

L'uso della cartografia catastale in formato raster in un data base cartografico "multiscala".

(Atti della 7ª conferenza nazionale ASITA - Verona, 28-31 ottobre 2003)

Ernesto SFERLAZZA (*)

Provincia Regionale di Agrigento, ingegnere responsabile del servizio Sistema Informativo Territoriale – nodo provinciale del SITR - piazza A. Moro n°1 – 92100 Agrigento; tel 0922-593711 - 0922401935; fax 0922-401764; e-mail: e.sferlazza@provincia.agrigento.it - ernestosferlazza@virgilio.it

Riassunto

L'acquisizione e georeferenziazione della cartografia catastale, in aggiunta alle altre cartografie di base, a scale nominali diverse, residenti nella banca dati cartografica di un GIS consente di affinare la conoscenza del territorio, con riguardo sia agli aspetti attuali che alla sua evoluzione nel tempo.

Tra gli usi possibili che spingono a favore dell'acquisizione delle cartografie catastali si citano: la corretta individuazione dei confini amministrativi; l'identificazione dei beni del Demanio dello Stato e di diversi enti pubblici, nelle cui schede sono spesso riportati i soli estremi catastali; la ricostruzione della geometria originaria delle Regie Trazzere; la identificazione di taluni confini di vincoli riportati su cartografia catastale o che ad essa fanno riferimento.

Al fine di affrontare in maniera speditiva le problematiche connesse alla georeferenziazione di mappe catastali acquisite mediante scanner, con ulteriore cambiamento del sistema di rappresentazione cartografica, mantenendo un livello di qualità geometrico sufficiente per la maggior parte degli usi nell'ambito del GIS, sono state sperimentate diverse procedure, che si prestano ad essere generalizzate e che risultano davvero alla portata di tutti gli operatori del settore, sia in termini di software richiesto che di bagaglio culturale scientifico necessario.

Abstract

The integration of the base maps of a GIS with cadastral maps, subject to previous georeferencing in the same map projection, allows to refine the knowledge of our territory, regarding both its present-day appearance and the changes occurred across the years.

Among the many purposes suitable for use of cadastral maps in a GIS environment, we cite: the refining of accuracy in the location of administrative boundaries; the location of public properties, of which often we know only cadastral references reported in their index cards; the recognition of the original planimetric shape of the public properties of "Regie Trazzere" (large sheep-tracks, used as main roads until the recent past); the accurate location of the boundaries of constraints imposed by the law on our territory, when they refers only to cadastral maps.

The aim of the study has been to try and test different methodologies able to allow the georeferencing of scanned maps, with reprojection from a cartographic projection to another, more quickly as possible, preserving at the same time a level of geometric accuracy compatible with most of purposes related to the use of cadastral maps in a GIS environment. These procedures can be generalized and result very easy to use, since they require a minimal endowment, both in terms of software equipment and in terms of scientific learning.

Premesse

Il territorio della provincia di Agrigento è tra quelli per i quali non è ancora disponibile cartografia catastale in formato numerico (vettoriale). Esiste, invece, in tali casi, una cartografia in formato raster, realizzata dall'AGEA (ex AIMA) ottenuta dalla scansione in B/N dei fogli di visura, con associato il tema vettoriale dei centroidi delle particelle catastali, consultabile da parte dei funzionari abilitati a collegarsi al Sistema Informativo della Montagna (SIM) del Ministero delle politiche Agricole e Forestali, georeferenzata nel sistema di riferimento GAUSS-BOAGA, con un grado di approssimazione che non è stato oggetto di verifica approfondita da parte dello scrivente, ma che, da un esame sommario delle immagini sovrapposte alle ortofotocarte del SIM, sembra più che sufficiente per gli scopi per cui la cartografia è stata prodotta (verifiche inerenti la consistenza delle piantagioni per l'erogazione di contributi).

L'auspicio di un possibile riuso (basterebbe ottenere una semplice autorizzazione dal Ministero competente) da parte delle Pubbliche Amministrazioni di una siffatta mole di dati, ai fini di una integrazione con altri dati cartografici, è stata da stimolo per l'avvio di una sperimentazione, condotta nell'ambito del servizio del SIT provinciale di Agrigento, nodo locale del costituendo Sistema Informativo Territoriale a rete Regionale (SITR), avente per oggetto la individuazione delle procedure, per quanto possibile speditive, per la georeferenziazione delle mappe catastali in formato *raster*, avendo cura al contenimento degli errori derivanti dalle deformazioni dovute al non perfetto stato di conservazione delle carte, al processo di scansione e al cambiamento di sistema di rappresentazione cartografica.

Uso della cartografia catastale nell'ambito del SIT

Uno degli usi più frequenti consiste nella georeferenziazione di "oggetti" (beni demaniali, cave, discariche, impianti, siti in genere, etc..) a partire da schede nelle quali le informazioni relative alla localizzazione sono limitate agli estremi catastali (Comune, foglio, particella). Talvolta, all'inverso, occorre individuare i dati catastali di oggetti dei quali siano note le coordinate, geografiche o proiettate in un sistema di riferimento diverso da quello catastale. Per questi scopi, specialmente in ambito extraurbano, una approssimazione dell'ordine di grandezza della decina di metri è quasi sempre più che sufficiente, per cui non vale la pena eccedere in precisione e può essere utilizzata la tecnica di georeferenziazione "*on the fly*" descritta nel seguito, resa possibile, almeno per i dati vettoriali, dalle più recenti versioni di sw GIS, nel caso in esame ESRI ArcGis8, che presenta margini di errore relativamente contenuti.

Un altro utilizzo della cartografia catastale, per il quale è richiesto invece un grado di precisione più elevato, consiste nella ricostruzione di oggetti la cui geometria non sia più riscontrabile sul terreno, attraverso l'esame della cartografia di origine aereofotogrammetrica o delle ortofoto, ovvero abbia subito notevoli modificazioni nel lasso di tempo intercorso tra l'epoca di impianto o di aggiornamento della cartografia catastale e l'epoca del rilievo cartografico più recente. Tra gli esempi si citano le "Regie Trazzere", i terreni demaniali nelle zone costiere e in corrispondenza di laghi e corsi d'acqua, laddove le modificazioni della morfologia nel tempo si presentano più rilevanti, per azioni sia naturali che antropiche.

Il riscontro su cartografia catastale consente anche una più corretta individuazione delle delimitazioni amministrative, per le quali si evidenziano, tra una cartografia e un'altra, notevoli scostamenti (talvolta parecchie decine di metri), ben oltre la tolleranza che compete alla scala nominale delle cartografie esaminate. A tal proposito lo scrivente ritiene che il "vero" limite amministrativo sia quello desumibile dalla cartografia catastale (per il solo fatto, ad esempio, che una autorizzazione urbanistica va richiesta al Comune nel cui catasto terreni o fabbricati risulta iscritta la particella).

Analogamente, diverse delimitazioni di zone vincolate sono riportate su cartografia catastale e non esiste alcuna rappresentazione su cartografia di origine aereofotogrammetrica a grande o a media scala (un es. locale è rappresentato dal Parco Archeologico della Valle dei Templi di Agrigento).

La problematica connessa alla possibilità di sovrapporre cartografia catastale a cartografia a grande scala di origine aereofotogrammetrica si ripropone ogniqualvolta si debba procedere alle stime di esproprio per la realizzazione di Opere Pubbliche, anche se in questo caso l'utilizzo delle procedure oggetto del presente studio possono solo affiancare il definitivo rilievo di pieno campo, che va effettuato con idonea strumentazione e con le procedure codificate dalla normativa vigente e accettate dai competenti Uffici del Territorio.

Procedure per la conversione di coordinate tra sistemi di rappresentazione diversi

In considerazione delle opportunità offerte dalle nuove *release* del sw GIS in dotazione (versioni 8.x del sw ESRI ArcView-ArcInfo), che, **con le dovute cautele**, consentono di assegnare a ciascun tema un sistema di rappresentazione cartografico che può essere differente da quello del *data frame* su cui si lavora, si è ricorso al seguente artificio: alla cartografia in coordinate catastali viene associato una proiezione CASSINI con datum identico a quello utilizzato nel data frame (nel caso in

esame European Datum 1950), con valori nulli del “*false Easting*” e del “*false Northing*”, assegnando al meridiano centrale e al parallelo centrale le coordinate geografiche del centro di emanazione (Monte Castelluccio) nel sistema ED50.

In effetti la cartografia catastale del territorio della Provincia di Agrigento fa uso della rappresentazione a filattica Cassini-Soldner, con centro di emanazione delle coordinate a Monte Castelluccio nel Comune di Racalmuto (AG) (escluse le isole Pelagie, con differenti punti di emanazione per le isole di Linosa, Lampedusa e lo scoglio di Lampione), mentre il datum è costituito dall’ellissoide di Bessel orientato, come per l’Italia meridionale, a Castanea delle Furie, in Puglia (Surace, 1988). Nella fase di impianto del SIT, al fine di georeferenziare le cartografie a grande scala della viabilità rappresentate in coordinate catastali, fu acquisito presso il competente Ufficio del Territorio un campione di punti, distribuito su tutto il territorio provinciale, dalla tabella dei punti trigonometrici in doppie coordinate Cassini-Soldner e Gauss-Boaga.

In fig. 1 è possibile visualizzare l’andamento, a carattere sistematico, degli scostamenti tra la posizione dei punti “riproiettati” (a partire dal sistema catastale) e quella “vera” desunta dalla tabella dei punti trigonometrici. Tali scostamenti sono stati rappresentati come vettori, con lunghezza amplificata per esigenze di visualizzazione. Per interpolazione è stato inoltre elaborato un “grid” il cui attributo di cella corrisponde al modulo dell’errore di posizionamento, che risulta crescente con la distanza dal punto di emanazione delle coordinate, fino a risultare inferiore a 3.5 m a circa 80 km di distanza da esso.

Il metodo farà certamente “storcere il naso” a chi si occupa di cartografia con maggior rigore scientifico, ma se si accettano errori che non superano i 4 m ad un centinaio di km dal punto di emanazione, risulta estremamente speditivo.

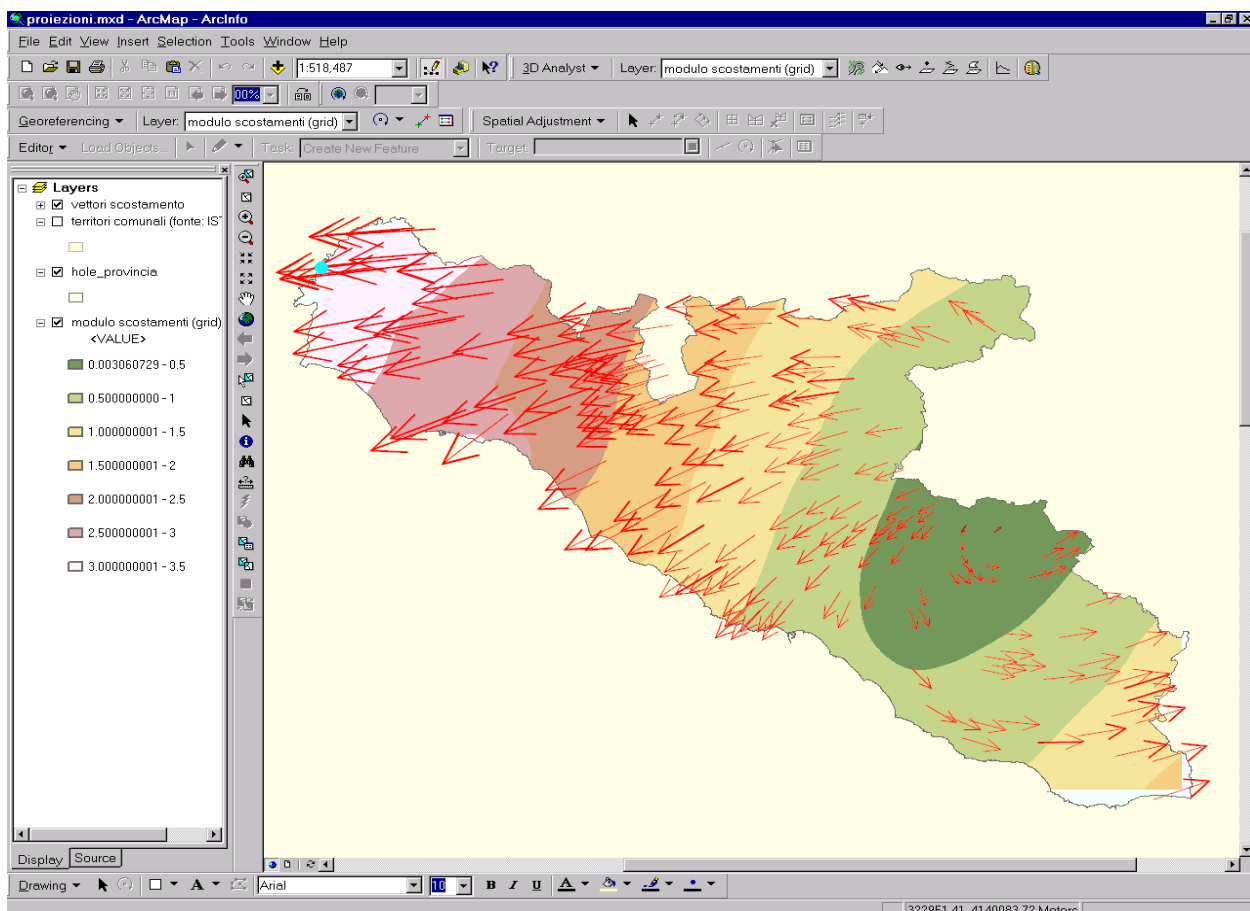


Fig.1 rappresentazione mediante vettori degli errori di posizionamento con procedura “on the fly”

Al fine di migliorare la stima della trasformazione da un sistema ad un altro, nonché superare i limiti concettuali connessi alla procedura suesposta, si è cercato di individuare, utilizzando

esclusivamente il set di punti a disposizione, delle espressioni di tipo polinomiale, valide per l'intero territorio provinciale, atte ad operare la trasformazione diretta dalle coordinate Catastali alle coordinate UTM-ED50 o GAUSS-BOAGA o UTM-WGS84 e viceversa. In considerazione della vasta estensione del territorio, dopo aver verificato che una trasformazione del primo ordine non conduceva a sensibili miglioramenti nell'entità degli errori, si è passati ad una del secondo ordine.

Con riferimento alle equazioni di seguito riportate, occorre determinare i coefficienti $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$, nonché $B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$ che consentono di passare dalle coordinate X_{cass} e Y_{cass} (Est e Nord) del sistema di riferimento catastale locale alle coordinate X_{GB} e Y_{GB} del sistema di riferimento GAUSS-BOAGA ed i coefficienti $C_0, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ e $D_0, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5$ per il passaggio in senso inverso:

$$X_{GB} = A_0 + A_1 * X_{cass} + A_2 * Y_{cass} + A_3 * X_{cass}^2 + A_4 * X_{cass} * Y_{cass} + A_5 * Y_{cass}^2$$

$$Y_{GB} = B_0 + B_1 * X_{cass} + B_2 * Y_{cass} + B_3 * X_{cass}^2 + B_4 * X_{cass} * Y_{cass} + B_5 * Y_{cass}^2$$

$$X_{cass} = C_0 + C_1 * X_{GB} + C_2 * Y_{GB} + C_3 * X_{GB}^2 + C_4 * X_{GB} * Y_{GB} + C_5 * Y_{GB}^2$$

$$Y_{cass} = D_0 + D_1 * X_{GB} + D_2 * Y_{GB} + D_3 * X_{GB}^2 + D_4 * X_{GB} * Y_{GB} + D_5 * Y_{GB}^2$$

Tale determinazione può essere condotta disponendo di un sufficiente numero di punti di cui siano note le coordinate nei due sistemi di riferimento, in maniera relativamente semplice e alla portata di tutti, con l'ausilio di un foglio elettronico che supporti funzioni di tipo statistico (nel caso in esame è stato utilizzato Microsoft EXCEL). Si tratta di operare una regressione lineare multipla nella quale la variabile dipendente è, nel caso dei coefficienti A_i , la coordinata X_{GB} , mentre le variabili "indipendenti" sono $X_{cass}, Y_{cass}, X_{cass}^2, X_{cass} * Y_{cass}, Y_{cass}^2$ (in effetti l'indipendenza sussiste solo per la X_{cass} e la Y_{cass} , ma l'operazione interessa ai soli fini computazionali e non statistici).

Talvolta, per problemi computazionali, è necessario sottrarre una quantità costante alla variabile dipendente (nel caso in esame si è sottratto il valore della coordinata del centro di emanazione); tale quantità va risommata al valore trovato con la regressione (indicato come "cost" in tabella).

Si riporta, di seguito, la tabella riepilogativa estratta dal foglio di calcolo, nella quale sono riportati i valori dei coefficienti A_i, B_i, C_i e D_i .

Determinazione dei coefficienti per X_{GB}						
A5	A4	A3	A2	A1	cost	A0
1.3341588421 E-09	-4.1602079462 E-11	-1.7033553703 E-09	1.2938151242 E-02	9.9965805654 E-01	0.03	2411978.99
Determinazione dei coefficienti per Y_{GB}						
B5	B4	B3	B2	B1	cost	B0
-1.6520095641 E-11	-2.6199324828 E-09	6.2552181486 E-11	9.9966743828 E-01	-1.2937065651 E-02	-0.01	4141724.82
Determinazione dei coefficienti per X_{CASS}						
C5	C4	C3	C2	C1	C0	
-1.3334632546 E-09	-6.9321422024 E-11	1.7051755243 E-09	-1.7318121370 E-03	9.9223596608 E-01	-2372433.14	
Determinazione dei coefficienti per Y_{CASS}						
D5	D4	D3	D2	D1	D0	
-3.5268794332 E-11	2.6222135169 E-09	-6.0766690137 E-12	9.9413258281 E-01	2.1124749494 E-03	-4148073.75	

La distribuzione degli errori nella determinazione delle coordinate del campione si discosta in maniera quasi impercettibile dalla legge Normale con parametri stimati dal campione e l'errore massimo di posizionamento riscontrato nello stesso risulta non superiore a 40 cm su tutto il territorio provinciale. Alcune prove effettuate su campioni più limitati (competenti, ad es. a un singolo territorio comunale) conducono ad errori ancora minori (dell'ordine di pochi cm). Lo studio potrebbe anche estendersi a tutto il territorio che compete al centro di emanazione delle coordinate.

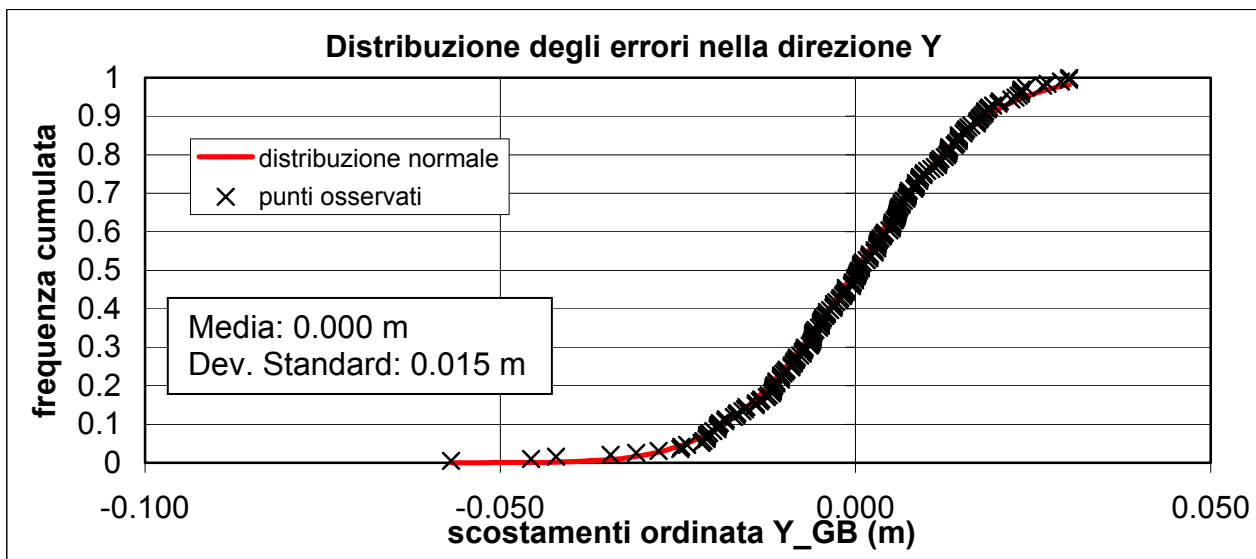
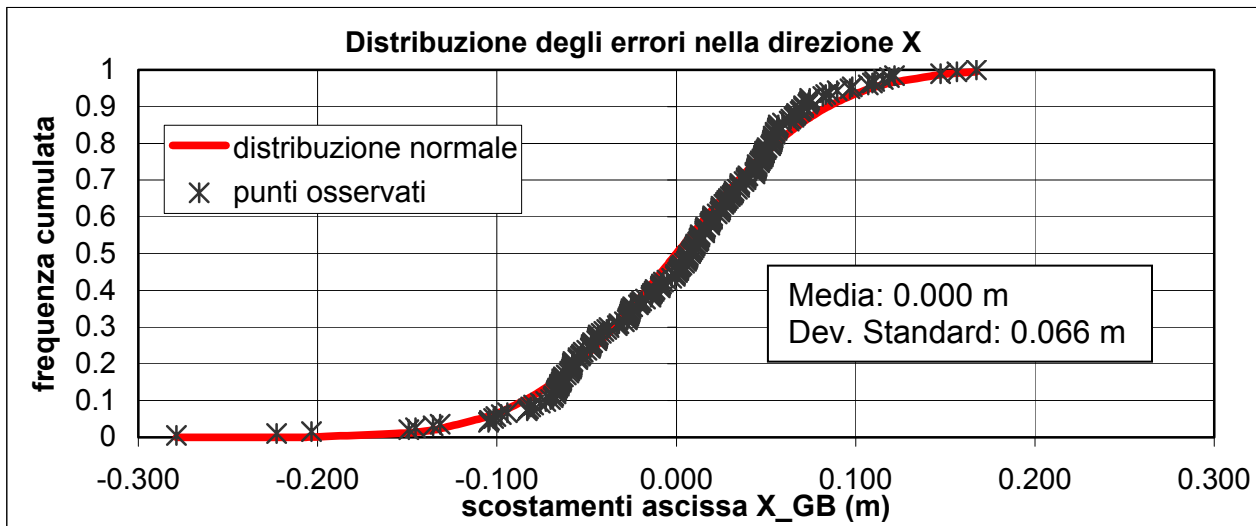


Fig.2 distribuzione degli errori di posizionamento con trasformazione polinomiale del 2° ordine

Georeferenziazione dei raster: problematiche tipiche della cartografia catastale.

Una immagine raster di una cartografia catastale può essere stata acquisita a partire da un “copione di visura”, ovvero da una copia di “matrice”. Il primo tipo di carta presenta l’inconveniente di una forte degradazione della qualità geometrica, in quanto spesso ottenuta mediante “lucidatura” manuale delle matrici originali, cui si aggiunge il logorio dovuto all’uso continuato per le operazioni di visura e di aggiornamento, per cui non di rado presentano strappi e deformazioni consistenti. Per contro, essi rappresentano, rispetto alle matrici, una situazione dei luoghi notevolmente più aggiornata del territorio per quanto concerne il tema della proprietà.

Accantonando, per gli scopi oggetto del presente studio, l’utilizzo dei punti fiduciali come punti di controllo a terra (GCP), la georeferenziazione speditiva può essere attuata utilizzando le coordinate del reticolo riportato sulle carte. Per i copioni di visura i GCP sono costituiti dagli incroci del reticolo riportati direttamente sulle carte, mentre per le matrici occorre preventivamente determinare le coordinate mancanti dei punti della cornice in corrispondenza dei quattro vertici e degli inviti, dal momento che per i lati (approssimativamente) orizzontali si conosce solo la coordinata EST, mentre per i lati (approssimativamente) verticali si conosce la coordinata Nord.

In tali casi, occorre avere l’accortezza di effettuare la scansione (o di ruotare la scansione già effettuata) allineando quanto più possibile la matrice del raster alla direzione EST-OVEST del reticolo prima di acquisire le coordinate file dei punti della cornice in corrispondenza dei vertici e degli inviti; di questi ultimi sono note anche le ascisse (per i lati orizzontali) e le ordinate (per i lati

verticali) nel sistema di riferimento catastale. Con i dati acquisiti si ricavano le coordinate incognite dei quattro vertici e quindi, per interpolazione lineare, le coordinate mancanti dei punti della cornice in corrispondenza degli inviti. La trasformazione delle coordinate dal sistema catastale ad altri sistemi di rappresentazione può effettuarsi utilizzando le formule di conversione già discusse

Un modo per rendere più speditiva la procedura può essere il seguente: utilizzando il file raster non georeferenziato come tema di sfondo, si digitalizzano i GCP come sopra individuati in un tema vettoriale di tipo puntuale (ad esempio in formato shapefile), la cui tabella degli attributi contenga i campi numerici idonei a poter immagazzinare le coordinate file, con un numero di cifre significative idoneo ad individuare almeno la posizione del singolo pixel nella matrice; in automatico vengono fatti calcolare dal sw i campi relativi alle coordinate; per ciascun punto di cui sono state ricavate le coordinate file, per quanto prima detto, le corrispondenti coordinate cartografiche possono essere note, parzialmente note o incognite; con banali operazioni di “copia e incolla” si trasferiscono i valori delle coordinate file su un foglio elettronico appositamente predisposto, nel quale alcune celle sono evidenziate in maniera da ricevere l’input manuale delle coordinate cartografiche, altre celle contengono le formule per la risoluzione delle incognite (determinazione delle dimensioni orizzontali e verticali medie del pixel, determinazione delle coordinate dei vertici della cornice e, per interpolazione lineare, di quelle mancanti per gli inviti– nel caso di foglio predisposto per matrice -, conversione di coordinate dal sistema catastale a quello prescelto, con le formule sopra determinate). In tal modo si riesce ad ottenere, in maniera estremamente rapida, la tabella che consente di passare dalle coordinate file alle coordinate nel sistema di rappresentazione che si vuole utilizzare e che può essere fornita, insieme al raster “grezzo” non georeferenziato, ad un qualunque sw GIS in grado di operare il ricampionamento di raster, utilizzando la funzione di trasformazione che appare più idonea al caso, alla luce delle informazioni sugli errori di posizionamento che ne risultano.

Operando in tal modo si ottiene anche il vantaggio di poter cambiare, all’occorrenza, il modello di trasformazione, nonché di poter documentare la qualità ed il livello di attendibilità del dato.

Conclusioni

La metodologia per la conversione dal sistema di riferimento catastale ai sistemi di rappresentazione normalmente in uso (Gauss-Boaga, UTM_ED50, UTM_WGS84), qui esposta con riferimento al territorio della Provincia di Agrigento, si presta ad essere applicata anche agli altri territori che competono a ciascun punto di emanazione di coordinate catastali, ovvero a singoli territori comunali o gruppi di comuni adiacenti. Tali determinazioni possono essere attuate una volta per tutte ed utilizzate nell’ambito dei SIT per integrare le proprie banche dati cartografiche, solitamente inquadrare nei sistemi di rappresentazione Gauss-Boaga o UTM_ED50 (per lo scrivente sarebbe auspicabile passare a UTM_WGS84), con la cartografia tematica di tipo catastale, in quelle zone rappresentate in coordinate catastali e/o per le quali non risulta disponibile cartografia in formato vettoriale georeferenziato.

La scelta del tipo di carte da georeferenziare (fogli di visura o matrici originali) dipende, oltre che dalla loro reperibilità, dal tipo di informazioni che si vogliono acquisire e dalla qualità geometrica che si vuole ottenere: in linea di massima la georeferenziazione dei copioni di visura risulta più speditiva e le informazioni sono più aggiornate, ma la qualità geometrica è nettamente inferiore a quella che si ottiene dalle matrici originali; queste ultime pertanto si rivelano più utili per le indagini di tipo storico, per la determinazione più esatta delle delimitazioni amministrative o come base per la vettorializzazione, sulla quale riportare successivamente gli aggiornamenti.

Bisogna, infine, essere coscienti del fatto che le procedure esposte nel presente articolo possono al limite affiancare, ma non surrogare, le metodologie già codificate dalla normativa vigente, qualora si tratti di pratiche riguardanti le espropriazioni o l’accertamento della proprietà dei suoli in genere.

Riferimenti bibliografici

Surace L. (1998, “La georeferenziazione delle informazioni territoriali”, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini* – Anno LVII n°2, 1988, pp. 181-234