

## Processi produttivi ed integrazione di tecnologie nella realizzazione del Database Topografico di Regione Toscana

Giancarlo Carrai (\*), Angela Pasquale (\*\*), Barbara Battistini (\*\*)

(\* SVALTEC, via del Campofiore 106, Firenze, 0556236003, gc.carrai@svaltec.it

(\*\*) SISTEMI TERRITORIALI, via di Lupo Parra 144, Pisa, 050768711, a.pasquale@sister.it, b.battistini@sister.it

### Riassunto

L'articolo presenta un processo produttivo per la creazione e l'aggiornamento di 2 database topografici (DBT in scala 1:2.000 e 1:10.000) a partire da dati in precedenza rielaborati ristrutturando tutta la CTR per formare un unico DBT multiscala.

Il processo produttivo è stato ingegnerizzato organizzando le fasi di restituzione, rilievo di campagna, editing, integrazione dei dati sulla base di fonti ancillari, verifiche di qualità e di coerenza interna e di verifica e correzione topologica che hanno consentito di ottimizzare gli interventi correttivi ed integrativi del dato, limitando al massimo quelle situazioni di *loop-back* che avrebbero impattato negativamente sui costi di produzione.

Questa esperienza ha messo in evidenza la necessità di rivisitare i classici processi produttivi condotti dalle tradizionali Aziende di rilevamenti cartografici e di elaborazione dati geografici, favorendo una maggiore integrazione delle fasi produttive (di norma gestite in sequenza) col supporto di strutture dati, software e procedure di verifica qualità per un costante controllo delle caratteristiche di correttezza, qualità, completezza che i dati di un DBT devono garantire prima di entrare nei processi produttivi della PA.

### Abstract

The paper introduces a production process for the creation and the update of two topographic databases with scale 1:2.000 and 1:10.000.

The input of the process is single multi-scale topographic database which is in turn a restructuring of the data contained in the CTR (*Carta Topografica Regionale*). The production process consists of several phases: mapping, surveying, editing, data integration using supplementary information, quality and coherence assurance and topological correction. The phases of the production process have been engineered in order to optimize the work necessary to correct or enrich the data. This way we've been able to minimize loopbacks that would have had a negative impact on the production costs.

This experience highlighted the need of revisiting the classical production processes usually run by the surveying companies. We believe it is important to enable a higher interaction between the production phases (usually run sequentially) through the use of data structures, software and quality assurance procedures. These quality assurance procedures in particular must ensure a high level of correctness, quality and completeness for the data contained in a topographic database to allow the institutions of the public administration area to use them in their production processes.

### Introduzione

Il progetto di realizzazione delle banche dati territoriali della Regione Toscana presenta delle specificità legate alla concomitanza di alcuni fattori e può costituire un valido esempio di adattabilità del settore produttivo alle nuove sfide che il mercato e le richieste della committenza impongono.

Partendo dal concetto che la costruzione della banca dati cartografica richiede di competenze specifiche multisettoriali molto qualificate, un progetto di tale importanza non poteva essere gestito come un servizio cartografico tradizionale, ma aveva la necessità di unire competenze cartografiche a competenze informatiche, da qui la scelta della costituzione di un ATI di tipo verticale dove due società cartografiche sono state affiancate da due società informatiche. In coincidenza con questo progetto si sono da una parte definiti meglio molti aspetti legati alle Banche Dati Territoriali alla luce sia di esperienze in varie contesti amministrativi, sia di sviluppi ulteriori delle normative IntesaGis e del gruppo di lavoro CPSG nell'ambito CISIS, e dall'altra è stato necessario lo sviluppo di strumenti più evoluti anche di tipo OpenSource per la validazione e collaudo dei dati. Deve essere messa nella debita luce il fatto che gestendo il lavoro come cicli produttivi, può essere migliorata la qualità generale attraverso la qualità di ciascun prodotto di ciclo, unito alla considerazione che aziende specializzate in informatica e gestione di banche dati possono servire come parte "terza" nel controllo della fase di acquisizione dati che rappresenta la fase più "interpretativa" e quindi meno oggettivamente valutabile. Partendo quindi dal prodotto finale ovvero l'oggetto di una classe all'interno di un modello fisico come quello della RT è stato costruito un percorso a ritroso che ha definito tutte le modalità di costruzione dell'oggetto da cui sono stati ricavati i requisiti per ciascuna fase; parallelamente è stato costruito un flusso a cicli chiusi e per ciascun nodo decisionale del flusso sono stati costruiti gli strumenti informatici e di analisi che hanno permesso di validare i requisiti prima enunciati. Le criticità lungo questo percorso sono state essenzialmente legate a specifiche tecniche non molto ben definite all'inizio dell'attività e meglio sviscerate in corso d'opera (in particolare legate all'aggiornamento) e alla necessità di "downsizing" di un prodotto molto avanzato per rispondere a richieste di enti come i Comuni non ancora informaticamente ben alfabetizzati che richiedono elaborati molto vicini alla vecchia CTR.

### **Il modello dati**

Il modello dati utilizzato nel presente progetto segue le specifiche concettuali di IntesaGis: seguendo un approccio "*Object Oriented*" i dati sono strutturati in classi di oggetti, raggruppate in temi e strati informativi, su cui sono definite relazioni e vincoli sia di tipo alfanumerico che di tipo geometrico. Ogni classe è definita attraverso proprietà comuni (attributi della classe) e da una o più componenti spaziali: ad ogni componente spaziale possono essere associate proprietà specifiche (attributi della componente spaziale definiti come attributi a tratti o a sottoaree).

Per quanto riguarda la componente spaziale, l'implementazione della banca dati realizzata nel presente progetto prevede una struttura topologica di base composta dall'insieme degli oggetti che costituiscono la copertura globale del suolo. Su questa copertura si appoggiano le classi di base che, pur essendo concettualmente classi di oggetti geometrici poligonali, non hanno una componente spaziale propria memorizzata al loro interno, ma faranno riferimento alla struttura topologica di base tramite una relazione 1:1. Ogni oggetto quindi che partecipa alla *Full Topology* ha la parte geometrica poligonale memorizzata nella tabella Suolo, e la parte alfanumerica memorizzata nella tabella corrispondente alla classe di appartenenza. Da notare, inoltre, che la tabella suolo non contiene geometrie poligonali semplici, bensì geometrie definite tramite primitive topologiche introdotte con il GML3. La coerenza geometrica dei dati pertanto viene garantita mediante una struttura topologica composta dall'insieme degli oggetti che costituiscono la copertura globale del suolo.

Per quanto riguarda le linee elementari, ovvero le linee che definiscono i poligoni della *Full Topology*, il discorso è in parte analogo a quello dei poligoni: anche in questo caso gli oggetti delle classi che partecipano alla *Full Topology* non hanno una componente spaziale propria memorizzata al loro interno, ma faranno riferimento alla struttura topologica di base. A differenza dei poligoni però non tutte le linee elementari appartengono ad una classe del DB. Le linee elementari infatti sono talvolta semplicemente bordi di poligoni della *Full Topology*, ovvero non sono identificabili come oggetti lineari indipendenti (autoconsistenti), e pertanto non possono essere ricondotti ad alcuna classe lineare.

Analogamente, sempre a differenza di quanto avviene per i poligoni, classi lineari della *Full Topology* non sempre ereditano totalmente la loro geometria dalle linee elementari. Un esempio sono le classi Filare, Sentiero e Elemento Divisorio dove alcuni degli oggetti appartenenti a queste classi hanno la loro geometria nelle linee elementari in quanto concorrono alla chiusura dei poligoni della *Full Topology*, mentre altri hanno la loro geometria memorizzata nella tabella Geo\_Linea\_SS perché totalmente indipendenti dalla *Full Topology*.

Discorso a parte riguarda le classi appartenenti agli Elementi 3D, ovvero i Ponti, le Gallerie e le Volumetrie in oggetto, sono classi di oggetti poligonali che non fanno parte della *Full Topology* in quanto nella realtà non sono al livello del suolo, ma sono appunto manufatti sospesi e interrati. Nel disegno della banca dati anche queste classi non hanno una componente spaziale propria memorizzata al loro interno, ma sono modellate come aggregazione di Superfici\_3D. Le Superfici\_3D a loro volta aggregano Linee\_Elementari\_3D, che ereditano la loro geometria da Archi\_3D oppure da *Breakline*.

Le classi appartenenti alla categoria dei Sopra/Sotto sono classi di oggetti lineari o puntuali. Sono classi di oggetti molto semplici, ognuna con la propria componente spaziale memorizzata al suo interno. Le uniche eccezioni sono le classi Filare, Sentiero ed Elemento Divisorio che, come abbiamo detto, possono far riferimento alle linee elementari della *Full Topology*.

Fanno eccezione dalla *Full Topology* anche le classi composte, ovvero classi che non contengono oggetti indipendenti, ma aggregano oggetti che appartengono ad altre classi elementari. Un esempio sono le Aree Stradali, classe che aggrega oggetti di Aree Veicolari, Aree Pedonali e Aree Ciclabili. Questo significa che un oggetto appartenente ad una delle 3 classi base ha al suo interno il riferimento a un oggetto della classe composta. Un esempio particolare di classi composte riguarda le classi appartenenti all'Edificato. Le Unità Volumetriche sono la classe di base: ereditano la loro componente geometrica nei poligoni della *Full Topology*, e si possono aggregare in Edifici o in edifici minori. La particolarità risiede nel fatto che un oggetto della Classe Unità Volumetrica può avere il riferimento o all'edificio di appartenenza o all'Edificato Minore di appartenenza, e deve avere sempre il riferimento ad uno dei due. Da notare inoltre che Edifici e Edificato Minore si aggregano a loro volta in Cassoni Edilizi. Altro esempio di classi composte ancora più particolare riguarda le classi dei complessi. In questo caso non esiste una classe base in cui gli oggetti riferiscono oggetti della classe aggregata. Gli oggetti di base sono direttamente i poligoni della *Full Topology*, ognuno dei quali appartiene ad una classe. Le classi composte aggregano i poligoni della *Full Topology* tramite una relazione N:M, ovvero ogni complesso aggrega più poligoni così come ogni poligono può far parte di più complessi.

All'interno del disegno della banca dati esistono poi classi che non appartengono a nessuna delle altre categorie elencate. Talvolta sono tabelle di soli attributi, altre, invece, sono classi che comunque hanno una propria componente spaziale che però risulta geometricamente indipendente dal resto. Alcuni esempi sono le classi appartenenti all'area tematica di Toponomastica e Scritte e le classi appartenenti all'area tematica delle Informazioni Geodetiche. Queste classi comunque possono talvolta essere collegate logicamente ad altre classi: è l'esempio delle Località che al loro interno hanno il riferimento al comune di appartenenza, così come è l'esempio delle stazioni Ferroviarie, tabella alfanumerica collegata agli Edifici e che dovrebbe essere collegata anche alle Giunzioni Ferroviarie ma che in assenza del grafo avrà eventualmente solo una delle relazioni esplicite.

La vestizione è modellata nel disegno della banca dati con 2 tabelle: le Campiture e i Simboli. La tabella delle campiture contiene geometrie lineari che rappresentano elementi grafici, talvolta interni ai poligoni della *Full Topology*. Un esempio di linee contenute in questa tabella sono le diagonali delle baracche. La tabella dei simboli contiene geometrie puntuali, anch'essi talvolta collegati a poligoni della *Full Topology*. Un esempio di punto contenuto in questa tabella è la croce del campanile della chiesa. I simboli, a differenza delle campiture, hanno anche associata una tipologia, a cui sono collegate alcune delle classi puntuali dei sopra sotto.

## Il processo produttivo

Come descritto nell'introduzione, il processo produttivo è stato strutturato in base a cicli che, nel caso più complesso di aggiornamento del DB ristrutturato prevedeva:

- a) conversione da GML e preparazione di file utilizzabili dagli strumenti di restituzione;
- b) acquisizione dati;
- c) importazione e strutturazione dati in un database contenente i dati originali e quelli aggiornati;
- d) esportazione di un prodotto intermedio conforme alle specifiche IntesaGis;
- e) elaborazione e conversione da DB IntesaGis in modello dati GML Regione Toscana;
- f) fornitura GML e Metadati finale;

per l'ex-novo la sequenza inizia dal passo b), e ad esclusione del confronto tra dati originali e di nuova acquisizione, ricalca la stessa sequenza.

Per sommi capi, non essendo questo l'argomento trattato, si può dire che nel passo a) si è dovuto ricostruire, a partire da un GML 2D, tutti gli elementi cartografici utili per una stereo-imposizione e quindi, utilizzando i pochi elementi 3D del modello GML e sfruttando tutti gli attributi geometrici degli oggetti, si sono costruiti dei file, importabili direttamente nei software di restituzione che notoriamente non dispongono di tabelle (salvo rari casi) associate all'elemento; si è quindi dovuto studiare un sistema di codifiche opportune per preservare tutti gli attributi dell'oggetto GML a partire dalla chiave primaria fino a tutte le chiavi che pongono l'oggetto in relazione con gli altri della banca dati.

Nella fase di acquisizione dati (che comprende la classica restituzione, la ricognizione e l'editing per il riporto di quest'ultima) si è dovuto inoltre distinguere gli elementi o parte di essi in base alla storicizzazione degli interventi effettuati. Per esemplificare, anche il semplice inserimento di una linea di delimitazione di due nuovi poligoni a partire da un poligono originale ha richiesto l'uso di flag che indicavano che la linea precedente è stata intersecata da una nuova linea (generando quindi da una chiave primaria una chiave madre e una figlia), due nuovi codici di poligoni che hanno sostituito (o modificato o eliminato) un poligono precedente.

Nella fase c) i dati sono importati e trasformati da una struttura prevalentemente CAD in un ambiente relazionale dove è stato essenziale mantenere tutte le chiavi dei vari oggetti per generare una tabella di storicizzazione per tutti gli elementi del nuovo DB, mantenendo in parallelo la struttura secondo le classi IntesaGis con il modello GML RT.

Dopo l'esportazione d), i dati sono stati elaborati e), per essere strutturati secondo il modello GML finale a cui è stata associata la produzione dei metadati di serie e di classe (*lineage*).

La sequenza evidenzia come le due professionalità si sono integrate alternando fasi puramente informatiche ad altre di natura fotogrammetrica e interpretativa, ma in realtà per ciascun passaggio si sono alternate anche aziende diverse per cui ciascun prodotto di ogni singolo passaggio doveva superare un controllo di qualità per evitare errori nelle fasi successive o ritorno di dati in una fase troppo a monte rispetto al ciclo produttivo.

Si sono quindi studiate delle procedure di controllo che sono intervenute principalmente al termine del processo di acquisizione dati che, essendo di tipo interpretativo, presenta i maggior punti di criticità che essenzialmente sono:

- interpretazione di requisiti;
- interpretazione del concetto di aggiornamento;
- interpretazione delle immagini.

Essendo l'interpretazione soggettiva e mancando un sistema di qualità impostato sulla esatta definizione dei requisiti e sulla conseguente definizione delle regole di implementazione (i due concetti sono interconnessi in un sistema di qualità – vedi ISO TC211 e INSPIRE Abstract Test Suite), si è dovuto ricorrere a test di controllo a posteriori che non sempre hanno però permesso di intercettare per tempo disfunzioni ed errori interpretativi.

Il meccanismo dei controlli si è quindi sempre più perfezionato inserendo, in via sperimentale, anche strumenti propri dei più avanzati sistemi che sono diventati standard per tipologie di lavoro

basate sulla interpretazione. Quindi si sono introdotti controlli con metodo “*FullInspection*” dove sono stati controllati il 100% dei dati, e controlli “*SampleBased*” per l’ispezione a campione. Tra questi un metodo che ha rivelato un buon risultato si è dimostrata la matrice di confusione o *misclassification matrix*, ampiamente utilizzata per esempio nell’interpretazione dei dati da immagine per il Land Cover/Use. Con la stessa metodologia si sono selezionati *spot* di ispezione alla cieca (fornendo solo coordinate GPS) che inseriti in una matrice di punti ricavati dal DB, ha permesso di verificare la dispersione, l’accuratezza e il valore di affidabilità dell’interpretazione. Ovviamente questo ha funzionato molto bene per le classi ben definite, mentre ha rivelato indici di confusione per classi a definizione ambigua (corte, cortile, resede, spazio attrezzato del suolo, etc.) oppure nei casi in cui l’aspetto temporale poteva avere giocato un ruolo essendo cambiato tra la data del volo (2008-2010) e la data attuale alcuni degli attributi (per esempio strade non asfaltate diventate asfaltate nel frattempo).

### Criticità

Gli elementi di maggiore criticità riscontrati nello svolgimento del progetto sono stati, da una parte, la corretta interpretazione del concetto di aggiornamento per le zone coperte dal database ristrutturato di provenienza CTR, e dall’altra su alcune interpretazioni della Banca Dati o necessità da parte del Committente legate essenzialmente alla gestione della terza dimensione.

Per quanto riguarda la problematica dell’aggiornamento molto dipende dai dati sorgenti da aggiornare e dalle specifiche o requisiti; per quanto riguarda il primo aspetto, nel caso della Regione Toscana, il database di origine era il frutto della ristrutturazione di cartografia CTR in un DB conforme alle specifiche IntesaGis con un eventuale aggiornamento speditivo da effettuarsi su ortofoto disponibili; come è risaputo la CTR è orientata alla rappresentazione grafica tramite strumenti CAD, mentre il DB prescinde da un concetto rappresentativo essendo orientato alla completezza semantica e relazionale degli oggetti che costituiscono le varie classi; il modello logico prevede una classe astratta e classi di implementazione dove possono essere previste più componenti geometriche, da qui la profonda e inconciliabile differenza con il mondo CAD e con la CTR. Il progetto che si descrive in questa pubblicazione aveva come oggetto l’aggiornamento per metodo fotogrammetrico del DB precedentemente ristrutturato sulla base di voli datati 2008-2009 e anni successivi.

Le problematiche relative alla ristrutturazione da CTR a DBT sono essenzialmente legate ai seguenti fattori:

- contenuto semantico: sarebbe forse più opportuno utilizzare il termine di semiotica grafica in quanto la libreria CTR della Regione Toscana (ma le altre Regioni adottano simili librerie) è costituita da un codice a cui si associa un segno grafico. La conversione dell’oggetto in banca dati può al massimo trasferire un solo valore corrispondente al codice CTR mentre gli attributi previsti per una classi sono spesso molteplici;
- area e spazio: la diversità tra il definire il territorio come un continuo di aree a mutua esclusività che attraverso i loro attributi forniscono il significato senza soluzione di continuità a completa copertura della zona di studio rispetto al significato degli “spazi” lasciati liberi dai segni grafici si evidenzia per esempio nella problematica della viabilità o delle aree interne (cortili, resedi, etc.).

Le altre problematiche legate alla trasformazione da geometria a topologia sono state risolte dal modello GML utilizzato per cui nel caso di due aree CTR adiacenti con codici diversi è stato ottenuto un arco topologico definito da una linea elementare posto in relazione con le due classi di copertura del suolo per cui la dualità della codifica della linea era ricostruibile.

Mentre per quanto riguarda i precedenti punti si è trattato di trovare un metodo di valutazione e quindi una procedura di lavoro adatta a risolvere i vari aspetti, più complesso si è presentato l’aspetto relativo al concetto di aggiornamento che, a quanto ci risulta, non è stato ancora affrontato a livello di specifica nazionale. Se con cartografie tecniche il requisito di aggiornamento era pressoché autoesplicativo, in quanto si presuppone che si dovesse aggiornare una geometria o un

simbolo, quindi in sostanza un confronto “visivo” tra il precedente e il nuovo dato, in una Banca Dati il concetto diventa estremamente più articolato. Dal punto di vista concettuale occorre precisare se col termine “aggiornamento” si intende dare un riferimento logico o fisico al pari della modellazione logica o fisica del database. Come detto prima il modello logico prevede una classe posta in relazione con classi di implementazioni con diverse componenti geometriche, quindi, dal puro punto di vista logico, un aggiornamento dovrebbe riguardare tutti gli attributi dell’oggetto. Se prendiamo il caso di un edificio, un aggiornamento è sicuramente quando la geometria del piede dell’edificio è modificata. Questo potrebbe avvenire per modifiche strutturali oppure per un maggiore dettaglio di scala per cui un portico o un piccolo oggetto non rilevato in un DB a scala 1:10.000 e, quindi, facente parte della pianta dell’edificio diventa invece un’unità volumetrica diversa pur logicamente relazionata all’edificio e quindi in questo caso aggiornabile. Ma questo non basta perché per ciascuna unità volumetrica di un edificio si devono considerare le quote a terra e in gronda o l’altezza volumetrica che potrebbe essere modificata a causa di un soprizzo oppure di nuovo per differente apprezzamento del valore delle quote o del dislivello delle falde in base al cambio di scala. Questo non è il caso verificato per la Regione Toscana che ha optato per database differenti alle differenti scale e, quindi, almeno questa problematica è stata in parte risolta, anche se non va trascurato che i voli attuali hanno un dettaglio e una precisione metrica ben superiore quindi è sempre probabile il caso che un aggiornamento sia semplicemente dovuto a precisioni diverse. Inoltre, devono essere considerati gli attributi funzionali dell’edificio che potrebbero essere modificati nel tempo. La maggior parte degli attributi citati non sono immediatamente “visibili” e quindi sfuggono al confronto con i metodi di aggiornamento tradizionali. A ciò si aggiunge il problema della conformità dei dati a specifiche e metodologie di validazione sempre più evoluti; il DB di ristrutturazione proveniva da CTR redatte in base a versioni di capitolati pubblicati almeno una decina di anni fa (la maggior parte delle CTR avevano livelli 3.x quando ad oggi la RT adotta il livello 4.5), e il “focus” era ovviamente la rappresentazione grafica per cui la verifica era più orientata alla visione della carta anche se esisteva un collaudo informatico del supporto fornito; collaudo che tuttavia era più finalizzato alla conformità formale della struttura dei file e molto meno alla qualità del dato. Questo ha portato a livelli di qualità molto variabili sia tra vari lotti di vecchia produzione sia addirittura all’interno dello stesso lotto prodotto da una singola ditta; questo fatto, che non veniva rilevato, è un indicatore di qualità delle verifiche che venivano effettuate, ma, pensiamo sia facilmente comprensibile, crea un problema in fase di aggiornamento non consentendo di definire il valore minimo di affidabilità del dato di partenza.

Per quanto riguarda la produzione ex-novo, sembrerebbe mancare un approfondimento sulla problematica della terza dimensione nella trattazione delle superfici a copertura del suolo.

Da una parte è richiesta una conformità topologica mentre dall’altra il database viene collaudato tenendo conto della componente 3D senza considerare che ancora la trattazione di una topologia tridimensionale è ben lungi dall’essere definita e consolidata a livello di produzione massiva di cartografia. Come precisato in altre parti dell’articolo, la nostra metodologia ha accolto appieno le indicazioni delle linee guida IntesaGis In1014 adottando fin dalla fase di restituzione il concetto di archi condivisi per le aree di copertura del suolo. Tuttavia per consuetudine ed economicità di produzione, gli edifici (o le unità volumetriche) vengono acquisiti come un unico poligono con quote a terra (punto più basso) e quote in gronda. L’arco di edificio che viene poi generato in adiacenza con il poligono stradale può avere evidentemente una quota non corrispondente alla quota del piano stradale e quindi si pone il problema della congruenza 3D degli oggetti della Banca Dati. Se si confrontano su questo problema le soluzioni adottate in ambito internazionale nei casi in cui un modello analogo a quello della RT è stato implementato per grandi banche dati, si osserva per esempio che in Gran Bretagna l’Ordnance Survey ha una banca dati (OS MasterMap) distribuita attraverso il portale in formato GML bidimensionale alle scale da 1:1.250 fino a 1:10.000 (con aggiornamento continuo su tutta UK di 6 settimane!); per elaborazioni tridimensionali viene inoltre distribuito un DTM con accuratezza RMSE di 2 metri che per le esigenze di programmazione regionale potrebbe apparire più che adeguato.

Ciò tuttavia può non risolvere appieno le necessità a livello urbanistico dove si richiede una maggiore precisione proprio per risolvere in particolare la problematica dell'edificato e in genere del tema antropico. Una buona soluzione può essere in questo caso introdurre dei requisiti specifici nelle prescrizioni tecniche, attingendo a quanto di meglio offre la modellazione tridimensionale in ambito urbano. Il modello CityGML per esempio utilizza la *Terrain Intersection Curve* come elemento lineare per modellare il piede dell'edificio sull'andamento del terreno. Questa semplice prescrizione permette di far aderire tutto il perimetro dell'edificio lungo i vari fronti tra cui evidentemente anche il piano stradale che invece potrà essere calcolato sul DTM oppure attraverso il grafo tridimensionale.

Anche nel tracciamento del grafo tridimensionale è opportuno prescrivere norme che tengano conto della costruzione e relazione tridimensionale degli oggetti in particolare per risolvere il passaggio tra tronco stradale e ponti/viadotti. Se il tronco stradale come tutti gli altri oggetti sono 2D e possono essere modellati attraverso il DTM, la situazione che si crea nel caso di area stradale in rilevato o a raso che si attesta sulla sponda dell'area bagnata (o sul bordo di strada in sottopasso o a diverso livello) in coincidenza con il piano tridimensionale del ponte crea numerosi problemi anche con l'ausilio dei più dettagliati modelli digitali del terreno. L'introduzione di vincoli tridimensionali lungo l'asse stradale con *breaklines* e con archi di oggetti 3D permette da una parte un miglior controllo in fase di realizzazione e dall'altra una corretta modellazione di porzioni definite di modelli del terreno e di elevazione.

### Conclusioni e sviluppi futuri

Nel presente progetto il GML è utilizzato come formato di consegna finale del dato, ma ancora non è utilizzato da Regione Toscana come formato di scambio dati con gli utenti e con le altre amministrazioni. Allo stato attuale i dati in formato GML vengono convertiti in *shapefile* prima di essere scambiati con altri fruitori del dato stesso. Pur essendo lo *shapefile* un formato standard, non è sicuramente un formato adatto a mantenere la topologia, sia perché non possiede le strutture dati adatte, sia per problemi di precisione.

Il GML (*OpenGIS Geography Markup Language*) è uno standard di codifica di dati GIS basato su XML. In particolare la versione 3 introduce il supporto per dati composti da geometrie complesse in doppia precisione, terza dimensione, topologie, dimensioni temporali e valori generalizzati. Contiene anche l'informazione sul sistema di riferimento, sull'unità di misura e sui metadati. Tutto questo consente che, con il GML, si possano codificare tutte le informazioni spaziali e alfanumeriche di un database geografico di nuova concezione (come quello di IntesaGIS). Il fatto che il GML sia un linguaggio modulare, permette agli sviluppatori di scegliere quale parte dello schema GML generale usare per la propria applicazione ed in questo modo selezionare la sottostruttura GML nella quale calare il proprio modello di database geografico.

Per questo motivo il GML è stato scelto da IntesaGIS come formato di scambio per l'interoperabilità tra applicazioni GIS e per il DB Topografico.

In un'eventuale fase di aggiornamento futuro del DB Topografico esistente si potrebbe pensare di ricorrere alla creazione di un database 3D. La fattibilità di tale prodotto a partire dai dati del DBTopografico aggiornamento 2k non è banale: i dati del DBTopografico esistente, infatti, sono tutti in 2D tranne le *breaklines* e alcune superfici come ponti, gallerie, sottopassi, passerelle, volumetrie in oggetto, mentre il resto dell'edificato ha la quota in gronda come attributo.

Per ottenere un DB Topografico in 3D si propone di attribuire a tutti i dati la quota al suolo e di riportare come attributo le quote delle altezze o delle quote in gronda di tutti i layers che li possono avere, automatizzando il processo di elaborazione.

Ovviamente data la tipologia dei dati ci saranno diverse criticità da risolvere il modo manuale come archi sotto i ponti, *breaklines* di attacco delle gallerie e dei ponti, ponti che hanno la quota dei muretti, elementi che hanno come Z la quota in gronda, o elementi confinanti edifici o oggetti che

hanno un'altezza. Infine, per ogni *layers* sarà necessaria un'operazione di bonifica per riportare l'elemento alla giusta quota.

Rimane il problema della rappresentazione in forma grafica del contenuto del DB che rappresenta un aspetto da considerare specie nei confronti di quegli utenti a basso livello di informatizzazione (spesso gli stessi uffici tecnici comunali) abituati alla rappresentazione convenzionale attraverso segni grafici associati agli elementi del territorio. Gli approcci sono essenzialmente di due tipi: da una parte la costruzione di una libreria grafica statica e di una produzione grafica legata a processi o strumenti informatici prestabiliti; dall'altra la possibilità di definire in modo dinamico i segni grafici da utilizzare in funzione di vari fattori definibili dall'utente. Alla prima categoria si richiamano più o meno tutte le prescrizioni dei vari Enti appaltanti che definiscono una libreria fissa associata al codice della linea o del punto; eventuali livelli di disegno a strati successivi possono più o meno gestire la visibilità attraverso i livelli rispetto al suolo e quindi la relativa copertura con colori (tra cui il bianco) successivi, per cui per esempio un ponte rappresentato con le sue linee potrà risultare "coprente" rispetto al sottostante alveo del fiume semplicemente disegnandolo per ultimo con l'area a colore bianco, in sovrapposizione al colore blu dell'alveo sottostante.

Proprio però un modello dati come quello della Regione Toscana permetterebbe una gestione avanzata della rappresentazione grafica facilmente gestibile in modo personalizzabile. Basterebbe porre in relazione alla linea (ipotizziamo una linea elementare) una terna di valori dei codici grafici che possono essere definiti come attributo proprio e attributi dei due poligoni che la linea delimita. In questo modo per esempio una linea che sia contemporaneamente recinzione, piede di scarpata e bordo viabilità potrebbe essere disegnata con uno dei codici grafici associati in funzione delle necessità dell'utilizzatore. Supponendo che sia necessario valutare tutte le scarpate per un problema di stabilità di versanti si può tranquillamente disegnare quella linea con la sua opportuna simbologia o con una ancora più funzionale allo scopo; se invece si volesse vedere una rappresentazione cartografica ad una certa scala potrebbe essere opportuno valorizzare più il bordo stradale mentre ad un'altra scala si può valorizzare maggiormente la rappresentazione della recinzione.

Nel caso del DB realizzato è stata studiata una matrice che ha tenuto conto dei codici dei poligoni delimitati dalla linea elementare (nel caso di altri oggetti non topologici il problema non si pone essendo il codice grafico univoco) per gestire di volta in volta sia il codice da assegnare alla linea in base ad una priorità che è stata definita per similitudine con la costruzione della CTR. Per quanto riguarda la visibilità, come accennato precedentemente ci si può affidare alla sequenza di visualizzazione (che però funziona bene solo nel caso di stampa) che può essere determinata dal valore di un attributo del tipo di posizione relativa rispetto al suolo. Tuttavia una forma più articolata ma che meglio soddisferebbe una personalizzazione della rappresentazione al pari della gestione dei codici come prima detto, potrebbe essere la gestione di una relazione topologica verticale ossia definire in forma tabellare "chi sta sopra cosa". Se si suppone di avere per esempio più oggetti sovrapposti anche parzialmente tra loro e di suddividere in sottoaree tutte le porzioni che sono delimitate dalle proiezioni degli oggetti l'uno sull'altro, per ciascuna porzione di area è possibile definire quale altra porzione di quale altro oggetto sta sopra o sotto; di fatto si vengono a definire anche gli archi di quale oggetto sono sopra o sotto le superfici sopra o sottostanti per cui è possibile assegnare un codice di visibilità in funzione della posizione relativa oppure un codice di riempimento del segno grafico per gestire le trasparenze.