

# Un formato di scambio per il Data Base Topografico della Regione Emilia-Romagna

Federica LIGUORI (\*), Ivan MOROTTI (\*), Stefano OLIVUCCI (\*\*)

(\*) Consulenti, [kliguori@tin.it](mailto:kliguori@tin.it), [morottii@tin.it](mailto:morottii@tin.it)

(\*\*) Regione Emilia-Romagna, Servizio Sistemi Informativi Geografici, [solivucci@regione.emilia-romagna.it](mailto:solivucci@regione.emilia-romagna.it)

**Abstract:** La Regione Emilia-Romagna ha avviato il progetto di allestimento del Data Base Topografico alle grandi scale, in conformità con le specifiche nazionali dettate dal progetto IntesaGIS, ed ha definito un formato fisico di scambio dei dati fra i vari enti (comuni, province, regione), basato su standard commerciali, aperti, attualmente disponibili e gestibili dalle varie piattaforme; la definizione di tale formato si è basata su criteri di trasposizione della struttura concettuale del Data Base Topografico in modo da rendere controllabili le proprietà degli oggetti delle varie classi ed in particolare le relazioni spaziali che tra di essi esistono sul territorio; a tale scopo sono state introdotte strutture logiche che opportunamente correlano le primitive geometriche ai vari oggetti, identificati e descritti nel loro complesso e nelle loro parti, alle corrispondenti strutture alfanumeriche. Per strutturare il formato fisico di scambio sono state prese in considerazione alcune soluzioni più evolute focalizzando l'attenzione sulla loro effettiva fruibilità e producibilità, e sugli strumenti che il mercato mette a disposizione ed è stato scelto un formato fisico costituito da un insieme di *Shapefile* per la memorizzazione delle primitive geometriche, e da un insieme di file XML per la componente alfanumerica. Sono stati predisposti gli XML-Schema necessari per definirne la struttura ed i vincoli di dominio e di integrità previsti per il Data Base Topografico. Tali schemi sono utilizzabili in sede di controllo dei file XML prodotti.

**Abstract:** Regione Emilia-Romagna started the project for the development of the Topographical Data Base, in conformance with the IntesaGIS national specifications. In this context, the physical format was defined for the data exchange among different subjects (municipalities, provinces, regions) based on the use of commercial, open standards, actually handled on different environments. The exchange format definition is based on criteria used to map the DBT conceptual schema in a physical structure proper to control the properties of the different objects, mainly their spatial relationships present in the real world. So, logical structures have been introduced which relate the simple spatial components to each object properly identified and described through its alphanumeric tables. More possible solutions have been evaluated to choose the standard for the physical format. Finally, It is structured as a set of Shapefiles and XML files; a set of XML schemata have been prepared that define the physical structure of each class and the relations with the spatial component. These schemata will be used during the control operations on the XML files produced.

## Caratteristiche generali del Data Base Topografico

Il Data Base Topografico fa riferimento al tradizionale contenuto della cartografia tecnica alle grandi scale i cui oggetti componenti vengono tra loro correlati tramite la specifica di associazioni e vincoli.

Il contenuto del Data Base Topografico è definito utilizzando il costrutto di classe che definisce un insieme omogeneo di oggetti descritti da un insieme di proprietà (attributi) alfanumeriche e da uno o più attributi geometrici che ne caratterizzano la forma e la collocazione sul territorio; inoltre sono stati introdotti costrutti che definiscono ulteriori attributi dell'attributo geometrico, ovvero quelli che sono stati classificati come attributi a sottoaree (si introduce il concetto di poligono minimo che corrisponde a quella partizione della superficie complessiva di un oggetto che possiede caratteristiche omogenee), attributi a tratti (per tutte le classi con attributo geometrico di tipo linea che strutturano un reticolo; i valori dei tratti sono trasposti utilizzando la segmentazione dinamica) e attributi a tratti sul contorno di oggetti poligonali (la trasposizione degli attributi a tratti sul contorno viene definita come proprietà strutturale della linea che costituisce la frontiera del poligono e che quindi viene segmentata fisicamente in funzione del valore di tali attributi).

I tipi di attributo geometrico rientrano nell'insieme definito in *GeoUML* nell'ambito delle specifiche Intesa. Attualmente, purtroppo, non sono ancora disponibili piattaforme "commerciali" interoperabili che gestiscano a pieno lo *Spatial schema* proposto dagli standard *ISO* e di conseguenza deve essere definita la trasposizione delle tipologie spaziali definite in *GeoUML* nel *Simple Feature Model*, che viceversa costituisce il modello delle geometrie standard cui sono conformi tutti gli Enti (fornitori di piattaforme *GIS*) che aderiscono all'*Open Geospatial Consortium* (tra cui *Oracle*, *ESRI*, *Autodesk*, etc.). In particolare si osserva che l'attributo geometrico, nel modello *GeoUML*, corrisponde sempre a strutture non semplici di primitive geometriche, ovvero a oggetti geometrici composti o complessi: con oggetto geometrico composto si intende il valore di un dato attributo geometrico ottenuto per composizione di primitive geometriche adiacenti; con oggetto geometrico complesso invece si intende il valore di un attributo geometrico costituito da uno o più oggetti geometrici composti tra loro disgiunti. Quindi nelle specifiche regionali del contenuto del Data Base Topografico, che attualmente riguardano la sola versione 2D, non sono stati utilizzati attributi che nel *Simple Feature Model* vengono definiti di tipo *aggregate* o *multipart*, ma, dell'insieme di tipologie geometriche definite in *GeoUML*, sono state applicate attualmente solo le seguenti:

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| GU_Point2D     | punto 2D                 |
| GU_CPCurve2D   | linea (composta) 2D      |
| GU_CPSurface2D | superficie (composta) 2D |
| GU_CNCurve2D   | curva connessa 2D        |
| GU_CXCurve2D   | curva complessa 2D       |
| GU_CXRing2D    | anello complesso 2D      |
| GU_CXSurface2D | superficie complessa 2D  |

Tabella 1 – Tipologie geometriche *GeomUML* utilizzate nel contesto del Data Base Topografico

Un attributo spaziale di una classe viene invece classificato, nel contesto del Data Base Topografico, come aggregato se esso è ottenuto per aggregazione di un dato attributo geometrico degli oggetti di un'altra classe; è il caso ad esempio del tracciato analitico di un toponimo stradale comunale che è costruito aggregando tramite una tabella di associazione il corrispondente attributo geometrico dei vari oggetti della classe "Elemento stradale" relativi ad ogni toponimo.

## Trasposizione dalla struttura concettuale alla struttura logico-fisica

Ogni classe è definita, nella struttura logica del formato di interscambio, da una componente alfanumerica e da una componente spaziale fra loro opportunamente correlate.

La componente alfanumerica è organizzata in una o più tabelle dove sono specificati i valori dei vari attributi alfanumerici, correlate, tramite opportuni codici identificativi (chiavi), alle varie componenti spaziali (cioè gli attributi geometrici) memorizzate in un opportuno “contenitore” di primitive geometriche. La scelta del “contenitore” destinato a comprendere determinate componenti spaziali degli oggetti di determinate classi dipende, come vedremo successivamente, dai legami strutturali e dai legami di tipo topologico che vincolano le classi tra di loro.

Ogni oggetto sarà identificato da un identificativo univoco all'interno alla classe, così come ogni primitiva geometrica sarà dotata di un identificativo univoco all'interno del “contenitore”. L'organizzazione degli attributi delle classi in una o più tabelle alfanumeriche dipende dalla specifica di tali attributi, che si possono suddividere in attributi di entità (relativi all'oggetto nella sua interezza), attributi a tratti o attributi a sottoaree, attributi a tratti sul contorno.

E' assai importante sottolineare il fatto che sussistano relazioni topologiche tra oggetti appartenenti sia a classi differenti, sia alla medesima classe. In particolare nella rappresentazione dei vari tipi di oggetto sul piano cartografico si vengono a determinare situazioni di sovrapposizione, che nello spazio in realtà si trovano a quote differenti (ad esempio tra un'istanza della classe Fiume e una della classe Ponte o tra due istanze della classe Area di Circolazione Stradale); situazioni di condivisione di porzioni di aree comuni tra oggetti di classi differenti (ad esempio in concomitanza delle aree di passaggio a livello in cui la sede ferroviaria insiste sull'area di circolazione stradale); situazioni in cui oggetti di classi differenti nella realtà condividono parti della frontiera della rispettiva estensione, cioè situazioni di adiacenza (ad esempio nel caso in cui il muro perimetrale di un edificio sia anche limite di un'area di circolazione veicolare). Volendo mantenere il controllo sulle proprietà topologiche classificate nei tre casi sopra descritti è stato scelto di introdurre un nuovo concetto, lo strato, che altro non è che il “contenitore” citato precedentemente di tutte le primitive geometriche di tutte le classi che sono legate da relazioni topologiche forti che possono:

- corrispondere a relazioni di tipo spaziale che devono sussistere tra diverse modalità di rappresentazione di uno stesso oggetto (relazione tra la rappresentazione poligonale e quella lineare ad esempio delle strade o dei corsi d'acqua) o tra diverse classi applicativamente e nella realtà correlati (ad esempio tra una diga e lo specchio d'acqua che essa delimita);
- corrispondere a situazioni del mondo reale che casualmente stabiliscono relazioni spaziali di adiacenza o di intersezione tra feature omogenee (è il caso ad esempio in cui il muro perimetrale di un edificio è anche limite di un'area di circolazione veicolare).

I dati spaziali di uno strato corrispondono quindi all'unione di tutti i dati spaziali degli oggetti contenuti nello strato stesso con i seguenti vincoli: non è ammessa sovrapposizione tra le componenti geometriche elementari tranne che sulla loro frontiera; i casi di condivisione di frontiera non devono comunque comportare la n-uplicazione delle porzioni di frontiera interessate. In più valgono le seguenti proprietà generali:

- ogni strato è definito sul continuo territoriale, senza soluzione di continuità, per tutto il territorio di interesse;
- ogni strato è descritto dalla componente spaziale, organizzata in una struttura di geometrie, che contiene la rappresentazione sul territorio dei vari oggetti presenti nello strato collegata alla componente alfanumerica, organizzata in una o più tabelle che contengono le proprietà descrittive delle varie classi previste per quello strato;

- poiché, come vedremo, il formato fisico aperto prescelto per lo scambio dei dati spaziali in un contesto di interoperabilità è lo *Shapefile*, che non supporta la gestione della frontiera né per i poligoni né per le linee, per quelle classi per le quali sono previsti attributi al contorno (a tratti sul perimetro per entità poligonali, sui nodi di inizio e fine per entità lineari) deve essere definita una struttura complementare, strettamente legata alla precedente (detto principale), che contiene primitive geometriche identiche alla frontiera delle primitive della struttura principale.

La gestione delle situazioni di sovrapposizione/condivisione si differenzia in base al tipo di geometria:

- nel caso di primitive geometriche poligonali all'interno di uno stesso strato è prevista la definizione di una tabella di associazione che stabilisce la relazione tra la singola primitiva geometrica e l'oggetto di cui essa concorre a definire la rappresentazione geografica; ogni riga di tale tabella di relazione è connotata dall'attributo QT\_REL che specifica la quota relativa. In tal modo quindi, se ad esempio una stessa area partecipa alla costruzione della rappresentazione geografica di due oggetti, in ogni riga che descrive la relazione tra tale area e gli oggetti viene assegnato il valore di quota che tale area ha per l'entità A e per l'entità B. Tale valore definisce la posizione relativa degli oggetti interessati e di conseguenza sarà =< "-1" per tutto ciò che è sotterraneo, = "0" per tutto ciò che è a livello del suolo, => "+1" per tutto ciò che è sopraelevato (Figura 1).
- nel caso di primitive geometriche lineari, per gestire la sovrapposizione, nella definizione della classe è previsto l'attributo a tratti LIVELLO, che, nella trasposizione, viene riportato nelle relative tabelle alfanumeriche, mentre il caso di condivisione, laddove contemplato, viene gestito in modo analogo alle primitive poligonali, quindi senza replicare le linee condivise tra oggetti differenti.

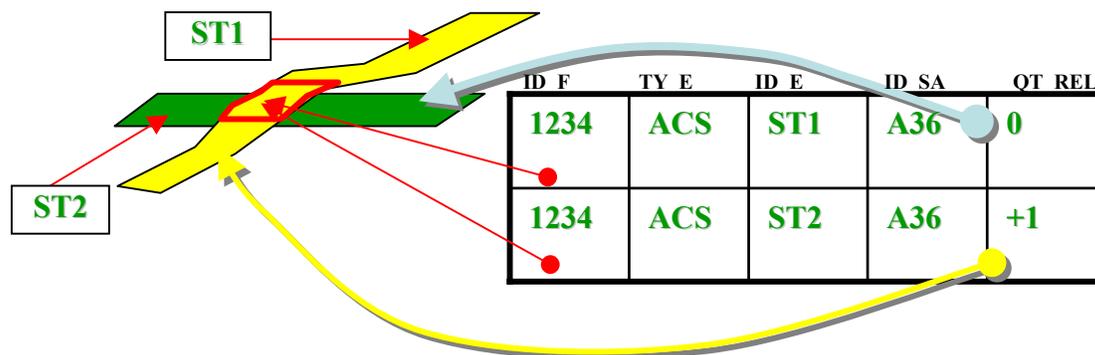


Figura 1 – Gestione delle sovrapposizioni tra oggetti della stessa classe

### Trasposizione nel formato fisico

Il formato utilizzato per contenere le primitive geometriche di uno strato è lo *Shapefile*. Le regole di corrispondenza fra i tipi di attributi geometrici previsti dalle specifiche e gli *shape type* sono definite nella tabella successiva.

| Attributo geometrico | Descrizione              | Shape type           | Codice shape type |
|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| GU Point2D           | punto 2D                 | Point                | 1                 |
| GU CPCurve2D         | linea (composta) 2D      | Polyline (PolylineM) | 3 (23)            |
| GU CPSurface2D       | superficie (composta) 2D | Polygon              | 5                 |
| GU CNCurve2D         | curva connessa 2D        | Polyline (PolylineM) | 3 (23)            |
| GU CXCurve2D         | curva complessa 2D       | Polyline (PolylineM) | 3 (23)            |
| GU CXRing2D          | anello complesso 2D      | Polyline             | 3                 |
| GU CXSurface2D       | superficie complessa 2D  | Polygon              | 5                 |

Tabella 2 – Corrispondenza tra tipi GeoUml e shape type dello Shapefile

Per quanto riguarda le geometrie dei vari oggetti delle varie classi, il valore degli attributi geometrici deriva dalla composizione, definita tramite tabelle di relazione, di primitive geometriche contenute, in funzione delle caratteristiche di ogni attributo geometrico, in un ben preciso strato. In particolare si possono distinguere le seguenti casistiche:

- classe dotata di un solo attributo geometrico;
- classe dotata di più attributi geometrici: è il caso ad esempio della classe “Ponte”, per la quale sono previsti due attributi poligonali, vale a dire la sede e i piloni, e un attributo lineare, le spallette;
- classe aggregata ad un'altra classe: è il caso ad esempio dell'attributo “Tracciato analitico” della classe “Toponimo stradale comunale” che in genere corrisponde ad un aggregato di oggetti della classe “Elemento stradale”.

Per quanto riguarda la componente alfanumerica, ad ogni classe è associato un file XML denominato “<TY\_E>.XML”, dove TY\_E corrisponde al codice identificativo della classe stessa, in cui sono memorizzate tutte le informazioni relative alle tabelle degli attributi (di entità, a sottoaree, a tratti, a tratti sul contorno) e le porzioni di tabelle di associazione relative alla classe stessa (cioè il costruttore dei valori degli attributi geometrici per gli oggetti di quella classe) quando previste. L'esempio successivo è relativo al file “ABA.XML” corrispondente alla classe “Area bagnata” (TY\_E = ABA) appartenente allo strato “CGS” (Copertura generale del suolo), dotata di un attributo spaziale poligonale composto e di un attributo a tratti sul contorno; sono quindi presenti le informazioni relative alla tabella di associazione (“CGS\_AS” con TY\_E = “ABA”), alla tabella degli attributi di entità (“ABA\_ET”), alla tabella degli attributi a sottoaree (“ABA\_SA”) e alla tabella degli attributi a tratti sul contorno (“ABA\_LI”). La struttura del file “ABA.XML”, è la seguente:

```
<STRATO xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="F:\Idrografia\ABA.xsd" nome="CGS">

  <CGS_AS>
    <ID_F> 1687847492410900</ID_F>
    <TY_E>ABA</TY_E>
    <ID_E> 801390</ID_E>
    <ID_SA> ABA11111</ID_SA>
    <QT_REL>0</QT_REL>

    <ID_F> 1687850492435200</ID_F>
    <TY_E>ABA</TY_E>
    <ID_E> 801390</ID_E>
    <ID_SA> ABA11111</ID_SA>
    <QT_REL>0</QT_REL>
    ...
  </CGS_AS>

  <ABA_ET>
    <TY_E>ABA</TY_E>
    <ID_E> 801390</ID_E>
    <TY_ABA>1</TY_ABA>

    <TY_E>ABA</TY_E>
    <ID_E> 801391</ID_E>
    <TY_ABA>3</TY_ABA>
    ...
  </ABA_ET>

  <ABA_SA>
    <TY_E>ABA</TY_E>
    <ID_SA> ABA11111</ID_SA>
    <TY_SED>1</TY_SED>
    <TY_NAT>21</TY_NAT>

    <TY_E>ABA</TY_E>
    <ID_SA> ABA11112</ID_SA>
    <TY_SED>1</TY_SED>
    <TY_NAT>2</TY_NAT>
    ...
  </ABA_SA>
  ...
</STRATO>
```

```

</ABA_SA>
<ABA_LI>
  <TY_E>ABA</TY_E>
  <ID_F> 1691840492810600</ID_F>
  <TY_COS>1</TY_COS>

  <TY_E>ABA</TY_E>
  <ID_F> 1692343492386400</ID_F>
  <TY_COS>1</TY_COS>
  ...
  ...
</ABA_LI>
</STRATO>

```

In maniera complementare, per ciascun *file* XML previsto è stato redatto un corrispondente *file* XSD, tramite il quale non solo è possibile ricavare l'esatta struttura del *file* XML, ma è possibile effettuare diversi tipi di controlli, tra cui:

- correttezza dei nomi delle tabelle e degli attributi;
- correttezza dei tipi degli attributi;
- correttezza dei valori degli attributi, compresi i domini degli attributi enumerati;
- correttezza degli identificatori primari delle tabelle (chiavi) e dei vincoli di integrità referenziale fra le varie tabelle.

### Considerazioni finali e sviluppi futuri

La redazione delle specifiche del formato di scambio per il Data Base Topografico della Regione Emilia-Romagna ha avuto i seguenti obiettivi:

- realizzare una struttura dati che trasponesse il contenuto del Data Base Topografico e mantenesse controllate per quanto possibile le proprietà degli oggetti delle varie classi e le relazioni spaziali tra di essi. A questo scopo è stato introdotto il concetto di strato come contenitore di primitive geometriche per la gestione delle relazioni topologiche (sovrapposizione, condivisione, adiacenza) e la componente alfanumerica è stata strutturata in più tabelle a seconda della tipologia di attributo;
- sono stati utilizzati standard aperti quali lo *Shapefile*, l'XML e l'XSD per garantire la piena interoperabilità fra le più svariate piattaforme tecnologiche; oltretutto, la strutturazione della componente alfanumerica in *file* XML in abbinamento ai rispettivi *file* XSD permette un controllo intrinseco della correttezza di buona parte dei vincoli formali, di dominio e di integrità referenziale previsti.

E' stato scelto di non utilizzare il formato GML 3 poiché si è ritenuto che gli strumenti tecnologici non siano ancora maturi per un suo utilizzo estensivo; è auspicabile che una nuova versione del formato di scambio basata su GML 3 verrà redatta non appena gli strumenti permetteranno una sua ampia diffusione tra i vari soggetti che dovranno interagire col Data Base Topografico.

### Bibliografia

- [1] INTESA Stato - Regioni - Enti Locali: "*Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di interesse generale*" - documenti 1n1010\_1, 1n1010\_2 e 1n1007\_4.
- [2] Regione Emilia-Romagna: "*Data Base Topografico alle grandi scale – contenuto e struttura concettuale*" - ed. ottobre 2004.
- [3] Regione Emilia-Romagna: "*Il Data Base Topografico alle grandi scale: specifiche della struttura logica e fisica del formato di trasferimento*" - ed. giugno 2005.
- [4] Regione Emilia-Romagna: "*Carta Fotogrammetrica Numerica a scala 1:5000 – Capitolato speciale di appalto*" - ed. gennaio 2002.