

La mappa catastale nel sistema di riferimento WGS84, in regione Piemonte

Josif Horea Bendea (*), Antonio Chiaffrino (***), Alberto Cina (*),
Flavio Celestino Ferrante (****), Luigi Garretti (**), Ambrogio Maria Manzino (*),
Marzio Pipino (***), Marco Piras (*), Chiara Porporato (*), Gian Bartolomeo Siletto (**)

(*) Politecnico di Torino, DITAG, Tel. 011 5647658/30/61/75/61/87/, Fax 011 5647699

e-mail: (iosif.bendea/ alberto.cina/ ambrogio.manzino/ marco.piras/ chiara.porporato)@polito.it

(**) Regione Piemonte. Direzione Programmazione Strategica, Politiche territoriali ed Edilizia.

Settore Cartografia e SIT. Corso Bolzano 44, 10121 Torino, Tel. 011 4324160, Fax +39 0114326462

e-mail: (luigi.garretti/ gianbartolomeo.siletto)@regione.piemonte.it

(***) CSI Piemonte Corso Tazzoli 215/12b, 10137 Torino, Tel. +39 011.3168724, Fax +39 011.3169560

e-mail: (marzio.pipino/ antonio.chiaffrino)@csi.it

(****) Agenzia del Territorio, Largo Leopardi 5, Roma, Tel. +39 06 47775596

e-mail: flavio.ferrante@agenziaterritorio.it

Keywords: Cartografia catastale, origine fittizia, Catasto, UTM-WGS84, ETRF2000, RDN, Cassini-Soldner

Riassunto

Sono in via di ultimazione nella Regione Piemonte le operazioni per la trasformazione della mappa catastale dai sistemi Cassini Soldner al nuovo sistema globale WGS84-ETRF2000, realizzato dalla Rete Dinamica Nazionale. L'attività è svolta in base ad accordi tra Agenzia del Territorio, Regione Piemonte, CSI Piemonte e Politecnico di Torino. Il problema del cambio di DATUM si presenta particolarmente complesso in questa regione, per la proliferazione di una grande quantità di sistemi d'asse, la cui ricomposizione ha comportato vari tipi di problemi teorici e pratici.

Nella nota verranno esposte le operazioni per la ricostruzione del sistema di riferimento catastale, per la conversione delle mappe raster e vettoriali nel sistema WGS84 e per la determinazione analitica di punti di "doppie coordinate", funzionali alla trasformazione. Le operazioni di verifica, tuttora in corso, mostrano una buona sovrapposizione tra le carte tecniche e le mappe catastali nei nuovi sistemi di riferimento.

Abstract

The operations of cadastral map transformation (from Cassini Solder to WGS84-ETRF2000, realized by the National Dynamic Network (RDN)) in Regione Piemonte is almost concluded. This activity is realized according to an agreement between Agenzia del Territorio (AdT), Regione Piemonte, CSI Piemonte and Politecnico di Torino. The DATUM's transformation is particularly complex in this area, because there are a large number of system of axes whose recomposition has caused several theoretical and practical problems.

The steps of the reconstruction of the cadastral reference system, with purpose to convert the raster and vector maps into the reference system WGS84 will be described in this paper. Furthermore, the operations devoted to analytically determine the couple of points with "double coordinates" will be shown. The control of the transformation is still in progress, but it shows a good overlapping between Carta Tecnica Regionale (CTR) and cadastral map defined in the new reference system.

Introduzione

Come è noto la cartografia catastale, nella quale è rappresentato il tematismo del possesso, è uno strumento imprescindibile per la gestione del territorio. Estesa a tutto il territorio nazionale, è realizzata per circa l'80% alla scala 1:2000 prevalentemente nel sistema cartografico Cassini Soldner ed è riferita a numerosi centri d'emanazione. L'Agencia del Territorio (AdT) dispone ormai delle mappe in formato vettoriale nel sistema nativo su praticamente tutto il territorio nazionale e sono in corso le acquisizioni delle mappe "originali d'impianto" in formato raster che, sebbene non aggiornate, rappresentano la base metrica "più precisa" di cui si dispone.

L'Agencia del Territorio ha da tempo avviato il progetto relativo alla trasformazione della cartografia catastale dai vari sistemi di coordinate adottati dal Catasto per l'inquadramento delle proprie mappe, al sistema di riferimento nazionale Roma40. L'attività, basata sull'impiego di punti noti nei due sistemi di coordinate e su algoritmi rigorosi, è stata completata per circa il 60% del territorio nazionale; entro la fine dell'anno 2011, la copertura riguarderà circa l'80% del territorio. Il successivo passaggio, dal sistema di riferimento Roma40 al sistema di riferimento WGS84, sarà eseguito con l'impiego dei grigliati dell'IGM.

La necessità di questa trasformazione è legata sia all'evoluzione che hanno avuto i sistemi di riferimento nazionali, materializzati già dalla rete IGM95 e più recentemente dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN) sia alla direttiva INSPIRE, per far interagire database topografici di vari enti.

In base ad accordi tra Agencia del Territorio e Regione Piemonte, grazie ad un progetto finanziato dalla Regione, con CSI Piemonte e la consulenza del Politecnico di Torino-DITAG, si è affrontata, dopo aver realizzato la scannerizzazione degli originali d'impianto, la trasformazione di tutte le mappe del territorio piemontese dal sistema Cassini-Soldner al nuovo sistema di riferimento. Questa trasformazione, eseguita con un approccio geodetico rigoroso, si deve confrontare, però, con l'esigenza pratica di ricomporre la notevole molteplicità di piccoli sistemi d'asse (più di 540) oltre a due origini di grande estensione presenti in Regione Piemonte. Dopo un breve richiamo sugli approcci di trasformazione tra sistemi di riferimento geodetici e cartografici, si espongono le metodologie adottate e i risultati delle prime verifiche.

La trasformazione da sistemi catastali a Roma40 e WGS84

La cartografia catastale è stata realizzata in un DATUM basato sull'ellissoide di Bessel, con vari orientamenti. La sua realizzazione pratica (FRAME) è costituita dalle reti catastali, delle quali è possibile ritrovare le monografie (Figura 1) o anche solo l'elenco delle coordinate (Figura 2) dei vertici nei vari uffici dell'AdT. Detta documentazione, messa a disposizione dall'Agencia del Territorio, è stata acquisita in forma digitale per la ricostruzione del sistema di riferimento catastale in Regione Piemonte.



Figura 1 – Monografia di vertice con coordinate Cassini Soldner e Gauss Boaga.

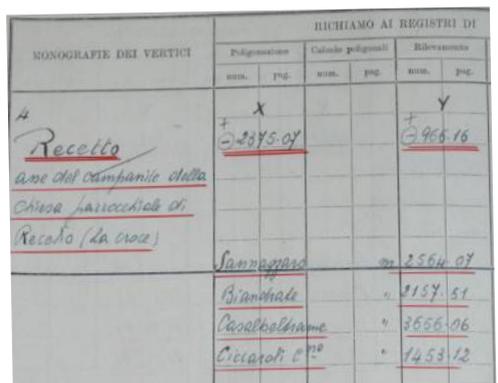


Figura 2 – Coordinate di vertici Catastali in Cassini Soldner.

Il FRAME del sistema Roma40 è realizzato dalla rete di triangolazione di 1° ordine IGM. A questo DATUM si sono appoggiate anche le reti catastali, utilizzando però a volte coordinate provvisorie prima della compensazione finale, la cui attesa avrebbe rallentato i lavori di realizzazione delle mappe. Il sistema di riferimento italiano, dal 1° gennaio 2009, è il WGS84, nella sua realizzazione ETRF2000. Il Frame di riferimento è la Rete Dinamica Nazionale (RDN) dell'IGM.

Si è già detto come il sistema di rappresentazione cartografica utilizzato prevalentemente dal Catasto sia quello Cassini Soldner, che appartiene alla categoria delle “rappresentazioni afillattiche”, ovvero che non conservano né angoli né aree. È altresì noto che il sistema Roma40 e WGS84 utilizzano la “rappresentazione conforme” di Gauss, nei sistemi rispettivamente Gauss Boaga e UTM-WGS84 nella realizzazione ETRF2000 (nel seguito UTM-WGS84). La trasformazione da sistema catastale ai nuovi sistemi di riferimento nella rappresentazione di Gauss, deve perciò tenere conto di una molteplicità di aspetti tra cui due i principali:

- diversità del DATUM: il problema è complicato ancora dall'utilizzo delle coordinate provvisorie prima dell'unificazione delle reti IGM;
- diversità della rappresentazione cartografica: uno stesso oggetto sulla stessa superficie di riferimento viene “deformato” in maniera diversa sui piani cartografici di Gauss o di Cassini Soldner (Figura 3).

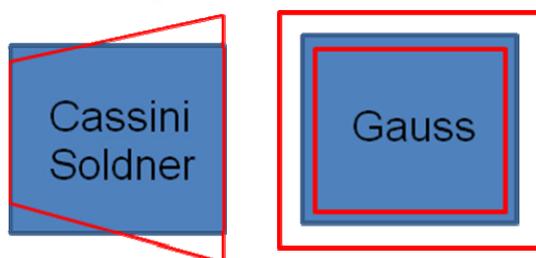


Figura 3 – Deformazioni nelle carte di Gauss e Cassini Soldner nel passaggio da superficie di riferimento (blu) a piano cartografico (rosso).

È naturalmente implicito che ogni errore sulle coordinate di un particolare cartografico della mappa nel sistema originario, risulterà di pari entità nel nuovo sistema di riferimento, anche a valle della più rigorosa procedura di trasformazione. Occorre allora distinguere tra procedure di trasformazione di tipo “globale” o “locale” (Barbarella et al., 2009). Le **trasformazioni globali** provvedono al trasporto delle coordinate catastali dal sistema originario verso Roma40 o WGS84 con procedure geodetiche rigorose. Le **trasformazioni locali** servono a rendere coerenti le geometrie catastali con quelle di altri DB topografici di riferimento. Con esse vanno assorbite sia deformazioni che possono essere state prodotte nella fase di rilievo d'impianto o di aggiornamento, sia degni di precisione che possono essersi generati nel processo di vettorizzazione delle mappe. Nella parte che segue sarà affrontato il solo problema delle trasformazioni di tipo globale, che possono per lo meno essere raggruppate nei due approcci:

1. **Trasformazioni con punti di doppie coordinate:** si basa sulla disponibilità di punti di note coordinate nei due sistemi di riferimento catastale, Roma40 o WGS84, ai quali vengono applicati consolidati algoritmi rigorosi di stima dei parametri di trasformazione (Di Filippo 1995 e 2003). In generale si ipotizza la coerenza dei fogli di mappa all'interno della stessa origine catastale in maniera che la ricerca dei punti di doppie coordinate possa essere fatta per sistema d'asse anziché per foglio di mappa. Il metodo richiede dunque la conoscenza delle doppie coordinate di punti omologhi, deducibili dalla documentazione di archivio delle reti geodetiche del Catasto e dell'IGM, ovvero anche da rilievo sul terreno o da misure cartografiche su DB topografici di adeguata precisione. Attualmente l'Agenzia del Territorio

basa la trasformazione delle mappe vettoriali nei nuovi sistemi di riferimento su tale metodologia, privilegiando l'impiego, ove possibile, di punti appartenenti alle reti geodetiche del Catasto e dell'IGM. Tale metodologia è già stata utilmente applicata per la trasformazione della cartografia catastale su circa il 60% del patrimonio cartografico catastale.

2. **Trasformazioni a partire dall'origine dei sistemi d'asse:** si basano su considerazioni geodetiche e cartografiche che mostrano come sia possibile "riproiettare" i punti dal sistema cartografico catastale a Gauss-Boaga o UTMWGS84, a partire da elementi superficiali (azimut e lunghezza della geodetica) praticamente indipendenti dal cambio di forma dell'ellissoide (Cina, 2008). Il metodo presuppone la conoscenza delle coordinate dell'origine catastale nel solo sistema di riferimento "di arrivo", oltre che i parametri di trasformazione (orientamento e scala tra DATUM), espressi nel piano di Gauss. I parametri di trasformazione possono essere ricavati con le stesse procedure geodetiche a partire da pochi punti doppi ma ben rappresentativi del sistema di riferimento, anche su vaste estensioni o su singole origini o gruppi di origini. Se l'origine non è nota, essa può essere ricavata con procedure minimi quadrati: due per lo meno i metodi utilizzabili che chiameremo dell' "*Origine fittizia (O.F.)*" o della "*Triangolazione Aerea Catastale (T.A.C.)*".

Metodo dell'origine fittizia (O.F.): per ogni sistema d'asse catastale vengono stimate le coordinate dell'origine a partire da punti di doppie coordinate (Cassini-Soldner e Gauss) con un metodo geodetico iterativo (Bendea, 2009), a partire da una posizione del centro di emanazione di prima approssimazione. Il calcolo, rapidamente convergente, fornisce la stima minimi quadrati delle coordinate dell'origine nel sistema "di arrivo" con la relativa matrice di varianza covarianza. Con questo metodo è possibile eseguire operazioni di *data snooping* e individuare eventuali vertici di coordinate non coerenti nei due sistemi di riferimento.

Metodo della Triangolazione Aerea Catastale (T.A.C.): può essere applicato per la stima delle coordinate delle origini quando non si possieda un sufficiente numero di punti di doppie coordinate per ogni sistema d'asse. Analogamente alla TA fotogrammetrica (Krass, 1994) per modelli indipendenti, la TA catastale si basa su punti comuni a più origini (punti di legame) e pochi vertici trigonometrici di doppie coordinate (Figura 4). Il blocco viene compensato e orientato nel sistema di riferimento di arrivo con procedimento di stima minimi quadrati con la stima della matrice di varianza covarianza dei parametri stimati (Cina et al., 2011).

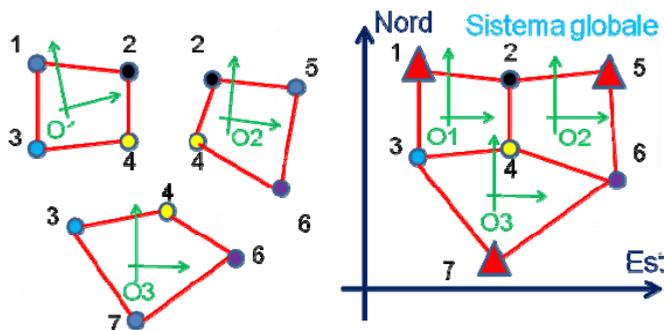


Figura 4 – TA catastale: nell'esempio 3 origini (O1, O2, O3) con punti di legame (2, 3, 4, 6) e 3 punti di doppie coordinate (1, 5, 7), ricomposti nel sistema globale (Est e Nord).

I due metodi, per punti doppi o per origini, possono essere visti come un diverso approccio allo stesso problema e come tali possono utilmente integrarsi. Disporre di punti di doppie coordinate può permettere la rideterminazione delle origini catastali che li hanno generati, consentendo una verifica della precisione e affidabilità delle loro coordinate. Al contrario, col metodo per origini, si possono generare analiticamente punti di doppie coordinate nella densità voluta, a supporto della prima trasformazione. Proprio questo è il cuore dell'attività eseguita in Regione Piemonte, dove sono stati generati punti di doppie coordinate col metodo per origini, a supporto delle trasformazioni per punti di doppie coordinate che l'Agenzia del Territorio ha da tempo implementato all'interno del proprio sistema. In tutti i casi è di grande importanza la ricostruzione del sistema di riferimento attraverso l'acquisizione degli elementi geodetici dei vertici che lo hanno storicamente generato.

Tutti gli algoritmi di cui all'approccio per origini catastali, sono stati studiati e implementati in linguaggio Matlab® presso il gruppo di ricerca al Politecnico di Torino – DITAG.

La ricomposizione dei sistemi d'asse catastali in Regione Piemonte

La situazione dei sistemi d'asse catastali in Regione Piemonte si presenta particolarmente complessa per la proliferazione dei sistemi di piccola estensione, presenti in numero di 547. Alcuni comprendono più comuni, altri sono coincidenti con un intero comune, ma troviamo ancora casi di più sistemi all'interno dello stesso comune, generati da variazioni territoriali di comuni adiacenti. Due sistemi di grande estensione completano lo scenario: le grandi origini di Alessandria e di Vercelli, ai quali sono riferite intere provincie e parti di esse. In particolare l'origine di Vercelli è su un "punto ideale" chiamato Ω , che non ha alcuna materializzazione ma corrisponde ad un valore intero di primi di latitudine e longitudine. Il dettaglio e la numerosità dei sistemi d'asse sono riportati in Tabella 1, assieme alla tipologia di materiale geodetico reperito presso gli uffici dell'AdT e acquisito per la ricostruzione del sistema di riferimento e delle origini catastali.

Provincia	n. piccole origini	grandi origini	Documentazione geodetica messa a disposizione da AdT	Metodo di verifica origini
TO	320		Registri con elenco coordinate di circa 16.000 punti CS e GB	O.F.
CN	101		Monografie di circa 4200 punti doppi (CS e GB)	O.F.
AT	24	ALESSANDRIA osservatorio	Monografie di circa 500 punti doppi (CS e GB)	O.F.
AL	37		Registri con monografie di circa 700 punti CS e Rabbini (no GB)	T.A.C.
NO	62	VERCELLI Punto ideale Ω	Registri con monografie di circa 2400 punti CS e Rabbini (no GB)	T.A.C.
VC	3		Monografie di circa 1400 punti doppi (CS e GB) e registri Con coordinate CS GB	O.F.
BI				
VCO				

Tabella 1 – Piccole e grandi origini in Regione Piemonte con tipologia di monografie ritrovate negli uffici AdT e metodi di verifica (O.F. = Origine Fittizia, T.A.C. = Triangolazione Aerea Catastale).

Il materiale geodetico si presentava diversificato nelle varie provincie: a volte sono stati ritrovati elenchi o monografie di punti di doppie coordinate (Cassini Soldner e Gauss Boaga) che hanno consentito la ristima dell'origine col metodo *dell'Origine Fittizia (O.F.)*, in altri casi, essendo disponibili solo le coordinate Cassini Solner e pochi vertici trigonometrici IGM di note coordinate catastali, si è applicato il metodo della *Triangolazione Aerea Catastale (T.A.C.)*, secondo quanto riportato in

Tabella 1. I risultati ottenuti circa la precisione della stima delle coordinate delle origini con i metodi *O.F.* o *T.A.C.* sono risultati soddisfacenti solo dopo operazioni di *data snooping* a partire dai residui minimi quadrati delle stime. Dette operazioni hanno permesso di eliminare *outlier* generati sia nella digitazione delle coordinate delle monografie (operazione eseguita manualmente), sia errori presenti sui cataloghi storici oppure omonimie di punti o altro ancora. In Figura 5 si può apprezzare come lo scarto quadratico medio σ delle coordinate planimetriche stimate non ecceda i 30 cm nel 95% dei casi. Gli scarti a valle della stima minimi quadrati, dopo l'eliminazione degli *outlier*, sono risultati contenuti entro 1 m.

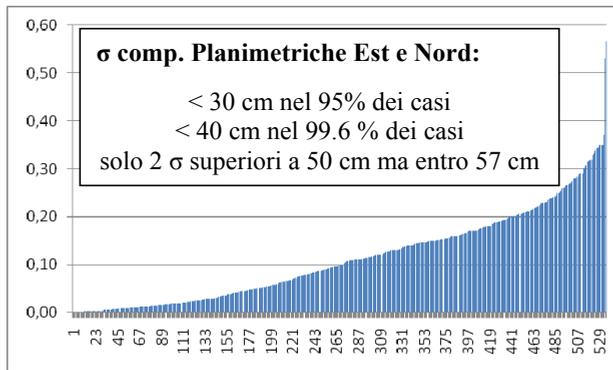


Figura 5 – S_{qm} in cm delle componenti planimetriche (in ordinata) nella ristima delle origini (in ascissa).

Verificata la precisione e affidabilità delle coordinate delle origini catastali, è ora necessario passare alla stima dei parametri di trasformazione fra DATUM.

I parametri di trasformazione tra DATUM

La trasformazione fra DATUM avviene, in generale, confrontando fra loro punti di doppie coordinate in sistemi coerenti, per stimare minimi quadrati i parametri necessari. Nel nostro caso, note le origini catastali (vedi precedente paragrafo), è sufficiente stimare i soli parametri di rotazione e scala tra DATUM di partenza (Catastale) e di arrivo (Roma40 o WGS84). La stima è stata eseguita attraverso le stesse procedure geodetiche precedentemente richiamate.

Va ricordato che la trasformazione fra DATUM è un problema geodetico e non solamente geometrico: confrontando fra loro punti di doppie coordinate la stima dei parametri non è esente dagli errori con i quali esse sono note. I parametri di trasformazione non è detto possano essere estesi a tutta la Regione ma anche solo a parte di essa.

I vertici selezionati sono stati, quando possibile, IGM di elevato ordine di cui erano note anche le coordinate catastali: a partire da essi sono state eseguite varie prove che hanno portato a individuare come ottimali tre macro zone (Figura 6):

- zona ovest, estesa alle provincie di Cuneo e Torino;
- zona est, estesa alle provincie di Alessandria, e Asti, riferite in maggior parte alla grande origine di Alessandria;

- c) zona nord, estesa alle provincie del Verbano Cusio Ossola, Biella Vercelli e Novara, riferite in buona parte alla grande origine di Vercelli.

La stima dei parametri ha portato ai valori riportati in Figura 6, con scarti minimi quadrati sui punti doppi contenuti entro 50 cm. La variazione dei parametri non porta a discrepanze significative, da un punto di vista cartografico, nelle zone di confine.

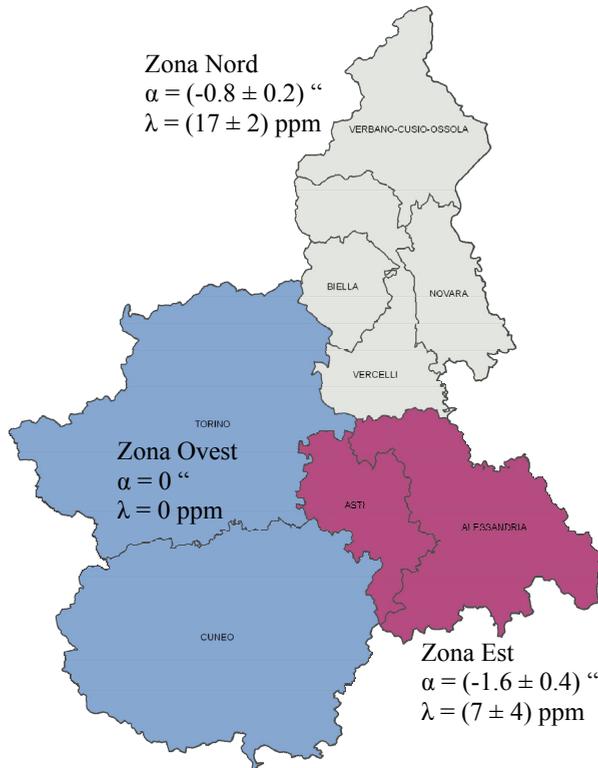


Figura 6 – Parametri di trasformazione tra DATUM in Regione Piemonte, suddivisi in 3 zone rappresentate con diverso colore. I valori angolari e di scala si intendono dal vecchio al nuovo sistema di riferimento.

Trasformazione di mappe catastali e generazione di punti di doppie coordinate

Note le origini e i parametri di trasformazione è ora possibile procedere alla conversione delle mappe catastali verso i nuovi sistemi di riferimento, con estensione a tutta la Regione Piemonte. Questa fase di produzione ha riguardato 3 tipi di prodotti:

- 1) File di “triple coordinate”, catastali, Roma40 e UTM-WGS84 in formato .CSV, funzionali alle operazioni da parte dell’AdT di cambio di sistema di riferimento, all’interno del proprio sistema, con algoritmi rigorosi basati su punti doppi (Di Filippo, 2003). Essi vengono generati con la procedura geodetica per ogni origine catastale, in ragione di uno per foglio di mappa e posto in posizione centrale.
- 2) Mappa raster originale d’impianto: a partire dai world file di georeferenziazione (.TFW) prodotti da CSI Piemonte per la georeferenziazione nel sistema Cassini Soldner. Con la stessa procedura geodetica viene stimata una trasformazione affine per ogni foglio di mappa, da Cassini Soldner a UTM-WGS84, e viene generato un nuovo world file sfruttando le proprietà delle trasformazioni affini.

- 3) Mappe vettoriali: la trasformazione è eseguita “punto per punto” con la procedura geodetica applicata a tutte le coordinate presenti nel file vettoriale. Le mappe catastali vettoriali possono però non essere esenti da imprecisioni legate al processo produttivo di vettorizzazione e il loro utilizzo al momento è stato unicamente a scopo di verifica, per sovrapposizione cartografica.

A valle della procedura di calcolo, vengono generati report sulle operazioni eseguite, sui file trasformati ed eventuali problemi di file non trovati, in modo da rendere agevole una verifica. Un primo grossolano controllo avviene poi sovrapponendo i centroidi dei fogli di mappa a Google Earth, tramite la creazione di un file in formato KML. Questa prima semplice verifica permette di evidenziare immediatamente fogli mal collocati o errori nell'attribuzione delle origini o l'applicazione o meno di false origini.

I file generati sono relativi a circa 30.000 fogli di mappa in Regione Piemonte. Le procedure di calcolo sono state eseguite in modalità *batch*, a partire da file di lancio opportunamente compilati e contenenti gli abbinamenti tra i fogli, le origini e i parametri di trasformazione tra DATUM. La generazione dei file di doppie coordinate e dei world file viene eseguita in tempi di calcolo minori di 1 ora per provincia, utilizzando un moderno PC di buone caratteristiche. La conversione dei file vettoriali comporta tempi maggiori e dipendenti dalla complessità del file cartografico. Sullo stesso PC è ipotizzabile un tempo medio di circa 4000 fogli in 24 ore di calcolo.

Conclusioni e risultati delle prime verifiche

La verifica del risultato della trasformazione può in parte essere già eseguita con criteri statistici, esaminando i risultati ottenuti della stima delle coordinate dei sistemi d'asse. Naturalmente, il risultato finale deve portare ad una “buona sovrapponibilità” della mappa catastale con una moderna carta tecnica (o DBT) assunta come riferimento.

La verifica cartografica è utile anche per individuare errori grossolani legati a errate attribuzioni di origini a fogli di mappa o all'applicazione di false origini. Se la mappa catastale vettoriale è quella maggiormente usufruibile e aggiornata, il confronto più significativo da un punto di vista metrico va eseguito però sulla mappa d'impianto. Le mappe vettoriali possono infatti aver subito deformazioni legate al processo produttivo di scansione e vettorizzazione, nonché essere soggette ad errori nel rilievo di aggiornamento dall'impianto ad oggi. Tali errori prescindono da considerazioni geodetiche e vanno affrontati caso per caso, ancora con trasformazioni locali.

Le verifiche, tuttora in corso, sono condotte effettuando controlli complessivi dell'insieme dei fogli di una provincia e controlli localizzati a campione. Attualmente la sola carta tecnica 1:10.000 è disponibile in maniera completa su tutta la Regione; in Provincia di Torino è disponibile la Carta Tecnica Provinciale in scala 1:5000 e solo in un numero limitato di zone sono presenti DB topografici a scala maggiore. La problematica riscontrata nelle verifiche, soprattutto nei controlli localizzati a campione, è stata quella di individuare gli oggetti (es. edifici) presenti sugli originali d'impianto e ancora presenti, immutati, sulla cartografia di riferimento. Dalle prime verifiche si nota come ci sia in linea di massima una buona corrispondenza tra gli originali d'impianto e la carta tecnica, con scarti compatibili con le precisioni della mappa catastale e delle mappe utilizzate per il confronto.

Le attività, in corso di completamento, consentiranno all'Agenzia del Territorio, di ultimare, anche nella Regione Piemonte, la trasformazione della propria cartografia, dai vari sistemi di riferimento locali, dapprima al sistema di riferimento nazionale Roma40 e successivamente al sistema globale WGS84, utilizzando e mantenendo una unica procedura di calcolo. Consentiranno, inoltre, di disporre delle immagini georiferite delle mappe originali di impianto, utili per il recupero delle deformazioni dei file vettoriali e per la costruzione delle congruenze topologiche tra fogli di mappa adiacenti.

Bibliografia

- Barbarella M., Radicioni F., Sansò F. (2009), *Lo sviluppo della tecnologia per le reti geodetiche*. Pubblicato a cura del CISIS, Perugia, 2009. 217 pag. ISBN:978-88-904629-0-0.
- Bendea H., Cina A., De Agostino M., Manzano A., Piras M., Porporato C., (2009), La ricomposizione dei piccoli sistemi d'asse catastali nel sistema WGS84. *Atti della 13ª Conferenza nazionale ASITA, Bari*, 1-4 dicembre 2009.
- Brovelli M.A., Zamboni G. (2003), Procedure automatiche per l'integrazione di diverse basi cartografiche. *Atti della 7ª Conferenza nazionale ASITA, Verona*, ottobre 2003.
- Cina, A., (2008). La carta catastale in un sistema globale. *Rivista dell'agenzia del Territorio*, vol. 1; 13-26.
- Cina A., Ferrante F. C., Manzano A.M., Porporato C. (2010), Metodologie geodetiche e cartografiche per la ricomposizione della mappa catastale nel sistema UTM-ETRF2000, *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*, 1: 27-40
- Cina A, De Agostino M., Manzano A.M., Piras M. (2010), Valorizzazione metrica della mappa d'impianto catastale, *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*, SIFET, 1: 41-54.
- Cina A., Caione S., Chiaffrino A., Ferrante F.C., Garretti L., Manzano A.M. Pipino, M. Piras, M. Porporato C., Siletto G.B. (2011), La trasformazione di mappe catastali in Regione Piemonte, nel sistema WGS84. In corso di Stampa su *Bollettino della SIFET*, 2011.
- Crespi M., Reina G. (2004), Inquadramento di mappe catastali nel sistema cartografico UTM-WGS84 – ETRF8 mediante rilievi GPS RTK rispetto a stazioni permanenti. *Atti dell'8ª conferenza ASITA, Roma*, 2004.
- Di Filippo S. (2003), Sul passaggio delle coordinate plano-cartografiche al sistema WGS84 e viceversa. *Rivista dell'Agenzia del Territorio*, 2003.
- Di Filippo S. (1995), Sulla trasformazione delle coordinate plano-cartografiche dalla rappresentazione di Cassini-Soldner alla rappresentazione di Gauss-Boaga e viceversa (parte 1ª). *Rivista del Dipartimento del Territorio*, n.3, 1995. 151-186.
- Di Filippo S., Ferrante F., Garnero G., Gnesivo P. R., Rao S. (2005), Unificazione dei sistemi d'asse catastali di piccola estensione. La produzione pilota del Piemonte orientale. *Atti della IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania*, novembre 2005.
- Ferrante F., Garnero G. (2009), La valorizzazione delle mappe originali di impianto del catasto per la ricostruzione delle congruenze topologiche tra fogli adiacenti. *Atti della 13ª Conferenza nazionale ASITA, Bari*, 1-4 dicembre 2009.
- Kraus K. (1994). *Fotogrammetria. Vol.1 – Teoria e applicazioni*. Traduzione di Sergio Dequal. Torino, Levrotto & Bella, 518 pagg.
- Pàroli A. (1943), Il problema della trasformazione delle coordinate nella rappresentazione conforme di Gauss e l'unificazione delle reti trigonometriche del nuovo stato. *Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali*, 3: 213-227.
- Pàroli A. (1948), *Triangolazioni topografiche e del Catasto*, Hoepli, Milano.
- Surace L. (2004), La georeferenziazione delle informazioni territoriali. *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, III, 168-179.