

PROBLEMATICHE RELATIVE ALLE OPERAZIONI DI VERIFICA DEL DATA BASE TOPOGRAFICO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

Michela Zanni, Maurizio Barbarella, Michaela De Giglio

DISTART, Università di Bologna, Viale Risorgimento, 2 – 40136 Bologna
{michela.zanni|maurizio.barbarella|michaela.degiglio}@mail.ing.unibo.it

Riassunto

La Regione Emilia Romagna ha da qualche anno avviato un progetto per la creazione di un Data Base Topografico sull'intero territorio regionale.

Il Data Base Topografico è in fase di realizzazione da parte della Ditta vincitrice dell'appalto. Il Capitolato prevede una serie di verifiche di conformità che riguardano sia l'aspetto geometrico e topologico che strutturale a livello di Data Base. Il DISTART - Università di Bologna è stato incaricato di effettuare le verifiche di conformità del prodotto alle specifiche. In particolare, in questa fase sono in corso d'opera le verifiche di conformità di tipo geometrico.

Per i primi campioni forniti è stato possibile eseguire un controllo interamente manuale; la grande mole di dati prevista dall'intero progetto richiede tuttavia che le procedure messe in atto siano quanto più possibile automatizzate. L'attività in corso di svolgimento pertanto riguarda la definizione di alcune procedure che possano velocizzare le operazioni e, se anche non fossero in grado di consentire una forte automazione, consentano comunque di preselezionare i dati da sottoporre al controllo manuale.

Le procedure ideate, sono concepite in modo da avere una valenza generale, esportabile in contesti diversi dall'ambito del sistema di dati e della piattaforma software utilizzata.

Abstract

Regione Emilia Romagna has been starting for some years a project for the creation of a Topographic Data Base over the entire regional territory.

The Topographic Data Base is currently being developed by the contract winner firm.

Specifications indicate the verification of conformity concerning both the geometrical and topological aspect, and the Data Base structure.

DISTART - University of Bologna has charged with doing verification of conformity of the product in respect to the Specifications. In particular, in this phase geometrical verification of conformity is ongoing.

A completely manual control was applied to first supplied samples; however, the great amount of data scheduled for the whole project requires as much as possible automated procedures.

Therefore the current activity is concerning the project of procedures to speed up some operations and, in case they couldn't allow a complete automation, they enable, anyhow, to select in advance data to submit to the manual control.

Procedures are conceived so that they are general purpose and exportable to a context different from data system and software used.

Introduzione

La Regione Emilia Romagna (RER) ha da qualche anno avviato un progetto per la creazione di un Data Base Topografico sull'intero territorio regionale. Una delle modalità di realizzazione previste

dalla RER, la cosiddetta Modalità C, comporta, secondo il Capitolato, l'attuazione delle seguenti fasi:

- ✓ la rasterizzazione della Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5000 (CTR5) prodotta in formato cartaceo;
- ✓ la vettorializzazione della CTR5;
- ✓ l'aggiornamento tramite immagini satellitari ad alta risoluzione QuickBird;
- ✓ l'integrazione con i dati provenienti da altre fonti.

Sulla base delle geometrie ricavate viene strutturato il Data Base Topografico secondo le specifiche predisposte dal Servizio Sistemi Informativi Geografici della RER. Tali specifiche sono coerenti, per alcuni strati informativi, con quelle emanate dall'Intesa GIS - Intesa Stato - Regioni - Enti Locali.

Il Data Base Topografico è attualmente in fase di realizzazione da parte della Ditta vincitrice dell'appalto. Il Capitolato prevede tra l'altro una serie di verifiche di conformità che riguardano sia l'aspetto geometrico e topologico che strutturale a livello di Data Base. Il DISTART - Università di Bologna è stato incaricato di effettuare le verifiche di conformità del prodotto alle specifiche. In particolare, in questa fase sono in corso d'opera le verifiche di conformità di tipo geometrico.

Nello svolgimento del lavoro, sulla base delle specifiche espresse dal Capitolato, sono risultate particolarmente interessanti alcune fasi, tra le quali:

- ✓ controllo dell'accuratezza della vettorializzazione della CTR;
- ✓ controllo dell'aggiornamento tramite immagini satellitari ad alta risoluzione;
- ✓ controllo della corretta geometria degli oggetti vettorializzati e/o aggiornati.

Per i primi campioni forniti è stato possibile eseguire un controllo interamente manuale; la grande mole di dati prevista dall'intero progetto richiede tuttavia che le procedure messe in atto siano quanto più possibile automatizzate. L'attività in corso di svolgimento pertanto riguarda la definizione di alcune procedure che possano velocizzare le operazioni e, se anche non fossero in grado di consentire una totale automazione, consentano comunque di preselezionare i dati da sottoporre al controllo manuale, in particolare:

- ✓ una procedura per la scelta delle aree campione e degli oggetti al loro interno;
- ✓ una procedura per l'adattamento locale delle ortoimmagini satellitari alla CTR entro le tolleranze previste dal Capitolato.

Le procedure ideate, sono concepite in modo da avere una valenza generale, esportabile in contesti diversi dall'ambito del sistema di dati e della piattaforma software utilizzata.

I controlli a campione

Il Capitolato prevede che i controlli che devono essere eseguiti sui dati siano di tipo automatico o manuale a campione. Mentre i controlli del primo tipo devono essere eseguiti sistematicamente sull'intero lotto di dati e sul 100% degli oggetti costituenti le singole Unità di Fornitura (ovvero il territorio dei singoli comuni della Regione), i controlli del secondo tipo vanno eseguiti scegliendo un campione sulle singole Unità di Fornitura.

Tra i controlli di tipo manuale, altrimenti detti controlli diretti esterni, previsti dalle Specifiche regionali figurano:

- l'accuratezza posizionale, in termini di
 - ✓ controllo della corretta acquisizione delle forme geometriche curvilinee e poligonali;
 - ✓ controllo della corretta applicazione di algoritmi di ortogonalizzazione;
 - ✓ ripetizione del rilievo sulla fonte prescelta e della restituzione degli oggetti situati in diversi punti adeguatamente selezionati del territorio restituito e verifica che fra la restituzione originale e quella di controllo gli scarti stiano entro le tolleranze previste in planimetria;
- la completezza/omissione, in termini di
 - ✓ controllo della corretta fotoidentificazione per verificare che la quantità degli elementi naturali ed artificiali del terreno, da riportare nel DBT, siano quelli esistenti;
- l'accuratezza tematica/ correttezza di classificazione, in termini di

- ✓ controllo della corretta fotoidentificazione per verificare che la qualità (tipologia) degli elementi naturali ed artificiali del terreno, da riportare nel DBT, siano quelli esistenti sulla fonte fotografica.

Procedura per la scelta delle aree campione e degli oggetti al loro interno

Disposizioni previste dal Capitolato

I controlli summenzionati vengono valutati su Aree Campione opportunamente scelte sulla base di criteri dettati dal Capitolato Tecnico, che riporta:

Per tutte le verifiche a campione vengono seguiti i seguenti criteri:

✓ *Campioni di territorio:*

viene selezionato, per ogni unità di fornitura il 10% del territorio opportunamente distribuito, e, all'interno delle aree prescelte, viene selezionato 1/10 degli oggetti opportunamente scelti fra tutti i gruppi di classi previsti. In particolare verranno eseguite verifiche di conformità degli aggiornamenti [...] selezionando [...] il 10% del territorio, concentrandone almeno la metà di esse sulle aree urbanizzate e/o in espansione.

✓ *Campione di oggetti di una data classe:*

viene selezionato, per ogni unità di fornitura, un sottoinsieme di oggetti di una data classe, ad esempio sulla base di una particolare caratteristica, per verificarne la corretta e completa acquisizione (ad esempio tutti i ponti stradali su fiume, tutte le stazioni ferroviarie, etc.).

Criteri generali per la scelta e la definizione delle aree campione

Campioni di territorio

Nel rispetto quanto più rigoroso di questi vincoli si è ritenuto opportuno individuare dei criteri di scelta e distribuzione delle Aree Campione basate anche sull'estensione delle singole Unità di Fornitura. In tal senso si sono individuate tre classi di Unità di Fornitura e per ciascuna di queste classi si applicano criteri differenti di scelta delle Aree Campione sulla base della distribuzione all'interno dell'Unità di Fornitura, come illustrato in Tabella 1.

CLASSE	AREA DELL'UNITÀ DI FORNITURA	N° AREE CAMPIONE IN AREA URBANIZZATA	N° AREE CAMPIONE IN AREA NON URBANIZZATA
1	< 5000 ha	≥ 1	≤ 2
2	5000 ha - 10000 ha	≥ 1	≤ 4
3	>10000 ha	≥ 1	≤ 6

Tabella 1 - Classificazione delle Aree Campione

L'estensione delle Aree Campione in area urbanizzata deve essere pari ad almeno il 50% dell'intera superficie delle Aree Campione. Nelle aree non urbanizzate le Aree Campione, di uguali dimensioni, devono essere opportunamente distribuite sulla base della morfologia del territorio.

In realtà, va sottolineato che per le Unità di Fornitura di estensione superiore ai 10000 ha, o per le Unità di Fornitura di estensione anche inferiore ai 10000 ha, ma collocate prevalentemente in territorio montuoso, difficilmente è possibile rispettare le percentuali richieste dal Capitolato per le aree urbanizzate e/o in espansione. In tali casi, individuabili singolarmente, è necessario definire percentuali di area urbanizzata inferiori al 50%.

Campione di oggetti di una data classe

La scelta del campione di oggetti di una data classe verrà eseguita all'interno delle aree campione individuate. Il Capitolato non indica né le classi né le caratteristiche sulla base delle quali eseguire la selezione, che saranno a discrezione del collaudatore.

Controllo dell'accuratezza della vettorializzazione della CTR5

Disposizioni previste dal Capitolato

Il Capitolato Tecnico riporta

Accuratezza della digitalizzazione:

Il vettore dovrà sempre essere contenuto nella nuvola dei punti della corrispondente immagine raster (versione della Regione a 800 dpi) e, nel 95% dei casi degli elementi lineari dovrà essere contenuto in 1/3 dello spessore medio della nuvola dei pixel dell'immagine raster.

Sulla base di quanto riportato le verifiche di conformità sono eseguite valutando il rispetto delle due regole menzionate che sono state così ridenominate:

Regola 1. Il vettore dovrà sempre essere contenuto nella nuvola dei punti della corrispondente immagine raster;

Regola 2. Nel 95% dei casi degli elementi lineari [il vettore] dovrà essere contenuto in 1/3 dello spessore medio della nuvola dei pixel dell'immagine raster.

Questa seconda regola è oggettivamente più difficile da rispettare, soprattutto se la vettorializzazione avviene alla scala nominale suggerita dal Capitolato, ed è difficile da valutare anche da parte del collaudatore. Poiché rischia di diventare fonte di contestazione si pone maggiore attenzione all'individuazione dell'errore del primo tipo, ma un suggerimento potrebbe essere quello di dare disposizioni affinché la vettorializzazione avvenga a scale più opportune ad una tale valutazione.

Va detto che i dati forniti in questa prima fase non sono ancora strutturati in oggetti secondo le classi previste dal formato di scambio del Data Base, ma sono semplicemente costituiti da layer di polyline e quindi il riferimento non sarà agli oggetti contenuti nei gruppi di classi previsti nel Capitolato, ma agli oggetti intesi come singole polyline, senza alcun riferimento alla classe di appartenenza della polyline stessa. Questo comporta che delle regole di definizione del campione descritte nel paragrafo precedente venga presa in considerazione solamente la prima (Campioni di territorio), con le opportune modifiche. Pertanto, per la verifica di accuratezza della vettorializzazione della CTR5, il criterio di scelta del campione di territorio viene riformulato come segue: "viene selezionato, per ogni unità di fornitura il 10% del territorio opportunamente distribuito, e, all'interno delle aree prescelte, viene analizzata la totalità degli oggetti polyline".

Non si ritiene opportuno selezionare 1/10 delle polyline per evitare di dover procedere ad una scelta casuale e non sufficientemente rappresentativa degli oggetti presenti.

Criteri per la classificazione degli errori

Tutti i controlli di accuratezza sono eseguiti in ambiente ArcGIS. Gli shapefile con i risultati della vettorializzazione della CTR forniti dalla Ditta vengono esaminati dagli operatori limitatamente alle aree campione individuate con i criteri suddetti. Le tabelle degli attributi degli shapefile riportano una colonna Errore in cui è indicato il valore 1 o 2 in riferimento alla classificazione degli errori descritta in precedenza. L'errore di primo tipo prevale sull'errore del secondo tipo, pertanto, un oggetto affetto da entrambi gli errori riporterà solo l'attributo relativo al primo tipo.

Limitatamente agli errori di tipo 1 è riportata una ulteriore colonna nella tabella degli attributi in cui è indicato il livello di gravità dell'errore. I livelli di gravità sono così definiti (Figura 2):

1. grave, se il vettore è fuori dalla nuvola dei pixel della corrispondente immagine raster per una quantità superiore ad una volta lo spessore della nuvola, misurato a partire dal bordo della nuvola stessa (a);
2. mediamente grave, se il vettore ricade al di fuori della nuvola dei pixel della corrispondente immagine raster per una quantità compresa tra il bordo della nuvola stessa ed una volta lo spessore della nuvola misurato a partire dal bordo della nuvola (b);
3. poco grave, se il vettore ricade sul bordo della nuvola raster (c);

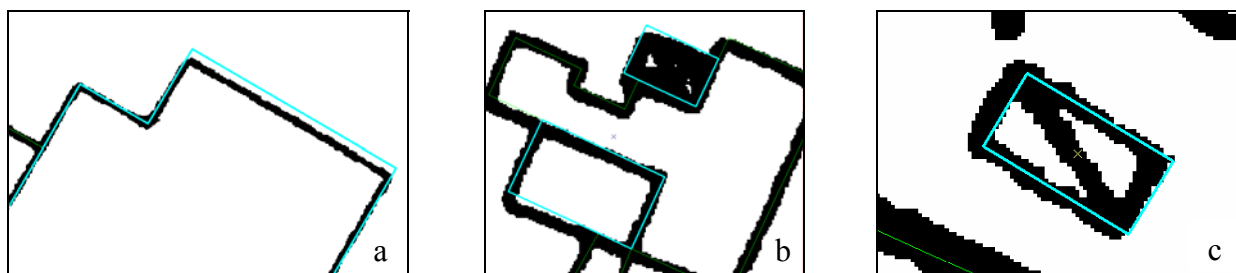


Figura 2 - Classificazione della gravità degli errori di vettorializzazione della CTR5

Viene anche segnalata la mancata vettorializzazione di oggetti appartenenti alle categorie digitalizzate, limitatamente agli edifici, alle strade e all'idrografia. A corredo degli shapefile viene prodotta una documentazione di sintesi che riporta le percentuali di errore individuate. Per ciascuna Unità di Fornitura è data l'estensione della superficie, l'estensione del campione, l'estensione delle singole aree campione, espresse in ettari, e le coordinate dei vertici delle aree campione. La percentuale di errore è calcolata come percentuale di polyline errate rispetto al numero totale delle polyline comprese entro le aree campione.

Controllo dell'aggiornamento tramite immagini satellitari ad alta risoluzione

Disposizioni previste dal Capitolato

Di seguito sono riportate le disposizioni previste dal Capitolato che fanno riferimento, esplicitamente o implicitamente, alle verifiche di conformità della fase di aggiornamento mediante digitalizzazione delle ortoimmagini satellitari QuickBird.

La fonte primaria per l'acquisizione di ogni oggetto è costituita dalla CTR5 [...]. L'aggiornamento dei contenuti della CTR5 sulla base dell'ortoimmagine deve avvenire in tutti i casi in cui il singolo oggetto sia chiaramente riconoscibile e risulti "fuori tolleranza", per variazione di forma e/o di estensione rispetto alla situazione preesistente sulla CTR5, per i dati di primo impianto.

Inoltre le primitive geometriche che vengono acquisite e che concorrono a descrivere le proprietà spaziali degli oggetti rilevabili (quindi da CTR5 o da ortoimmagine, con l'ausilio eventuale di basi fotografiche ausiliarie) devono essere qualificate rispetto alla modalità di digitalizzazione con i seguenti attributi (metainformazione di istanza):

- ✓ "fonte del rilievo"
- ✓ "compatibilità fonti"
- ✓ "qualità rilievo"

L'importanza della metainformazione d'istanza risiede nella possibilità di discriminare gli oggetti digitalizzati in fase di vettorializzazione della CTR5 da quelli aggiornati tramite digitalizzazione delle immagini QuickBird. Infatti, gli oggetti vettorializzati da CTR non devono aver subito alcuna modifica nella fase di aggiornamento ovvero traslazioni, rotazioni, cambiamenti di forma, ecc.

Per quanto riguarda l'*Accuratezza della digitalizzazione*, ovvero dell'aggiornamento mediante digitalizzazione delle ortoimmagini QuickBird, il Capitolato prevede che *l'aggiornamento richiesto alla Ditta deve essere realizzato in modo da contenere la tolleranza planimetrica dei particolari topografici ben identificabili in $\pm 3,00$ m (relativamente ad altri particolari topografici originari ben identificabili dell'impianto di cartografia tecnica).*

Criteri per la classificazione degli errori

Metainformazione di istanza

La valutazione degli errori in fase di aggiornamento viene eseguita solo sugli oggetti che hanno come valore dell'attributo di metainformazione d'istanza '*fonte del rilievo da ortoimmagine QuickBird*'. Gli oggetti che derivano dalla digitalizzazione dell'ortoimmagine devono essere oggetti non preesistenti sulla CTR o modificati per forma e/o dimensioni rispetto alla CTR.

Pertanto un primo accertamento consiste nel controllare che l'oggetto aggiornato non sia coincidente del tutto o in parte con il vettoriale da CTR. In questo caso l'errore è imputabile ad un'errata attribuzione della metainformazione d'istanza (Figura 3).

Si può verificare in alcuni casi che l'oggetto abbia come valore della metainformazione 'da ortoimmagine QuickBird' ma in realtà sia già esistente nella forma corretta in CTR e risulti spostato (traslato o ruotato) rispetto all'impianto di cartografia, e sia quindi necessario associare ad esso un errore di posizione oltre che di errata attribuzione della metainformazione di istanza (Figura 4). Può altresì verificarsi il caso che l'oggetto abbia il valore di metainformazione corretta ('da ortoimmagine QuickBird') perché ha subito un aggiornamento rispetto all'impianto cartografico, ma la parte corrispondente alla CTR, già esistente nella posizione corretta, risulti modificata (traslata, ruotata, modificata nella forma) rispetto all'impianto di cartografia. Anche in questo caso è quindi necessario associare un errore di posizione e/o di forma (Figura 5).

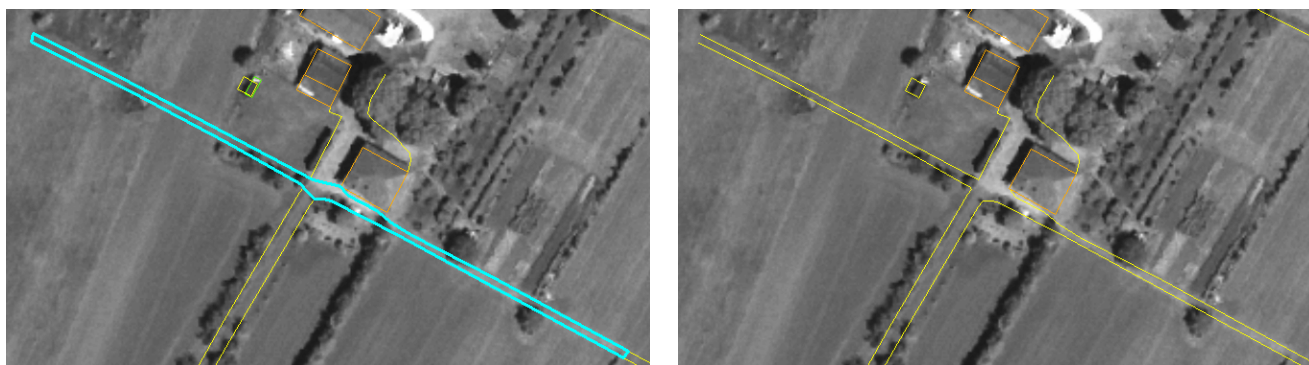


Figura 3 - L'oggetto aggiornato (sinistra) coincide interamente con un tratto di vettorializzazione della CTR5 (destra)

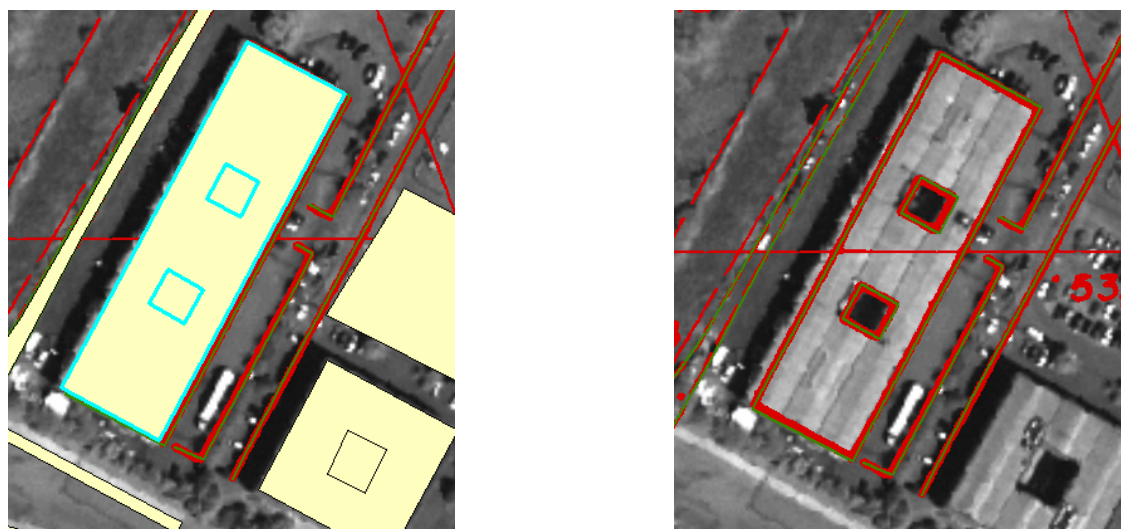


Figura 4 - L'oggetto aggiornato (sinistra) ha come valore della metainformazione 'da ortoimmagine QuickBird' ma è già esistente nella forma corretta in CTR e risulta traslato rispetto all'impianto di cartografia (destra)

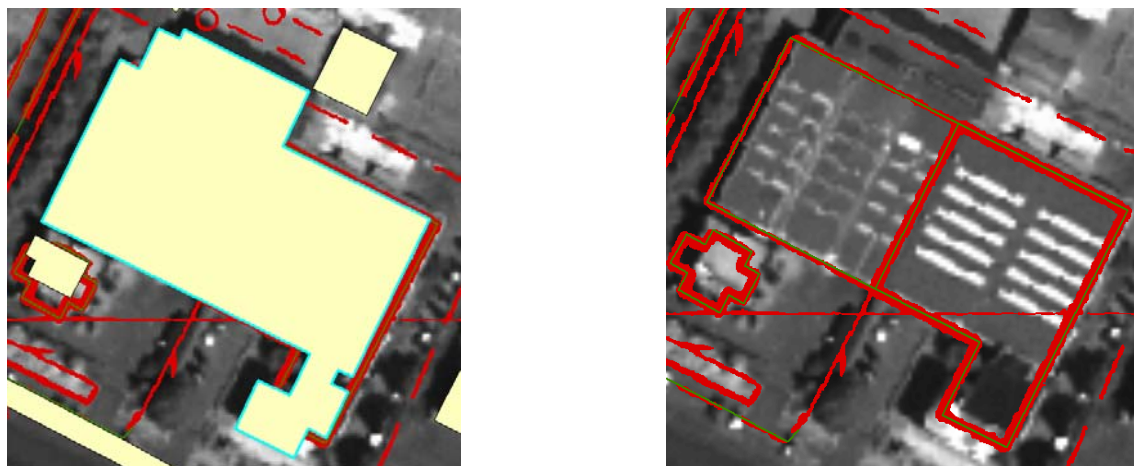


Figura 5 - L'oggetto aggiornato (sinistra) in parte è già esistente nella forma e posizione corrette in CTR ma la parte di impianto risulta modificata (destra)

Errore di forma

Un'ulteriore verifica consiste nel controllare che l'oggetto aggiornato rispetti la forma e le dimensioni deducibili dall'ortofotografia. Si è ritenuto opportuno includere in questo tipo di errore anche il caso in cui l'oggetto aggiornato sia digitalizzato con un poligono di forma corretta ma di dimensioni differenti. Si possono presentare errori di tale tipo soprattutto nel caso dell'edificato (Figura 6).

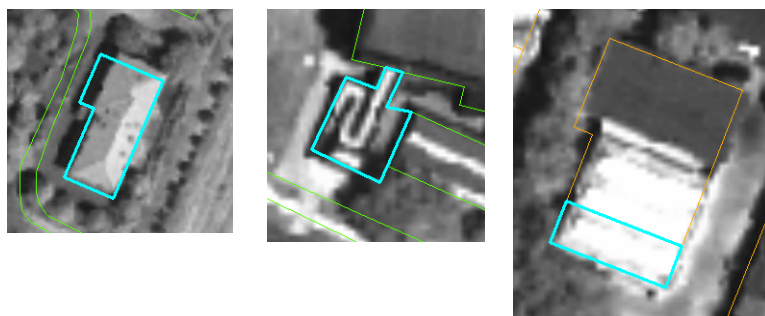


Figura 6 - Esempi di errori di forma

Esistenza

Si è verificato il caso che alcuni oggetti, pur non esistendo sull'ortofotografia siano stati tuttavia digitalizzati. Si ritiene opportuno quindi evidenziare quando ciò avviene (Figura 7).

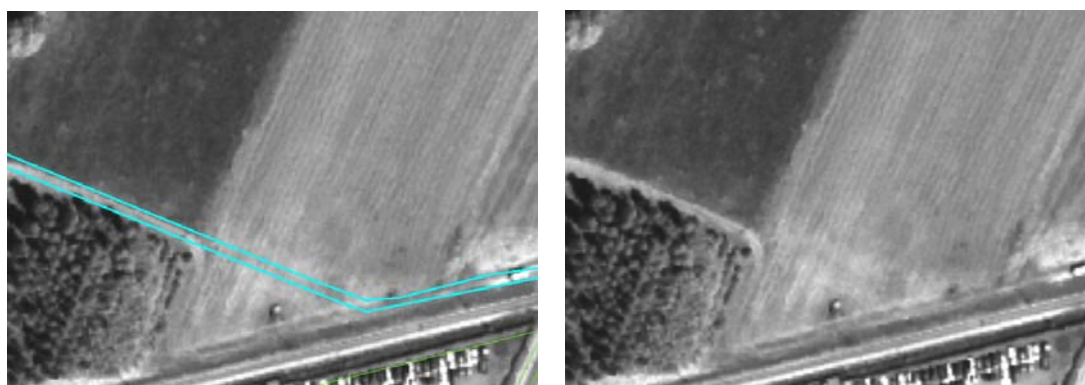


Figura 7 - Esempio di digitalizzazione di un tratto di viabilità secondaria che in realtà non esiste più

Posizione

Per verificare la presenza di errori di posizione (Figura 8) è spesso necessario procedere ad un adattamento locale dell'ortoimmagine. Il Capitolato infatti prevede che *la Ditta prima della realizzazione degli aggiornamenti dovrà procedere ad un riadattamento locale (mediante semplice traslazione su punti omologhi) dell'immagine satellitare in modo da ridurre a $\pm 2,00$ m lo spostamento tra i dati di impianto topografico dei fogli CTR5 e le immagini dei corrispondenti elementi alla quota del piano di campagna.*

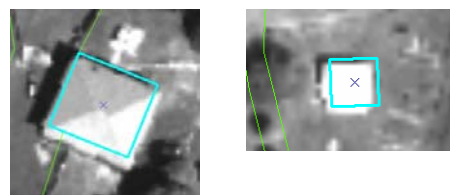


Figura 8 - Errori di posizione

A tal proposito è in corso di definizione una procedura che, rispondendo alle specifiche di Capitolato, consenta la traslazione delle ortoimmagini su punti omologhi mediante stima ai minimi quadrati dello spostamento, in modo da far rientrare gli scostamenti CTR5 - ortoimmagine entro le tolleranze previste e produca un report che consenta di ripetere lo spostamento ogniqualvolta sia necessario.

Ortogonalità

Il Capitolato prevede anche il controllo dell'ortogonalità degli oggetti del Data Base. In particolare richiede il controllo degli oggetti appartenenti ai gruppi Immobili e Manufatti. A tal proposito è stata fatta specifica richiesta alla RER per la realizzazione di un tool automatico per la misura degli angoli tra i lati digitalizzati da ortoimmagine; ciò non presuppone che il controllo venga poi eseguito in automatico con metodo 'diretto interno', ovvero completamente automatizzato, su tutti gli oggetti della singola Unità di Fornitura, bensì che lo strumento sia d'aiuto nell'individuazione, all'interno del campione, di oggetti che non rispettano il vincolo di ortogonalità e la cui correttezza geometrica deve essere successivamente valutata dall'operatore.

Conclusioni

Il lavoro svolto rappresenta una prima proposta di metodologia operativa per il compimento delle verifiche di conformità del Data Base Topografico in modalità C prodotto dalla Regione Emilia Romagna. Vista la gran mole di dati sulla quale è necessario operare, è necessario cercare di automatizzare quanto possibile anche i controlli di tipo manuale e a campione, oltre ovviamente a quelli che possono essere eseguiti sulla totalità dei dati per garantire la correttezza formale dei file di scambio. In particolare, un problema ancora da risolvere riguarda l'individuazione di un campione di oggetti statisticamente significativo per le molteplici classi presenti nel Data Base.

Gli strumenti forniti dall'ambiente di lavoro non sono sufficienti ad eseguire o automatizzare le varie fasi di lavoro individuate e a generare e gestire i report sulle attività svolte. Anche la fase di verifica, infatti, è sottoposta a controllo e prevede la redazione di una documentazione della attività svolta. Le procedure necessarie a tal fine sono in fase di individuazione.

Bibliografia

- 2001, ISO/TC 211-19113, "Geographic information — Quality principles"
- 2001, ISO/TC 211-19114, "Geographic information — Quality evaluation procedures"
- Regione Emilia-Romagna (2004) - Servizio Sistemi Informativi Geografici, "Capitolato tecnico per la realizzazione del lotto 1-2004 del Database Topografico regionale in modalità C"
- Regione Emilia-Romagna (2006), "Data Base Topografico alle grandi scale: contenuto e struttura concettuale"
- Regione Emilia-Romagna (2006), "Data Base Topografico alle grandi scale: La qualità - Requisiti e modalità di certificazione"
- Regione Emilia-Romagna (2006), "Data Base Topografico alle grandi scale: Formato di scambio"
- Barbarella M., Zanni M. (2006), "Metric and qualitative evaluation of Quickbird orthoimages for a large scale geodatabase creation" – *Reports on Geodesy* – no. 2 (77), 2006