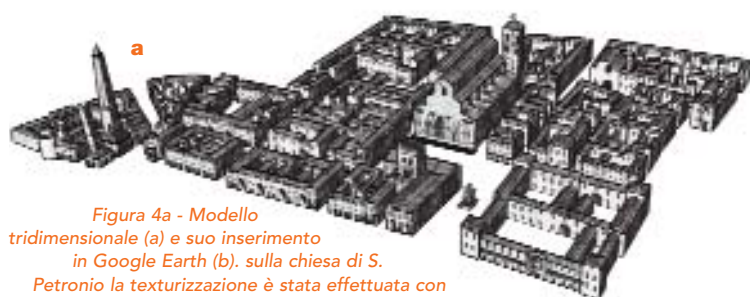


Figura 4a - Modello tridimensionale (a) e suo inserimento in Google Earth (b). sulla chiesa di S. Petronio la texturizzazione è stata effettuata con immagini aeree oblique



Allo stesso modo, operando in ambiente digitale, si potrebbero usare come *texture* del modello 3D immagini di altra origine, per esempio derivate da prese fotografiche aeree oblique; la tecnica si può applicare ovviamente ad edifici per i quali la ricerca storica documenta la invariabilità nel tempo. Per ottenere una visione ancor più suggestiva, è possibile posizionare il modello tridimensionale in sistemi *Earth Viewers* basati su immagini satellitari recenti ad alta risoluzione, per esempio *Google Earth* (fig. 4b). La possibilità di condividere questo modello con altri utenti dimostra come l'ambiente virtuale potrebbe giocare un ruolo importante anche nella comunicazione scientifica e nella divulgazione dell'informazione cartografica verso i non specialisti.

Conclusioni

I moderni strumenti della geomatica permettono nuovi modi di accedere, comprendere e sfruttare i dati cartografici storici: a partire dal recupero delle mappe antiche e dalla

conversione in ambiente digitale, attribuendo loro un contenuto metrico con attenti processi di georeferenziazione e geocodifica, è possibile indagare sulle loro caratteristiche, geometriche e di altra natura, nonché sperimentare nuove elaborazioni digitali. L'esempio mostrato si riferisce alla creazione di modelli storici tridimensionali, eventualmente inseribili anche in ambienti di informazione geografica distribuita per una maggiore diffusione e divulgazione del patrimonio cartografico. **G**

Bibliografia

- Balletti C., Guerra F., Monti C., *Analytical methods and new technologies for geometrical analysis and georeferenced visualisation of historical maps*, The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXII, Part 6W8/1, pp.1-7, 2000
- Bitelli G., Gatta G., *Esperienze di georeferenziazione ed elaborazione digitale di una carta di Bologna del '700*, Atti 11a Conferenza Nazionale ASITA, Torino, 415-420, 2007
- Bocchi F., De Angelis C., Dondarini R., Greco G., Morigi G., Ortalli J., Preti A., Passatelli G., Tarozzi F., *Atlante storico delle città italiane, Emilia-Romagna, Bologna*, ed. Grafis, Bologna, 1995-1998
- Boutoura C., Livieratos E., *Some fundamentals for the study of the geometry of early maps by comparative methods*, e-Perimetre, Vol. 1, 1:60-70, 2006
- Casamorata C., *Quattro mappe di Bologna del XVII e XVIII secolo esistenti nella cartoteca dell'Istituto Geografico Militare*, L'Universo, XXVII, 203-211, 1947
- Mazza G., *Utilizzo in ambiente digitale di cartografia storica*, Tesi di Laurea in Ingegneria Civile, Università di Bologna, 2006
- Tsioukas V., Daniil M., *3D digitization of historical maps*, Proc. Workshop Digital Approaches to Cartographic Heritage, Barcellona, 2008

Abstract

Historical Cartography: conversion and exploitation in a digital environment

Digital processing of historical cartography is an interesting new geomatic application, for the conservation and valorisation of cultural and historical heritage and for the analysis of territorial data. A historical map can be converted in digital form, georeferenced and subsequently elaborated in various manners; new graphic visualizations can be provided and the map can be inserted into a GIS environment. As an example of digital processing, a three-dimensional model derived from an historical perspective map of Bologna is presented.

Autore

GABRIELE BITELLI
gabriele.bitelli@unibo.it

GIORGIA GATTA
giorgia.gatta@mail.ing.unibo.it

DISTART - Università di Bologna
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna
tel 051/2093104
fax 051/6448073