

L'accuratezza planimetrica della cartografia storica a grande scala

di Marco Mastronunzio

Il patrimonio cartografico-storico costituisce uno strumento funzionale alla 'lettura' del territorio. Il problema si pone per le fonti pre-geodetiche, spesso di difficile comparabilità con le fonti attuali. Le trasformazioni geometriche, globali e locali, oltre ad essere utilizzate per rettificare, possono anche essere impiegate per una comparazione tra una *old map* e una *new map*: al procedimento di 'trasformazione-rettificazione' si affianca quello di *calibration* (trasformazione-corrispondenza), fornendo così in *near-real-time* (a monte di una successiva georeferenziazione) una stima dell'accuratezza geometrica della cartografia storica, funzionale ad una sua analisi quantitativa.

Assegnare un supporto metrico alla cartografia storica si rivela funzionale per l'analisi del suo contenuto geometrico in quanto, oltre all'analisi qualitativa, fornisce una valutazione quantitativa che la rende utilizzabile per le implementazioni cartografiche attuali. La geometria è sempre presente in tali fonti; piuttosto, è l'accuratezza metrica ad essersi evoluta nel corso del tempo. Il problema si pone però per le fonti pre-geodetiche, spesso non utilizzabili in quanto di difficile comparabilità con le fonti attuali, maggiormente accurate. Le fonti storiche presentano, come è noto, una accuratezza geometrico-planimetrica, geodetica, topografica e topologica inferiore. L'analisi cartometrica si rivela allora utile per l'individuazione dei metodi di rilievo topografico utilizzati, per la distinzione tra le fonti in un prodotto di compilazione (quale mappa una copia dell'altra?) e, infine, per determinare il sistema di proiezione della *old map*.

La georeferenziazione di un'immagine *raster* consiste nell'assegnare il sistema di riferimento di una *reference map* tramite una trasformazione geometrica che fa uso di punti doppi riconosciuti sulla fonte storica (in assenza di un sistema di coordinate, viene utilizzata la griglia-struttura dei pixel dell'immagine) e contestualmente sulla *reference map*. Successivamente, il ricampionamento porta all'assegnazione dei valori (radiometrici) dei pixel dalla griglia originale alla nuova, rappresentata dal sistema di coordinate. Le trasformazioni – globali e locali – oltre ad essere utilizzate per rettificare (*image-to-image georeferencing*), possono anche essere impiegate per una corrispondenza (*comparison-correspondence*) tra le due mappe, senza che la *old map* venga ricampionata: al tradizionale procedimento di trasformazione-rettificazione si affianca quello di trasformazione-corrispondenza, altrimenti noto come *calibration*. Le trasformazioni globali forniscono una accuratezza globale della carta, alterando però i valori metrici dei punti di controllo (trasformazioni non-esatte). I parametri calcolati sulla base dei punti di controllo, vengono applicati a tutti gli altri punti, risultando validi per l'intera carta. In una trasformazione locale, al contrario, i parametri calcolati sono validi per un'area limitata (interna ai punti utilizzati, per operare un'interpolazione) o per i soli punti di controllo stessi. La validità è locale: i valori dei punti di con-



Figura 1 - Analisi della Carta Topografica Fersinale (1850). A sinistra: griglia di distorsione, variazione di scala locale e vettori di disallineamento; a destra e al centro: analisi della *new map* rispetto alla *old map* (comparazione inversa).

trollo restano inalterati (trasformazione esatta), mentre tutti gli altri punti vengono forzati. Per una georeferenziazione/comparazione della carta nella sua interezza o la stima della distribuzione delle deformazioni, è consigliata una trasformazione globale, in quanto opera una traslazione/rotazione/*re-scale* globale. Quando invece l'analisi verte su elementi topografico-topologici specifici, o su determinate porzioni di una carta, è consigliata una trasformazione locale.

In questa sede, ai fini della *calibration*, sono state utilizzate la Trasformazione di Helmert a quattro parametri e la Trasformazione Affine a sei parametri, entrambe globali. La Trasformazione di Helmert è una rototraslazione piana con variazione del fattore di scala (anche detta *similarity transformation*) a quattro parametri, appunto: traslazione della X e della Y, rotazione e variazione del fattore di scala. Non introduce deformazioni alle forme e alle geometrie della mappa (Trasformazione Conforme). La Trasformazione Affine utilizzata, introducendo una rotazione e una variazione del fattore di scala in più (parametri che vengono così suddivisi nelle componenti X,Y), si rivela ottimale quando si ha necessità non solo di ruotare e scalare globalmente, bensì di introdurre correzioni maggiori in presenza di una carta più antica (meno accurata) o in cui vi siano difficoltà ad identificare pun-

ti di controllo. Infine, per la georeferenziazione tradizionale, è stata impiegata una trasformazione cosiddetta di *Adjust* (in ambiente ArcGIS), utile quando si ha bisogno di un'ottimizzazione tra accuratezza globale e locale. Tale procedura effettua una Trasformazione Affine e successivamente un affinamento locale dei punti di controllo della old map per adattarli meglio a quelli della new map, utilizzando un'interpolazione TIN (triangoli di Delaunay).

Il software open-source *MapAnalyst* permette la stima dell'accuratezza planimetrica della cartografia, generando diversi tipi di visualizzazione che ne rappresentano le distorsioni. Dopo avere individuato i punti doppi e scelto le trasformazioni (globali), è stato possibile visualizzare *distortion grids*, *vectors of displacement* e *scale isolines* – oltre a calcolare la scala e l'angolo di rotazione globale della carta. In particolare, le prime visualizzano l'angolo di rotazione della carta nel suo insieme. Ogni maglia (*mesh*) che compone la griglia corrisponde ad una determinata superficie nella reference map: se la old map non ha distorsione (o meglio: ne ha quanto la carta attuale), la griglia risulta regolare e non ruotata; al contrario, le distorsioni locali nella carta storica risulteranno se le celle della griglia saranno compresse od allargate. I secondi partono dal punto di controllo identificato sulla old map e terminano nella posizione dove il punto dovrebbe essere se la carta storica fosse accurata quanto l'attuale. Infine, le isolinee del fattore di scala (locale) utilizzano la logica topografica delle curve di livello, congiungendo però punti con lo stesso fattore di scala.



Figura 2 - Analisi della Carta Topografica Fersinale (1850) rispetto alla CTP: dettaglio dell'area urbana di Trento. A sinistra: griglia di distorsione e vettori di disallineamento.

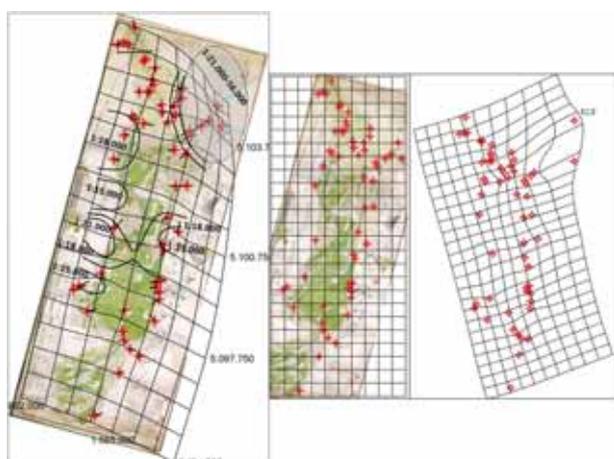


Figura 3 - Comparazione del primo cabreo di G.B. Scotini (1777) con la CTP. A sinistra: griglia di distorsione, variazione di scala locale, vettori di disallineamento; a destra: comparazione inversa (analisi della new map, rappresentata solo la griglia di distorsione).

Analisi cartometrica della cartografia storica

Sono stati utilizzati due cabrei idraulici coevi (1777) di G.B. Scotini (d'ora in avanti [1] e [2]), la cui *core area* è costituita dalla confluenza della Fersina nell'Adige e dai relativi progetti di inalveamento/diversione. È stato possibile stimarne l'accuratezza in relazione alla CTP PAT (Carta Topografica Provinciale della Provincia Autonoma di Trento a 1:10.000 del 2008) ed implementare una *cross-comparison* che stimi la variazione di accuratezza tra i due cabrei stessi. Una terza cartografia, la Carta Topografica Fersinale del 1850 (d'ora in avanti [3]), è stata utilizzata come mappa intermedia, in quanto, al pari dei catasti geometrico-particellari del XIX secolo, fornisce un funzionale livello intermedio di accuratezza. Tale mappa è stata utilizzata sia come old map, confrontandola con la CTP, che come reference map, confrontandola con le cartografie precedenti.

La [3] è stata utilizzata come cartografia intermedia: dapprima ne è stata valutata l'accuratezza rispetto alla CTP (figure 2 e 3) e successivamente è stata rettificata, utilizzando la trasformazione di *Adjust*, per essere utilizzata a sua volta come reference map rispetto ai cabrei. Questa carta, come le altre, è disposta orizzontalmente: il Nord coincide con il lato sinistro. Prima di ruotarla è stata applicata la metodologia del *best-fitting* (implementata dalla versione 1.4 beta di *MapAnalyst*): individuando 77 punti di controllo ed applicando la Trasformazione di Helmert, la proiezione ottimale è risultata la Fournier II (pseudocilindrica, equivalente). La carta è stata ruotata di 85° (a seguito dell'applicazione di una Trasformazione Affine che forniva un angolo di rotazione della componente X di 85°), sono stati individuati 102 punti di controllo ed è stata applicata la Trasformazione di Helmert: la scala globale della mappa è risultata di circa 1:19.000, con variazioni locali modeste da 1:14.000 a 1:26.000 (rotazione 1°).

La [1] è stata comparata alla CTP. Dopo una rotazione di 105°, sono stati individuati 56 punti di controllo ed applicata una Trasformazione Affine. I parametri per la visualizzazione sono stati impostati in: *mesh size* 750m; intervallo di scala 1:3.000; raggio di influenza (il raggio all'interno del quale verranno utilizzati i punti per stimare le variazioni locali di scala) 2.000m.

I risultati (figura 3, a sinistra), sono: scala globale orizzontale 1:19.000, verticale 1:17.000; rotazione globale orizzontale 23°, verticale 12°. In particolare si notano notevoli variazioni di scala locale, da 1:15.000 fino ad isolati valori di 1:56.000. Inoltre, è stata effettuata un'analisi inversa dell'accuratezz-

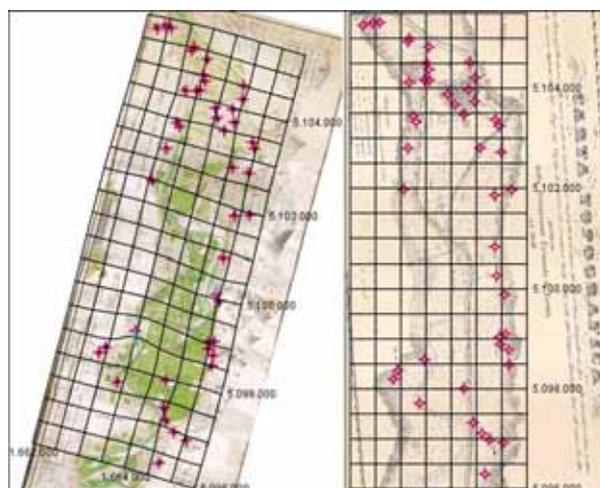


Figura 4 - Analisi del primo cabreo di G.B. Scotini (1777) rispetto alla Carta Topografica Fersinale (1850). Griglia di distorsione e vettori di disallineamento.

za, analizzano la new map rispetto alla old map (figura 3, a destra). Siffatta analisi è il contrario di una corrispondenza convenzionale, in quanto fornisce l'indicazione di quanto dovrebbe essere distorta la cartografia attuale per risultare come la old map. Successivamente la [1] è stata comparata con la [3] (precedentemente georiferita con 102 punti di controllo utilizzando la trasformazione Adjust) utilizzando 46 punti di controllo ed implementando anche in questo caso una Trasformazione Affine. La mesh size è stata impostata a 500m. (figura 4). I risultati sono: scala globale orizzontale 1:17.000, verticale 1:17.000; rotazione globale orizzontale 16°, verticale 14°. Si notano alcune variazioni di scala locale, tra 1:13.000 e 1:20.000, ma un'assenza di variazioni eccessivamente ampie come nel confronto precedente con la CTP.

Infine, la [2] è stata comparata alla [1], georiferita con una trasformazione polinomiale del primo ordine, vista la necessità di una trasformazione globale. Dopo aver effettuato una rotazione – anche in questo caso di 105°, in quanto si è preferito utilizzare l'orientamento della precedente, essendo i due cabrei coevi e dello stesso autore – sono stati individuati 46 punti di controllo ed è stata applicata ancora una volta la Trasformazione Affine. I parametri per la visualizzazione sono stati impostati come segue: maglia 200 m.; intervallo di scala 1:1.000; raggio di influenza 500m. I risultati (figura 5), sono: scala globale orizzontale e verticale 1:12.000; rotazione globale orizzontale e verticale 16°. Anche in questo caso si notano variazioni di scala locale da 1:9.000 a 1:16.000.



Figura 5 - Analisi dei due cabrei idraulici del 1777 di G.B. Scotini. Griglia di distorsione, vettori di disallineamento e isolinee del fattore di scala locale.

Una pianificazione territoriale ante litteram?

Per la comparazione dei cabrei, sia con la CTP che con la Fersinale, sia, infine, per la comparazione incrociata tra gli stessi, è stata utilizzata la Trasformazione Affine a sei parametri, in quanto si rivela ottimale quando si necessita non solo di ruotare e scalare globalmente, bensì di introdurre correzioni maggiori in presenza di una carta più antica (meno accurata) o in cui vi siano difficoltà ad identificare punti di controllo. Esclusivamente per l'analisi della Fersinale è stata impiegata la Trasformazione di Helmert a quattro parametri, in quanto si trattava di una carta topografica del 1850, decisamente più accurata ad un raffronto con la CTP. Il confronto tra i due cabrei del 1777, tra la [1] e la Fersinale del 1850 e tra quest'ultima e la CTP ha posto in evidenza alcune variazioni di scala/rotazione locale e di posizionamento, comunque non eccessive, laddove invece ad una comparazione con la CTP, la [1] presenta, per alcune aree, un'oscillazione notevole della scala locale (fino a 1:56.000, a fronte di una scala globale di 1:18.000). Ciò pare confermare la funzionalità della scelta della Carta Topografica Fersinale come fonte intermedia. Tuttavia, anche in presenza di variazioni di scala inferiori, queste si presentano comunque in aree marginali, ovvero quelle aree non direttamente interessate alla progettualità idraulica: aree 'a latere' rispetto ai principali interessi della

rappresentazione, dunque cartografate con procedimento esclusivamente compilativo. Lo Scotini [2], chiaramente una copia dello Scotini [1], rivela infatti importanti differenze di scala soprattutto nelle zone non interessate al progetto idraulico. Questo a confermare, per le aree maggiormente accurate, il carattere decisamente tecnico-operativo della cartografia cabreistica, strumento per eccellenza di quella che potremmo definire una pianificazione territoriale 'ante litteram'.

Bibliografia

- Balletti C., *Georeference in the analysis of the geometry content of early maps*, in «e-Perimtron», 2006, 1-1, pp. 32-42
 Boutoura C., Livieratos E., *Some fundamentals for the study of the geometry of early maps by comparative methods*, in «e-Perimtron», 2006, 1-1, pp. 60-70
 IMAGINE AutoSync User's Guide, ERDAS Inc., 2009
 Guerra F., *2W: new technologies for the georeferenced visualization of historic cartography*, in «International archives of photogrammetry and remote sensing», 2000, 33, Part B5, pp. 339-345
 Jenny B., Weber A., Hurni L., *Visualizing the Planimetric Accuracy of Historical Maps with MapAnalyst*, in «Cartographica», 2007, 42-1, pp. 89-94
 Mastronunzio M., *Stima dell'accuratezza geometrica di due mappa ichnografica coeve (1777) per la ricostruzione del paesaggio della Conca di Trento*, in «Semestrale di Studi e Ricerche di Geografia», 2010, XXII, 2, pp. 89-101
 Mauro G., *Distorsioni geometriche della cartografia storica: analisi di alcune cartografie realizzate tra il 1500 e il 1700 relative al Golfo di Trieste*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», 2010, 138, pp. 109-121
 Tobler W.R., *Medieval distortion: the projection of ancient maps*, in «Annals of the Association of American Geographers», 1966, 56-2, pp. 351-360

Parole chiave

CARTOGRAFIA STORICA, ACCURATEZZA GEOMETRICA, PROIEZIONE CARTOGRAFICA.

Riferimenti

[HTTP://MAPANALYST.CARTOGRAPHY.CH/DOWNLOAD.HTML](http://MAPANALYST.CARTOGRAPHY.CH/DOWNLOAD.HTML)

Abstract

Planimetric accuracy of very large scale historical maps

Analysis of historical maps is useful also for purposes in a quantitative way, in order to assign a geometrical content to early maps for a comparison to present-day ones. The main problem with historical maps depends on their unknown projection or their lack of geometrical accuracy. Thus, the evaluation of planimetric accuracy represents a previous analysis for a consequent georeference. Instead to carry out a rectification of historical maps through a global/local geometric transformations one can apply the same transformations not for rectify but to find a correspondence (a process called calibration) with present maps in order to cross-compare the accuracy variations between two maps.

Autore

MARCO MASTRONUNZIO
 MASTRONUNZIO@GMAIL.COM

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO, DIP. DI FILOSOFIA, STORIA E BENI CULTURALI, GRUPPO DI RICERCA DI CARTOGRAFIA-GEOGRAFIA STORICA



Scegli il meglio

per catturare al volo le informazioni più utili

TELERILEVAMENTO

SOFTWARE PER

TELERILEVAMENTO
E FOTOGRAMMETRIA
ERDAS

- IMAGINE
- LPS
- ER MAPPER
- RADAR MAPPING SUITE
- LIDAR ANALYST
- STEREO ANALYST
- ESTENSIONI per ArcGIS

il futuro ha una lunga esperienza

La tipologia di dati geospaziali disponibili sul mercato cresce continuamente. Immagini satellitari, foto aeree e stereocoppie, dati aerofotogrammetrici, Lidar, Radar, multispettrali, Laser scanner, topografici e altri ancora richiedono software specifici per la loro elaborazione. Planetek Italia adotta e commercializza la suite ERDAS che consente in un unico ambiente l'elaborazione di tutti i dati geospaziali. Software affidabili, alta professionalità, esperienza pluriennale e cortesia uniti sapientemente per dare futuro alle tue applicazioni.

Planetek Italia è distributore di:

