

## LETTURA DELLE MISURE DALLA CARTA AL NUMERICO

Giuseppe Mangione\*

### *Introduzione*

La rivoluzione copernicana della cartografia, costituita dal passaggio dal supporto cartaceo a quello digitale, si è ormai consumata. Nella pratica professionale degli operatori del settore, l'uso delle carte stampate va sempre più riducendosi a momenti di semplice presentazione finale dei lavori, piuttosto che all'elaborazione e alla gestione del dato cartografico. I vantaggi dell'uso della cartografia numerica sono innegabili ed evidenti, e comprendono le innumerevoli possibilità di automatizzare operazioni e calcoli, oltre ad un netto miglioramento della precisione delle elaborazioni su dati geografici.

Tuttavia, il passaggio alla cartografia numerica non fornisce da sé la possibilità di aumentare indefinitamente la precisione e l'accuratezza degli elaborati cartografici. Bisogna continuare a fare i conti con la qualità delle informazioni contenute nella cartografia ed è sempre più necessario insistere sulla creazione di competenze professionali specialistiche, che consentano di comprendere le potenzialità e i limiti delle tecnologie della cartografia digitale.

In questo documento solleviamo alcune provocazioni relative ad un uso poco avveduto della cartografia numerica e dei software CAD ed ai rischi che ne possono derivare.

Accenneremo ad una soluzione tecnica che, a nostro parere, può essere ulteriormente indagata al fine di evitare tentazioni e semplificazioni nella lettura di misure su cartografia numerica.

E, infine, concluderemo sottolineando la necessità imprescindibile di ampliare la cultura geografica in generale alla platea sempre più ampia degli utilizzatori della cartografia numerica.

### *La scala nominale*

Il concetto di scala riveste un ruolo fondamentale nella cartografia classica: come è ampiamente noto, con scala si intende il rapporto che sussiste tra le dimensioni di un'entità riportate sulla carta e quelle reali.

Con la visualizzazione al calcolatore della cartografia numerica, in special modo della cartografia vettoriale, questa accezione della scala perde decisamente di interesse. Infatti, l'utilizzatore può decidere di visualizzare una carta virtualmente a qualsiasi scala, ingrandendola fino a determinare dettagli di dimensioni infinitesime.

Tuttavia, la scala è stata tradizionalmente utilizzata nella cartografia classica anche in fase di costruzione delle mappe, per determinare i canoni cartografici con cui determinarne e costruirne i contenuti qualitativi e metrici. Come è noto, infatti, il livello di dettaglio con cui una carta descrive la realtà dipende fortemente dalla sua scala: una carta a grande scala (ad es. 1:1000) riporta ben più dettagli del terreno rappresentato rispetto a una carta con scala più piccola (ad es. 1:25000).

---

\* Presidente AGIT (Associazione Geometri Italiani Topografi)

Nella cartografia tradizionale, la dimensione minima delle entità reali apprezzabili sulla carta è dettata dalla dimensione del tratto di una penna, il cosiddetto “errore di graficismo” (e.g.). Per questo motivo la dimensione minima degli oggetti che vanno riportati su una carta ad una determinata scala è assunta come pari all'errore di graficismo, convenzionalmente considerato pari a 0,2mm. Allo stesso modo, la tolleranza sulla posizione di un oggetto non può essere inferiore all'errore di graficismo.

Ad esempio, per una carta in scala 1:2000 si assume che gli oggetti più piccoli che si possano rappresentare abbiano una dimensione di:

$$e.g. * \text{fattoreScala} = 0,2\text{mm} * 2000 = 40\text{cm}$$

Ancora, è lecito supporre che le posizioni degli oggetti riportati su una carta in scala 1:2000 abbiano un'incertezza sulla posizione di 40cm.

In questa prospettiva, il concetto di scala va certamente salvaguardato e considerato anche nella cartografia numerica. È fondamentale, difatti, riconoscere il contenuto metrico, ossia la precisione e il dettaglio degli oggetti rappresentati in una cartografia numerica per capire, in fase di lettura della cartografia, quali informazioni è lecito estrarre e, di conseguenza, mantenere gli errori all'interno di tolleranze prefissate. È evidente che il contenuto metrico di una cartografia è determinato dalle modalità e dal livello di dettaglio con cui essa è stata redatta. In modo altrettanto evidente, il costo di produzione di una cartografia cresce esponenzialmente se si intende aumentarne il livello di dettaglio.

Per tener conto dei concetti appena espressi, si è introdotto il concetto di *scala nominale* di una cartografia numerica come il rapporto di scala che avrebbe una carta tradizionale con lo stesso *contenuto metrico e qualitativo*.

Dunque, la scala nominale ricopre due significati altrettanto rilevanti:

- è il rapporto di scala massimo a cui è “lecito” visualizzare/stampare una cartografia numerica. Resta inteso dunque che ingrandimenti ulteriori non portino a scoprire informazioni ulteriori rispetto a quelli visibili alla scala nominale, ma siano utili unicamente a definire meglio oggetti riconducibili al livello di dettaglio della scala nominale;
- è un parametro di progetto determinante per la redazione di una cartografia numerica, in quanto determina la dimensione minima degli oggetti rappresentabili sulla carta. Poiché i costi di produzione di una cartografia, tradizionalmente, crescono con legge esponenziale all'aumentare della scala di rappresentazione, la scala nominale va tenuta debitamente in conto per stimare i costi e le modalità di redazione della cartografia numerica.

### **Misure di distanza**

È un concetto ampiamente consolidato quello che la rappresentazione su carta o, analogamente, in formato numerico bidimensionale di informazioni geografiche necessita di trasformazioni che introducono deformazioni rispetto alla realtà fisica. L'operazione di *proiezione cartografica* è proprio la trasformazione di coordinate geografiche, espresse con riferimento a opportuni modelli della superficie terrestre, in coordinate cartesiane sul piano. Le proiezioni cartografiche usate più comunemente in Italia, quella di Gauss (usata nei sistemi Gauss-Boaga, UTM-ED50 e UTM-WGS84) e

quella di Cassini-Soldner (usata in ambito catastrale), introducono entrambe deformazioni che vanno tenute in conto per non incorrere in errori di valutazione e di interpretazione dei dati.

Chiariamo un possibile errore in cui si potrebbe incorrere nelle misure di distanza su cartografia numerica attraverso un esempio, riferito al sistema Gauss-Boaga. In Figura 1 è riportato uno schema della deformazione introdotta da parte della proiezione Gauss sulla coordinata longitudinale per il fuso Ovest. Il modulo di deformazione cartografica  $m$  è definito come il rapporto tra un arco infinitesimo  $ds'$  preso su una sezione normale all'ellissoide e il corrispondente arco  $ds$  riportato sulla carta. Il modulo di deformazione cartografica relativo alla proiezione Gauss varia lentamente lungo la direzione Est-Ovest come mostrato in Figura 1 e può essere considerato come costante per estensioni dell'ordine dei 1 km.

Supponiamo di misurare una distanza di 1000m su una carta digitale, con un'applicazione CAD, utilizzando semplicemente il teorema di Pitagora, in due zone diverse: a ridosso del meridiano centrale del Fuso Ovest (9° di longitudine) o al limite estremo del fuso (12° di longitudine). Alla medesima lettura di 1000m effettuata sullo schermo corrisponde, per effetto della deformazione delle carte di Gauss, una distanza reale pari a circa 1000.4m, se ci si trova in prossimità del meridiano centrale del fuso, oppure una distanza di circa 999,6m, se ci si trova all'estremo del fuso. È evidente che, se ci si fidasse della lettura della distanza fatta a schermo, si commetterebbe un errore circa 40cm su una distanza di 1km.

Per calcolare correttamente la distanza reale corrispondente a quella catturata sullo schermo è necessario tenere in conto il modulo di deformazione cartografica medio nell'intorno del punto considerato  $m$  e calcolare la distanza longitudinale come  $d_{reale} = \frac{d_{schermo}}{m}$ .

Ovviamente, la rilevanza di semplificazioni di questo tipo dipende fortemente dall'ambito applicativo particolare su cui si sta lavorando. A titolo di esempio, in applicazioni di demografia possono ritenersi accettabili tolleranze sulle misure di distanze dell'ordine delle decine di metri, mentre è assolutamente evidente che errori simili non siano tollerabili in lavori di tipo topografico.

È dunque necessario che l'utilizzatore della cartografia numerica sia in primo luogo a conoscenza di situazioni di questo tipo e che ne tenga conto opportunamente nelle elaborazioni fatte al calcolatore.

### **Tolleranza sulle misure prese su cartografia numerica**

L'utilizzo dei software CAD per leggere e interpretare cartografia numerica può portare utenti ine-

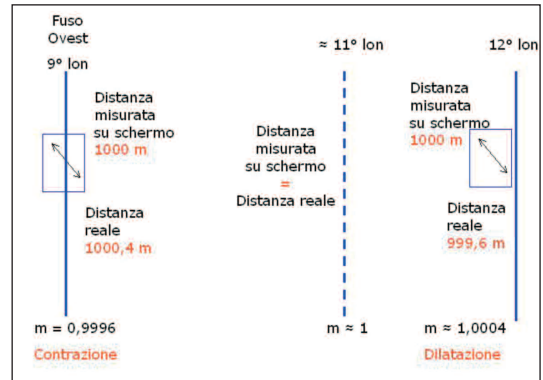


Fig. 1 - Il modulo di deformazione  $m$  per cartografia Gauss-Boaga produce differenze tra le distanze lette sulla carta e quelle reali

sperti all'illusione di ottenere una precisione illimitata, andando ben oltre rispetto al contenuto e alla qualità della cartografia stessa.

Per chiarire il concetto, consideriamo l'esempio riportato in Figura 2, in cui si illustra la lettura di una distanza presa con un software CAD su una cartografia numerica. Molti CAD odierni memorizzano le coordinate delle entità presenti nella cartografia con l'unità di misura dei millimetri. In Figura 2, ad esempio, si mostra come la distanza presa tra due punti di una cartografia sia apparentemente letta fino con precisione di un millimetro (nella fattispecie 1415,355m).

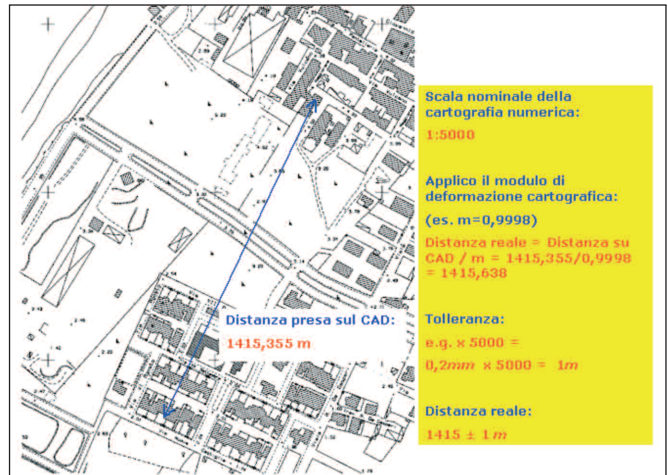


Fig. 2 - Esempio di calcolo della tolleranza su una distanza letta su CAD

Tuttavia, come si evince dalla discussione riportata nei paragrafi precedenti, per giungere ad una lettura della misura più aderente alla realtà è necessario tenere conto dei due parametri della *scala nominale* e del *modulo di deformazione cartografica medio* per la zona di interesse. Solo considerando questi parametri, si comprende che la misura letta su schermo non può essere considerata attendibile, ma va considerata con un certo margine di accuratezza, o tolleranza.

In questo modo, si riconosce che la lettura della distanza è intrinsecamente affetta da un'incertezza di 1m, per cui non ha senso considerare le cifre decimali rilevate a schermo!

### **Una proposta: salvare parametri qualitativi nella cartografia numerica**

Le argomentazioni svolte nei paragrafi precedenti riguardano alcuni parametri, la scala nominale e il modulo di deformazione cartografica, su cui, a nostro avviso, è utile mantenere accesa l'attenzione per un utilizzo corretto della cartografia numerica. Come descritto nella sezione precedente, un utilizzatore di CAD poco avveduto sarebbe tentato a leggere distanze e posizioni sulla propria cartografia con precisione (quasi) illimitata.

Per evitare situazioni di questo genere, sarebbe auspicabile che i parametri qualitativi di cui si è parlato, la scala nominale e il modulo di deformazione cartografica medio, rientrino tra i "dati di targa" di ogni cartografia numerica.

Se, difatti, la scala nominale è un parametro di cui si tiene conto nella fase di redazione di una cartografia numerica e, dunque, essa possa essere rinvenuta tra i parametri che qualificano la cartografia stessa, non è detto che tale parametro sia direttamente visibile e/o consultabile da un utilizzatore finale della cartografia numerica.

Allo stesso modo, se i parametri relativi alla proiezione cartografica di una cartografia numerica sono spesso contenuti tra le informazioni che descrivono la cartografia, non è affatto detto che parametri di utilizzo più immediato, come il modulo di deformazione cartografica medio, siano

direttamente disponibili, ad esempio, per correggere una distanza letta a schermo.

Per questo motivo, proponiamo di inserire questi due parametri *all'interno* della cartografia numerica, tra i cosiddetti metadati, ovvero tra i dati che descrivono il contenuto e la forma dei dati più prettamente geografici.

Molti tra i formati di memorizzazione usati più comunemente per il salvataggio di cartografia numerica (Autocad DWG, Esri ECW, GeoTiff) già possiedono ampi insiemi di metadati, capaci di descrivere in modo assai efficace le caratteristiche della cartografia numerica. Tuttavia, al meglio della nostra conoscenza, non sono stati ancora previsti campi specifici per la memorizzazione dei parametri di cui si è discusso in questo documento.

Se all'interno di ogni cartografia numerica si inserissero informazioni sulla scala nominale e sul modulo di deformazione cartografica medio si potrebbe immaginare un loro utilizzo automatico da parte dei software CAD per conferire maggiore accuratezza e attendibilità alle operazioni condotte sulla cartografia. Queste informazioni aggiuntive potrebbero essere utilizzate con profitto all'interno di algoritmi e calcoli comunemente effettuati dai software CAD e risolvere incongruenze simili a quella riportata nella sezione precedente di questo documento.

## **Conclusioni**

È indubbio che il passaggio dalla cartografia tradizionale a quella numerica ha dischiuso applicazioni e funzionalità assolutamente nuovi e significativi per i dati geografici, allargando a dismisura le potenzialità di un segmento fino a pochi anni fa considerato di nicchia. La disponibilità di strumenti software sempre più intuitivi sta rendendo l'utilizzo della cartografia numerica molto diffuso e pervasivo, anche da parte di fruitori non professionali. Questo ampliamento della disponibilità tecnologica, tuttavia, non è sempre accompagnato da una altrettanto auspicabile diffusione delle competenze e delle conoscenze necessarie per un utilizzo consapevole dei dati estratti dalla cartografia numerica.

In questo documento abbiamo posto l'attenzione, attraverso semplici esempi, su alcuni parametri cartografici normalmente poco considerati ma che, a nostro avviso, vanno tenuti in debito conto per utilizzare in modo consapevole la cartografia numerica.

Abbiamo proposto di inserire nuovi metadati riassuntivi della qualità e delle caratteristiche della cartografia, quali la scala nominale e informazioni relative alla deformazione cartografica, direttamente all'interno della cartografia numerica, in modo da rendere più attendibili le misure lette sulla cartografia.

Tale proposta, ovviamente, va verificata in rapporto allo scenario attuale dei formati di salvataggio della cartografia numerica. Infatti, potrebbe risultare più semplice inserire un nuovo parametro all'interno di un formato di memorizzazione di tipo aperto, rispetto al caso di formati di memorizzazione proprietari.

In sintesi, in questo documento abbiamo cercato di proporre una provocazione duplice:

- da un lato, fare una richiesta ai produttori di software CAD e agli enti di standardizzazione dei formati di memorizzazione della cartografia numerica, affinché affrontino fonti di errore comuni, del tipo di quelle sottolineate in questo documento, e rendano più espliciti i legami tra tolleranza e precisione delle misure;

- dall'altro, continuare a chiedere agli utilizzatori dei software CAD di mantenere e arricchire il bagaglio culturale necessario per approcciarsi ai dati cartografici. Per nessuna ragione si può derogare sulle competenze necessarie per la comprensione delle operazioni che si eseguono quotidianamente sui dati cartografici.