

3.11.3 *Le georeferenziazioni polinomiali*

Oltre alle georeferenziazioni Omografica ed Elastica viste ai paragrafi precedenti, ne esistono alcune altre basate sempre su algoritmi che trasformano le coordinate da un sistema di riferimento all'altro applicando ciascuno una propria matrice di trasformazione. Si potrebbe citare ad esempio la georeferenziazione a 5 parametri, simile a quella a 4 parametri vista al paragrafo 3.6 *La georeferenziazione "Catastale"* ma che applica due variazioni di scala differenziate nelle direzioni X e Y. Tutte queste tecniche, come già detto, eseguono la loro trasformazione seguendo il principio ispiratore per il quale sono state studiate, principio che ha dato luogo alla formula matematica (matrice) del rispettivo algoritmo. Oltre a questa famiglia di georeferenziazioni basate sulla matrice di trasformazione, esistono poi altre tecniche basate invece sul calcolo polinomiale. Anche per queste georeferenziazioni la trattazione degli algoritmi esula dallo scopo di questo libro per il fatto che necessita di opportune conoscenze matematiche che in genere non fanno parte del bagaglio scolastico dei lettori ai quali il volume stesso è rivolto. Mi limito pertanto a dire che le procedure polinomiali agiscono sui parametri della mappa rettificandoli in misura tanto più spinta quanto maggiore è il grado del polinomio adottato. In pratica, considerato che i parametri di una mappa d'impianto si sono deformati nel tempo andando soggetti ad una ondulazione²³⁷, la tecnica polinomiale li raddrizza sulla base delle effettive coordinate cartografiche imposte dall'operatore. Raddrizzati quindi i parametri (con un grado proporzionale a quello del polinomio), la mappa viene ricampionata sugli stessi ed è quindi pronta per essere utilizzata al fine di prelevare le coordinate dei punti desiderati.

È corretto questo approccio ai fini di una riconfinazione?

No, non lo è! Il motivo è quello già ampiamente discusso al paragrafo 3.7.2 *L'algoritmo della Parametrica* a pag. 307, e cioè che rettificando i parametri per la loro intera lunghezza si opera la "compensazione" della deformazione, il che è proprio quello che non si deve fare:

La deformazione non va "spalmata", al contrario, va determinata sulla porzione di mappa più piccola possibile di cui disponiamo di informazioni metriche che ci permettono di calcolarla, ovvero ogni singolo quadrante.

237 Si veda a questo proposito il sottoparagrafo 3.7.6, punto *La curvatura dei parametri* a pag. 350.

In sostanza, le georeferenziazioni polinomiali adottano una soluzione interpolativa nel rettificare i parametri, calcolando una deformazione “mediata” della mappa. Ma, come non mi stancherò mai di ripetere, nelle riconfinazioni noi dobbiamo calcolare la deformazione specifica della zona di mappa più limitata possibile, cioè il singolo quadrante parametrico. In altre parole, il concetto della georeferenziazione polinomiale è analogo a quello suggerito in un altro libro sui riconfinamenti che insegna a prelevare le coordinate partendo sempre dal crocicchio dei parametri più a Ovest e più a Sud perché così si consegue una “migliore compensazione”. Questo è esattamente il contrario di ciò che si deve fare.

Un altro aspetto che induce alcuni tecnici ad affidarsi alle tecniche polinomiali è che queste, agendo su una mappa ricampionata in maniera interpolata, sembrano garantire una maggiore integrità delle linee di mappa rispetto invece alla Parametrica o al metodo Tani, procedure che invece, agendo separatamente sui singoli quadranti, possono creare delle discontinuità sulle linee che li attraversano²³⁸. Ma si tratta in realtà di un’illusione ottica perché la ricostruzione di linee catastali va fatta per punti e non per linee come invece pensano erroneamente questi tecnici. Dobbiamo infatti sempre rifarci alla genesi delle mappe d’impianto, durante la quale le linee venivano tracciate sul supporto per connettere i punti rilevati in campagna e precedentemente inseriti in mappa come tali (cioè come punti) con le modalità viste al paragrafo 3.1 *La genesi della mappa d’impianto* a pag. 163. Se ci affidiamo ad una georeferenziazione che privilegia l’integrità delle linee, andando a prelevare coordinate di punti che giacciono sulle stesse, commettiamo sicuramente errori maggiori rispetto al metodo Tani e alla Parametrica perché i segmenti con cui i punti di campagna sono stati uniti sulla mappa aggiungono un ulteriore errore di graficismo dovuto a tale nuova operazione manuale. Dobbiamo inoltre considerare il fatto che, mentre i punti furono effettivamente rilevati, la congiungente che li unisce fu soltanto valutata in campagna come rettilinea mediante una semplice deduzione “a vista” priva del supporto di misure effettive. La correzione che si apporta con la Parametrica garantisce invece ai punti prelevati in mappa la posizione che più di ogni altra tecnica rispetta le misurazioni originarie con le quali i punti medesimi sono stati riprodotti sul supporto cartaceo. Con questa tecnica, quindi, anche la linea congiungente due punti prelevati in mappa assumerà la posizione più fedele al rilievo originario.

238 Si veda a questo proposito il sottoparagrafo 3.7.6, punto *Scalini e pieghe delle linee georeferenziate* a pag. 359.

Per quanto possa sembrare paradossale, ad esempio, una congiungente che nella mappa odierna appare leggermente curvilinea (non una spezzata) per effetto della deformazione intervenuta è più correttamente ricostruita tornando a renderla rettilinea, rispetto a mantenerla curvilinea o, peggio ancora, aumentandone la curvatura come accade nelle georeferenziazioni che ricampionano la mappa con tecniche compensative.

Termino questa breve disquisizione sulle tecniche polinomiali citando un aneddoto. Qualche anno fa tenni un seminario sul tema delle georeferenziazioni in una Provincia del Piemonte in cui molti tecnici utilizzavano un software molto famoso che implementa la calibrazione polinomiale delle mappe raster. Inizio a spiegare il concetto di georeferenziazione illustrando la rototraslazione a 4 parametri facendo vedere gli scarti che si palesavano sui crocicchi della mappa trattata. Al che uno dei presenti chiede la parola e mi dice:

Io non ho il problema degli scarti perché il software che uso me li abbassa fino al valore desiderato, mi basta aumentare il grado del polinomio.

Non so se vi rendete conto.

A questo collega non sembrava neanche vero di poter ridurre gli scarti fino al valore desiderato. È una colossale illusione perché significa considerare gli scarti come un'entità che possiamo gestire noi e addirittura "per gradi" fino al valore voluto. Il principio da seguire è invece all'opposto: gli scarti vanno calcolati e valutati per quello che sono realmente, non ridotti artificialmente rettificando i parametri fino a farli tornare delle linee rette. I parametri si sono deformati in un modo che noi oggi non possiamo più ricostruire e che, pertanto, dobbiamo assumere casuale. Noi non sappiamo dove si sono incurvati di più e dove si sono incurvati di meno. Se torniamo a farli diventare rettilinei compensando la deformazione, come fanno questi algoritmi, lo facciamo "mediando" la deformazione stessa.

Ma così non correggiamo la deformazione che è realmente avvenuta!

Dobbiamo basarci solo ed esclusivamente sui dati metrici di cui disponiamo, tutte le altre ipotesi sono aleatorie, soprattutto queste compensative. E i dati metrici di cui disponiamo sono solo le coordinate dei singoli crocicchi. Sono solo queste coordinate che, messe in relazione alle coordinate pixel, ci dicono esattamente come e quanto un quadrante si è deformato. Una volta stabilito che quel quadrante si è deformato in misura accettabile, l'unica cosa da fare è riportarlo esattamente a 200 x 200 metri riposizionando i punti al suo interno a queste sue dimensioni originarie. Tutto il resto sono ipotesi non supportate da alcun dato oggettivo.

3.12 Quale georeferenziazione usare?

Sono convinto che, dopo tutto quello che ho scritto in questo lungo capitolo dedicato alle georeferenziazioni, qualcuno di voi possa essere assalito dal dubbio amletico:

Ma insomma, qual è la georeferenziazione da usare?

Penso infatti che questa domanda possa nascere sia in riferimento alle tecniche Parametrica, Baricentrica e Trilaterale che ho descritto in dettaglio nei paragrafi 3.7, 3.8, 3.10, sia riguardo a quelle che ho trattato più sommariamente, o soltanto accennato, al paragrafo 3.11 *Le altre georeferenziazioni*. Non ho infatti alcuna pretesa che chi legge questo libro debba necessariamente condividere le mie opinioni tecniche e di conseguenza adottare le procedure da me consigliate. Quello che mi preme far capire è che di georeferenziazioni possibili ne esistono a decine e tutte hanno un loro fondamento scientifico. Alcune di queste sono implementate su prodotti software, come il mio CorrMap, nati con lo scopo specifico di trattare le mappe catastali ai fini di una riconfinazione, altre sono invece implementate su software molto più famosi e diffusi a livello mondiale, ed altre ancora sono presenti su programmi forniti a corredo di strumenti topografici. Questa diversa genesi contribuisce a trarre in inganno alcuni tecnici che tendono a considerare la bontà di una georeferenziazione in funzione dei seguenti due parametri:

1. il grado di complessità scientifica dell'algoritmo;
2. il fatto che la georeferenziazione sia inclusa in prodotti software affermati (e dal costo elevato).

Per quanto riguarda il primo punto, ad esempio, come raccontavo alla fine del paragrafo precedente, ho avuto modo di constatare che alcuni tecnici utilizzano le georeferenziazioni polinomiali perché le ritengono quelle più scientificamente sofisticate, e indubbiamente lo sono. Questi colleghi si sentono molto appagati dal fatto di poter ridurre gli scarti dei parametri di mappa al variare del grado del polinomio di calcolo.

Ha senso questo approccio?

Secondo me assolutamente no! Se si vogliono conoscere gli scarti sui punti di inquadramento, basta una normalissima rototraslazione a 4 parametri (nel caso di CorrMap, la Catastale) che fornisce gli scarti effettivi

dei punti senza ridurli artificialmente. Dopodiché, una volta eliminati i punti con scarti fuori tolleranza, gli scarti stessi possono essere completamente azzerati con tecniche che si rifanno al metodo Tani o che mettono in diretta relazione i punti di mappa con gli omologhi punti rilevati effettivamente sul posto, come la Trilaterale.

Altri ancora giustificano la scelta di tecniche sofisticate al posto, ad esempio, della Parametrica, portando a giustificazione affermazioni come questa:

Se nella Parametrica sbaglio a cliccare un crocicchio, questo errore si ripercuote nei 4 quadranti adiacenti, mentre con una georeferenziazione basata su griglia²³⁹ questo pericolo viene attenuato.

È vero, ma perché mai dovrei sbagliare a cliccare un crocicchio?

Al paragrafo 3.6.2 dedicato all'esempio di georeferenziazione Catastale a pag. 221 abbiamo visto come i moderni software dedicati alle georeferenziazioni permettano di ingrandire un pixel fino a punto di poter cliccare al suo interno stimandone la frazione desiderata (Figura 46 a pag. 224).

Come faccio a sbagliare?

Posso riuscire nell'impresa solo se ci metto imperizia. Ma allora non ci siamo, perché l'imperizia dell'operatore deve essere esclusa di base, non possiamo certo pensare di far compensare la nostra negligenza alla tecnica utilizzata. Cosa dire poi riguardo il secondo dei punti sopra citati, cioè il fatto che una georeferenziazione è da ritenersi valida perché è inclusa in prodotti software affermati? È un altro grosso abbaglio perché si tratta in genere di prodotti sviluppati all'estero i cui autori non avevano certo in mente le mappe catastali d'impianto italiane da utilizzare ai fini di una riconfinazione, ma avevano ben altri scopi, magari anche più impegnativi e tali da giustificare effettivamente il prezzo richiesto per il software. Ma al di là di queste disquisizioni, piuttosto soggettive e quindi di scarso valore, direi che la cosa migliore, dovendo paragonare diverse tecniche di georeferenziazione, è quelle di metterle (oggettivamente) a confronto, come faremo al successivo paragrafo 3.12.2 *Georeferenziazioni a confronto*.

239 Il termine georeferenziazione su "griglia" è adottato da alcuni software forniti con l'acquisto di strumenti topografici. Si tratta in genere sempre di algoritmi di tipo interpolativo (come le tecniche polinomiali) che ricampionano la mappa e prevedono il prelievo dei punti su tale copia ricampionata.

3.12.1 *Perché alcune georeferenziazioni non vanno bene?*

Probabilmente questo paragrafo è superfluo perché ho già avuto modo di esprimere le mie opinioni circa l'inadeguatezza di alcune tecniche di georeferenziazione, beninteso sempre in riferimento ai lavori di riconfinazione per i quali si renda necessaria la ricostruzione di una linea presente su una mappa catastale. Voglio tuttavia riportare qui un breve riassunto sui motivi che rendono inidonee alcune delle tecniche descritte ai paragrafi precedenti. La fallacità potenziale delle georeferenziazioni polinomiali l'ho già descritta al relativo paragrafo. Anche per l'Omografica e l'Elastica ho già avuto modo di dire che i rispettivi algoritmi non sono idonei per mappe d'impianto prive di parametratura. L'Omografia non è ideale perché considera la mappa come una proiezione prospettica del terreno. Ma questo presuppone una deformazione uniforme (prospettiva) che, invece, non è quella che si è verificata nelle mappe catastali che, anzi, come ampiamente discusso in tutto questo capitolo, deve essere considerata come disomogenea. Il Rubber-Sheeting pure non è ottimale perché prevede l'adattamento della mappa su una maglia di punti noti per i quali è altrettanto noto lo spostamento dei rispettivi punti del raster. Questo significa che l'operatore conosce a priori lo spostamento da impartire ai punti e sa, ad esempio, che un punto del raster deformato va spostato di molto, un altro punto invece va spostato di poco, ed un altro ancora non va invece spostato per niente. Ma non è certo questa la situazione alla quale ci troviamo di fronte quando dobbiamo georeferenziare e rettificare una mappa d'impianto. Al contrario, non conosciamo assolutamente a priori l'attendibilità dei punti di inquadramento della mappa, cioè quanto ciascuno di essi è fedele o meno alla sua posizione nella realtà. A priori non sappiamo nemmeno se qualcuno di questi punti va scartato perché palesemente errato, cosa che riusciamo a desumere solo sottoponendo la mappa ad una preventiva georeferenziazione Baricentrica. Applicare l'Omografia o il Rubber-Sheeting in queste condizioni è sicuramente fonte di errori potenzialmente anche gravi.

La nostra situazione di partenza è "aleatoria" perché l'unica cosa che possiamo fare è georeferenziare il raster sulla base di un rilievo effettivo di punti. In queste condizioni l'unica certezza che abbiamo, se l'abbiamo, è quella di non aver commesso errori di misurazione, per cui sappiamo che delle due serie di punti, mappa e realtà, quest'ultima è sicuramente attendibile, mentre sui punti mappa non possiamo, a priori, fare alcuna assunzione, ed anzi, dobbiamo mettere in atto procedure in grado di verificarne l'attendibilità.