POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Integrazione di database spaziali multiscala in ambito urbano

Original
Integrazione di database spaziali multiscala in ambito urbano / Costamagna, Erik; Spano', Antonia Teresa. - ELETTRONICO. - (2012), pp. 483-490. (Intervento presentato al convegno 16a Conferenza Nazionale ASITA tenutosi a Vicenza nel 6 – 9 novembre 2012).

Availability:
This version is available at: 11583/2504889 since:

Publisher:
FEDERAZIONE ASITA

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

12 October 2024

Integrazione di database spaziali multiscala in ambito urbano

Erik Costamagna (*), Antonia Spanò (*)

(*) Politecnico di Torino, viale Mattioli 39. 10125, Torino, tel. +39 011 090 4369, *fax* +39 011 090 4399, *e-mail* erik.costamagna, antonia.spano@polito.it, ...

Riassunto

La gestione dei processi che caratterizzano lo sviluppo e le trasformazioni urbane attraverso l'integrazione dei contenuti informativi sono uno dei mezzi per garantire la sostenibilità e l'efficienza dei progetti urbani. In questo contesto un ruolo chiave è rivestito dai dati spaziali e dalla loro integrazione con quelli tematici alle diverse scale di rappresentazione. La dimensione della scala di rappresentazione costituisce il terreno su cui si deve misurare la capacità di integrazione degli strumenti tecnologici e normativi, nell'ottica di una documentazione dei processi di trasformazione attraverso uno schema comune capace di integrare contenuti, livelli di dettaglio e modalità di accesso ai dati diversi tra loro. La possibilità di integrare i dati spaziali alle scale architettoniche e urbane permette di mettere in contatto le diverse tipologie di soggetti coinvolti nella produzione e utilizzo delle informazioni e quindi di avvicinare i diversi approcci alla rappresentazione e gestione dei dati (CAD e GIS) che costituiscono il versante applicativo del divario di esigenze presenti nell'ambito della cartografia urbana e in quello della progettazione architettonica.

La documentazione dei processi di trasformazione urbani costituisce un flusso continuo di informazioni che sono caratterizzate da diversi livelli di lettura, corrispondenti alle diverse fasi della progettazione e gestione del manufatto architettonico, e dalla possibilità di rappresentare lo stesso contenuto informativo secondo esigenze specifiche di approfondimento di lettura sia del contenuto geometrico (diversi livelli di dettaglio) che di quello tematico (diverso valore semantico). Nel panorama internazionale gli standard GML e CityGML offrono una definizione completa dei dati dal livello concettuale a quello logico permettendo una gestione delle rappresentazioni 3D. La possibilità di disporre di questi strumenti normativi e tecnologici aperti permette di superare i limiti di interoperabilità degli strumenti applicativi più diffusi tra i GIS e la loro flessibilità permette la possibilità di adattare il modello dei dati e gli stessi strumenti per gestirlo a diversi contesti applicativi.

Abstract

An information data infrastructure is one of the key to assure efficiency and sustainability for urban processes management. In this field spatial data management plays a central role with a focus on thematic and geometric integration, multi-scale modelling and flexibility to specific needs. These goals can be achieved through the provision of specific standards and tools for data modelling and information retrieving. The widening of the application fields of GIS to the architectural representations of the cultural heritage documentation and consequently the 3D data management support are two of the major issues for filling the gap between the CAD and GIS and their cultural and productive background. Her will be presented some preliminary issues of a test on spatal data integration in a XML based data structure following the OGC's CityGML specifications. The model implementation will focus on the multiscale and multiview modelling tools of standard as a first stepo for the management of a 3D spatial database through XML based application tools.

Introduzione.
Evoluzione dei modelli di dati spaziali e standard

Per lungo tempo la gestione dei dati geografici-spaziali è stata caratterizzata da almeno due ambiti deficitari che solo con l'estrema diffusione degli ambiti applicativi ed i settori di utilizzo attuata con l'affermazione delle ICT si sono rivelati sensibilmente problematici. Si tratta ovviamente della non completa capacità di gestione del contenuto tridimensionale della rappresentazione della realtà spaziale e della difficile interoperabilità, limitata dalla specificità degli strumenti applicativi.

A partire dal 1990 circa, sono stati sviluppati numerosi modelli di dati le cui caratteristiche si adattavano agli specifici campi applicativi, dalla modellazione del terreno a quella dello spazio urbano. La loro scelta è stata dettata dalle esigenze di modellazione che la geometria degli oggetti rappresentati richiede, il loro grado di complessità nonché le aggregazioni richieste tra oggetti.

Una modalità per interpretare la tipologia dei modelli di dati proposti è stata quella il considerarne la modalità di rappresentazione del mondo reale: nei modelli continui i dati tematici sono direttamente collegati al dato geometrico, cioè gli attributi sono funzione della posizione nello spazio (*field-approach*); in altri tipi di modelli gli oggetti rappresentati, mediante una geometria ed aspetti tematici specifici, sono strutturati in maniera indipendente dalla posizione e dagli aspetti dimensionali (*object-structured approach*). In questi ultimi modelli, l'identificativo degli oggetti consente di archiviare dati tematici e relazioni topologiche in modo indipendente dalla posizione nello spazio. Alcuni esempi di modelli elaborati secondo questo approccio sono i seguenti: *3D FDS* (*Formal Data Structure*) (Molenaar, 1990), il modello *TEN* (Pilouk, 1996), l'*SSM* (*Simplified Spatial Model*) (Zlatanova, 2000), *UDM* (*Urban Data Model*) (Coors, 2002). Fra questi il modello TEN e 3D TIN è efficace per rappresentare superfici irregolari, mentre gli altri sono stati progettati per adeguarsi maggiormente alla modellazione di oggetti dalla geometria definita. Lo sviluppo di questi modelli spaziali ha contribuito in modo decisivo alla formulazione degli strumenti logici per la gestione delle informazioni spaziali, soprattutto in relazione alla capacità da parte dei GIS di gestire il dato 3D.

Successivamente, l'affermazione di linguaggi di programmazione *object-oriented* (Atkinsons et al., 1990) ha determinato l'applicazione della modellazione ad oggetti anche nei DBMS: negli OODBMS (*Object-Oriented Data Base Systems*) i dati sono organizzati in classi che rappresentano il dominio degli oggetti, i quali sono considerati istanze delle classi; una delle peculiarità principali rispetto al modello relazione è l'*ereditarietà* degli attributi, che si rivela molto efficace nella gestione di grandi moli di dati organizzati in super-classi e sub-classi, che richiedono la modellazione di complesse aggregazione come lo sono i database della cartografia urbana. Una seconda proprietà importante della modellazione ad oggetti è l'*incapsulamento*, che è uno dei concetti più innovativi della teoria dei database in quanto prevede l'incorporazione delle procedure per gestire gli oggetti negli oggetti stessi e permette di realizzare pienamente l'indipendenza logica dei dati. La combinazione di *ereditarietà* e *incapsulamento* dà origine al *polimorfismo*, che consiste nella possibilità che procedure uguali possano determinare comportamenti diversi a seconda della sottoclasse o sottotipo con cui si interfacciano.

Lo sviluppo delle tecnologie e degli strumenti per la condivisione delle informazioni tramite la rete ha portato alla teorizzazione e messa in pratica dell'idea di web semantico, di cui il metalinguaggio marcatore XML (*Extensible Markup Language*) ne è il principale strumento. La rapida diffusione di XML e delle sue estensioni XQuery e XPath come strumenti per la strutturazione e la gestione delle informazioni in contesti diversi tra loro rappresenta un importante passo in avanti nello sviluppo di strumenti più versatili per la gestione della multi-valenza e complessità di determinate tipologie di informazioni. La tecnologia XML utilizza alcuni costrutti simili a quelli della modellazione ad oggetti tra i quali il principio di ereditarietà. Dal punto di vista dei linguaggi di interrogazione che sono uno degli strumenti principali di un database, quelli che si basano sulla tecnologia XML si collocano insieme a quelli ad oggetti nella categoria dei database NoSQL. L'XML Data-binding inoltre consente una traduzione automatica e semanticamente corretta tra un modello concettuale ad oggetti come UML e uno logico rappresentato dall'XML Schema.

La ricerca nell'ambito dei linguaggi di modellazione e della modelli spaziali ho contribuito alla formulazione di standard per la codifica e gestione dell'informazione geografica alcuni dei quali come quelli sviluppati dall'OGC (Open Geospatial Cosortium) sono rilasciati gratuitamente e aperti all'estensione per esigenze specifiche. L'OGC è il consorzio internazionale che svolge la propria attività in diretto contatto con l'ISO e che ha formulato il GML, uno standard che è stato adottato dalle maggiori agenzie nazionali per la produzione di dati geografici, ed inoltre, recentemente, nei principali software GIS si sta via via diffondendosi il suo supporto. Il GML (*Geographic Markup Language*) divenuto norma ISO 19136:2007, è stato contemporaneamente esteso per descrivere in modo più specifico la tematizzazione del contesto urbano tramite il formato CityGML (*City Geographic Markup Language*). Questi standard, come il KML (*Keyhole Markup Language*) sono basati sul metalinguaggio XML e sono pertanto definiti da un preciso modello concettuale e logico che si esplica anche in un formato di memorizzazione dei dati. Lo standard GML, implementando gran parte degli schemi degli standard ISO/TC211, consente la modellazione della maggioranza delle rappresentazioni vettoriali 2D e 3D, nonché il formato raster e la possibilità di implementare i contenuti temporali.
Lo standard CityGML si configura come una formulazione specifica orientata alla descrizione e gestione delle classi di oggetti spaziali della cartografia urbana. Il modello tematico CityGML si presenta come un'estensione di quello GML prevedendo una specializzazione delle classi semantiche che descrivono i tematismi urbani e implementando il supporto multivista e multiscala. La modellazione multiscala presuppone una discretizzazione delle *features* geometriche sulla base di un insieme predefinito di livelli di dettaglio o LODs. Questo processo, differente da quello automatico della generalizzazione, presuppone una struttura concettuale e logica che definisce le relazioni tra il contenuto tematico e quello geometrico per ogni livello di dettaglio. Questa struttura riflette il complesso di approcci culturali più o meno codificati che si sono consolidati nell'ambito della cartografia urbana, della progettazione architettonica e di altri ambiti specifici come l'analisi del patrimonio architettonico dove la letteratura classica degli ordini architettonici ne è un esempio significativo (De Luca et al., 2007) (Apollonio et al., 2010).
Il modello geometrico e topologico CityGML rappresenta invece un sottoinsieme di quello GML mentre non è presente un modello per la rappresentazione dei dati temporali. La gestione del supporto multiscala viene effettuata tramite l'introduzione di 5 livelli di dettaglio differenti (*Levels of details - LODs*); la definizione dei LODs prevede la possibilità di associare a ciascuna istanza di una classe diversi contenuti geometrici a seconda del diverso livello di generalizzazione richiesta.
La capacità del sistema di gestire diverse tematizzazioni del modello in funzione di specifiche esigenze previste da un dominio di interesse è definita come supporto multivista (*multiview modelling*). Un modulo tematico *Appearance*, separato da quello geometrico, è utilizzato per implementare il supporto multivista consentendo di descrivere l'aspetto superficiale degli oggetti geometrici. Questa funzionalità può essere utilizzata per la caratterizzazione dei materiali e delle condizioni di illuminazione, una funzionalità tipica dei sistemi CAD supportata dal modello CityGML grazie all'implementazione delle specifiche X3D del Web3D Consortium.

Test di implementazione di dati spaziali di un bene architettonico nel modello CityGML

Considerazioni sulle esigenze di contenuti informativi per l'integrazione di beni architettonici nei DB urbani.

La definizione dei livelli di dettaglio sui quali è basata la gestione della rappresentazione degli oggetti geometrici nel CityGML, risente necessariamente di quanto sia già consolidato nella definizione semantica e nei criteri di generalizzazione delle cartografie a diverse scale regionali e urbane (tra 1:10000 ed 1:1000). A partire dalla considerazione che le specifiche dello standard attualmente disponibili siano state pianificate per essere efficaci per la rappresentazione e gestione del tessuto edilizio urbano, non è automaticamente garantito che l'adozione dei moderni modelli dei dati spaziali sia pienamente applicabile ed efficace per i beni architettonici in esso inseriti.

La presente ricerca ha come obiettivo proprio la verifica di compatibilità e efficacia dello standard CityGML in questo specifico settore, dal momento che le istanze di rappresentazione e archiviazione di dati metrici e tematici alla scala di lettura dei beni architettonici è una problematica particolarmente complessa, anche per la mancanza di standard univocamente adottati.
Tra le caratteristiche principali che hanno orientato la scelta di questo standard vi è il suo pieno supporto per la gestione delle rappresentazioni 3D, le caratteristiche di estensibilità connesse con la tecnologia XML su cui si basa, il supporto multiscala e quello multivista. Aspetti che, a nostro avviso, rappresentano i punti chiave per realizzare un integrazione tra le esigenze della rappresentazione cartografica urbana, di quella architettonica e della documentazione metrica del patrimonio architettonico. E' infine molto importante considerare che generalmente la rappresentazione dei manufatti storici deriva da fonti di rilievo metrico dettagliate e diverse tra loro (rilievo fotogrammetrico e laser scanning), e che i risultati della rappresentazione sono spesso legate agli scopi di produzione della documentazione. Queste diverse caratteristiche dei supporti metrici derivano da diversi approcci alla rappresentazione e diversi modelli dei dati che necessitano di una maggiore integrazione sia a livello logico-concettuale che al livello degli strumenti applicativi.

Caratteristiche del dataset di base

La scelta del caso studio è caduta sul Castello del Valentino è una fabbrica moderna del XVII secolo situata nel tessuto urbano di Torino appartenente all'insieme delle Residenze Sabaude, già patrimonio UNESCO a partire dal 1997. Questo edificio è stato oggetto di una serie di campagne di rilievo effettuate negli anni 2007-2009 da parte del gruppo di rilievo del Politecnico, e la base del dataset grafico di partenza è ampia e comprende diverse tipologie di supporti metrici e formati di codifica dei dati. Il rilievo della rete di inquadramento è stato effettuato mediante la tecnica di posizionamento globale GNSS-GPS. A questa rete principale sono state appoggiate le reti di raffittimento che hanno permesso il rilievo di dettaglio dei fronti e degli ambienti interni il cui rilievo è stato effettuato con tecniche miste, topografiche e GNSS-GPS. È stato quindi possibile riferire tutti gli elaborati metrici prodotti ad un sistema di riferimento globale codificato e universalmente riconosciuto permettendo un più facile interscambio dei dati.
Il rilievo di dettaglio dei fronti esterni è stato effettuato per mezzo di tecniche speditive di acquisizione: rilievo celerimetrico con stazione totale integrato con metodologie di fotogrammetria semplificata (fotoraddrizzamento). Negli ambienti interni, laddove l'importanza degli ambienti necessitava una documentazione più dettagliata o la conformazione spaziale richiedeva un approccio diverso, queste tecniche sono state integrate con altre più innovative. Nel rilievo degli ambienti voltati collocati nei piani interrati della manica principale sono state acquisite scansioni laser dalle quali sono stati derivati i profili di sezione bidimensionali. Nel salone centrale posto al primo piano, collocato in un ambiente più aulico e caratterizzato da affreschi presenti sulla volta oltre che sulle pareti, le misure effettuate tramite scansione laser sono state integrate con quelle fotogrammetriche al fine di restituire l'ortofoto (Spanò, Guardini, 2012).
Le esigenze di una gestione dei dati metrici 3D relativi ai beni culturali alla scala architettonica, che rappresenta un settore di ricerca ancora in gran parte inesplorato, trova importanti collegamenti con le ricerche nel contesto della gestione dei dati metrici della cartografia urbana (Urban Data Management). In particolare è stata analizzata la struttura del dato geometrico a la sua relazione con quello semantico nell'ottica di una gestione integrata dei principali supporti metrici in uso (raster e vettoriali, 2D e 3D) con l'insieme dei contenuti informativi dei database cartografici e di quelli relativi al patrimonio culturale.
L'integrazione dei dati metrici è stata realizzata tramite applicazioni CAD, mentre l'implementazione nelle classi del modello CityGML è avvenuta con il supporto del modulo FME Workbench della Safe Softwares L'implementazione del modulo *Appearance* e la validazione dei dati (*consistency and namespaces declaration*) è stata realizzata tramite strumenti editor di XML.

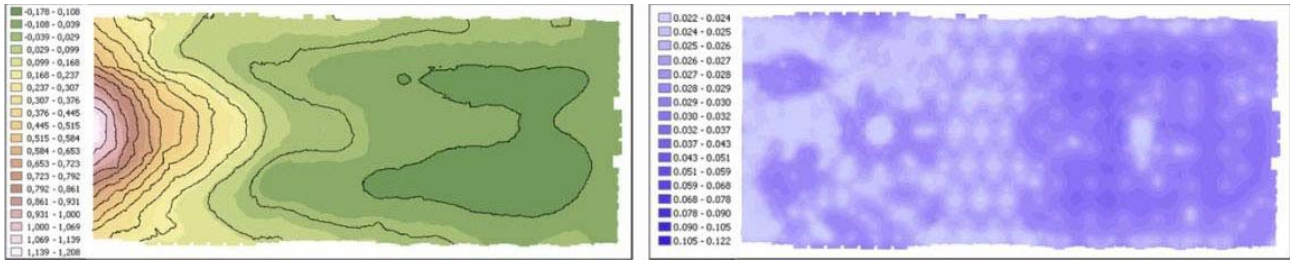

Figura 1: modello di elevazione ottenuto per interpolazione utilizzando il metodo di Kriging, in evidenza le curve di livello e il variogramma delle linee di massima pendenza.

Implementazione nel modello CityGML

Lo standard City GML supporta 5 LODs, ognuno dei quali comprende specifiche classi geometriche e tematiche dei dati, e tra i quali il più dettagliato corrisponde ad una tipica scala di rappresentazione architettonica (1:100). La documentazione del patrimonio architettonico-culturale è generalmente attestata sulla scala 1:50, che è stata utilizzata in questo studio, principalmente per la rappresentazione delle caratteristiche dei fronti storici dell'edificio, assegnando ad essa un nuovo LOD che integra la sequenza individuata dall'OGC per il CityGML. Per realizzare l'implementazione complessiva è stato creato un modello architettonico al LOD più elevato e uno schema bidimensionale dei diversi LOD, sulla base dei quali sono stati derivati i modelli tridimensionali. Modelli complessivi del castello sono stati implementati ai LOD 1 e 2, mentre soltanto porzioni specifiche della fabbrica sono state modellate per testare il popolamento dei livelli di dettaglio superiori: un fronte della torre Sud-Est, incluso il tetto, è stato implementato al LOD3, mentre soltanto due livelli dello stesso fronte sono stati modellati al dettaglio richiesto dal LOD4.

Figura 2: differenti porzioni del complesso implementate nei diversi livelli di dettaglio.

L'implementazione dei LOD previsti dallo standard CityGML ha evidenziato come se da un lato è necessario prevedere perlomeno un livello di dettaglio più elevato per abbracciare anche l'ambito della documentazione metrica del patrimonio architettonico, la problematica più evidente, che si manifesta già ai LOD inferiori 3 e 4 è quella di una specializzazione semantica delle classi tematiche corrispondenti agli oggetti geometrici rappresentati che sia adeguata alle esigenze di documentazione di quest'ambito di applicazione. Le classi tematiche del modello CityGML, infatti, sono esaustive per quanto concerne la rappresentazione dei tematismi della cartografia urbana mentre non abbracciano l'ambito della rappresentazione più specificatamente architettonica. Ambito che peraltro è codificato da altri standard in uso nei sistemi CAD, solitamente utilizzati per la gestione di questo segmento. Tra questi lo standard IFC della *BuildingSMART*, basato sul linguaggio di modellazione *EXPRESS*, è uno dei principali strumenti nell'ambito del BIM (*Building Information Modeling*). Coerentemente con il diverso contesto culturale e le diverse finalità applicative dell'ambito in cui è nato, questo standard è basato su un approccio diverso dalla definizione semantica e geometrica degli oggetti rispetto all'approccio degli standard dell'OGC. La

rappresentazione geometrica orientata essenzialmente verso le superfici degli standard OGC riflette l'approccio alla documentazione dell'esistente che costituisce la base metrica dei sistemi GIS, mentre una rappresentazione che privilegi i solidi e i parametri di generazione degli stessi è tipica dell'ambito della progettazione architettonica e ingegneristica e delle costruzioni nel quale si sono sviluppati i sistemi CAD. Un integrazione tra questi due diversi approcci alla modellazione dei dati è auspicabile per una gestione efficacie delle trasformazioni in ambito urbano (Zlatanova, Isikdag, 2009) (El-Mekawy, Östman, 2011).

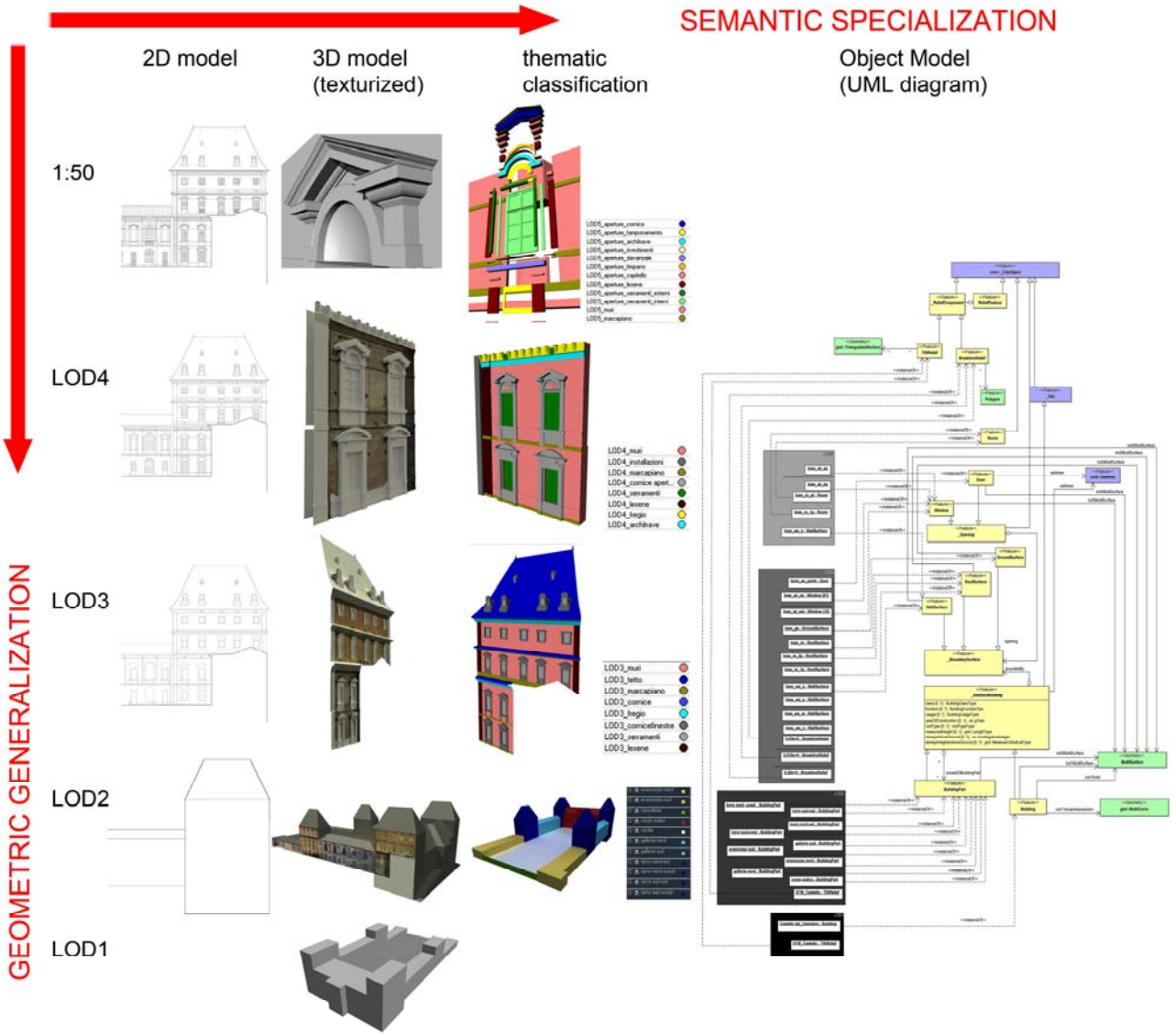

Figura 3: schema del processo di discretizzazione delle features geometriche e della loro specializzazione semantica.

Le differenti tipologie di supporti metrici, vettoriali e raster, che concorrono alla caratterizzazione delle caratteristiche superficiali degli oggetti sono state in un primo momento integrate nei modelli in ambiente CAD e successivamente implementati nel modello CityGML per mezzo delle apposite classi previste nel modulo *Appearance*. Questo modulo è orientato essenzialmente alla visualizzazione del dato raster associato a quello vettoriale e oltre che per la caratterizzazione dei materiali e delle condizioni di illuminazione può essere utilizzata per una rapida ed efficace documentazione degli effetti di un determinato fenomeno sui manufatti urbani. Gli effetti del degrado delle superfici murarie o un intervento che ne alteri le caratteristiche come un restauro delle facciate può essere registrato e visualizzato tramite questi strumenti. L'integrazione da parte del

modello CityGML degli strumenti CAD codificati dalle specifiche X3D consente di implementare automaticamente nel modello CityGML le caratteristiche precedentemente definite in ambito CAD (Costamagna, Spanò, 2012).

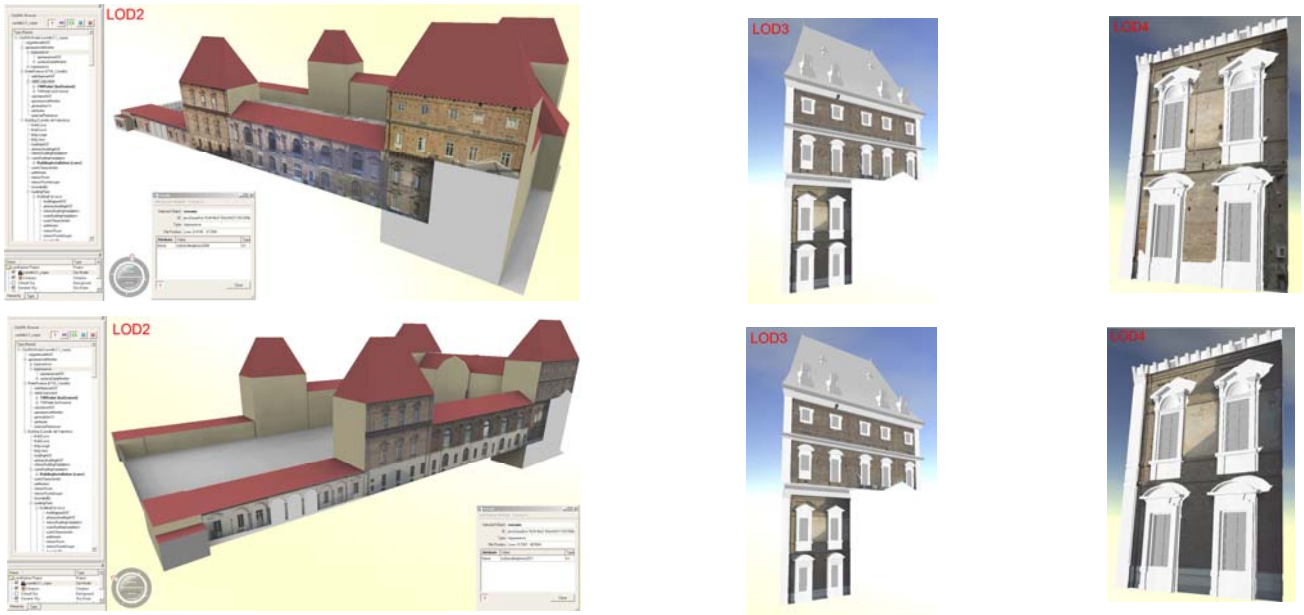

Figura 4: i due diversi temi del modulo Appearance implementati nei LOD2, 3 e 4: la situazione delle facciate prima del restauro (sopra) e dopo (sotto).

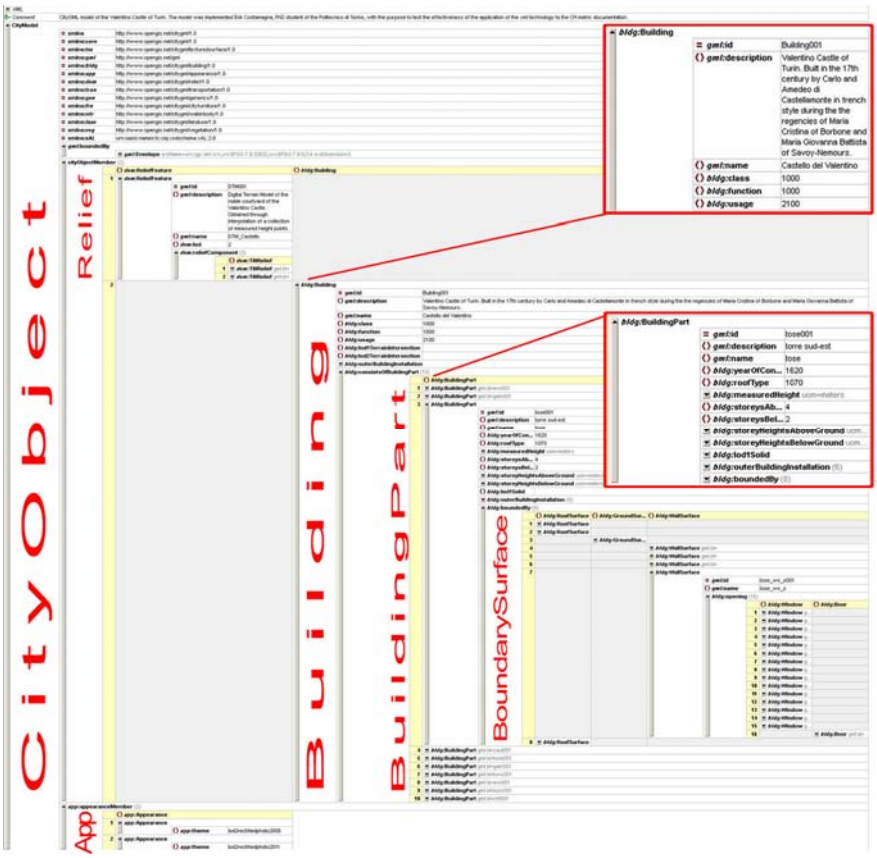

Figura 5: schema della struttura del modello semantico con le classi implementate del modulo Building e Appearance.

Riferimenti bibliografici

Apollonio, F.I., Gaiani, M., Manferdini, A.M. (2010), Modellazione semantica metodi a multirisoluzione, *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, cap. 8 Modellazione semantica metodi a multirisoluzione, pp. 234–267. Edizioni della Normale.

Costamagna E., (2012), GIS 3D: studio e applicazione alla documentazione metrica dei beni culturali, *Tesi di dottorato*, Politecnico di Torino.

Costamagna E., Spanò A., (2012), "Semantic models for architectural heritage documentation", *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7616, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg DE.

De Luca L., Véron P., Florenzano M., (2007), "A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements", *The Visual Computer* 23: 181⊥ -205

Spanò A., Guardini N. (2012), "A sustainable approach in 3d documentation for historical building restoration. Valentino castle buildingyard", *Atti del 5° Congresso Internazionale Science and technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, Vol. 1, 134-143.

van Oosterom P., Jansen E., Stoter J. (2005), "Bridging the worlds of CAD and GIS", Zlatanova S., Prosperi D., ed., *Large-scale 3D Data Integration: Challenges and Opportunities* 9-⊥ 36. Taylor&Francis - CRC Press, Boca Raton US-FL.

Zlatanova S., Stoter J. (2006), The role of DBMS in the new generation GIS architecture, Rana, S., Sharma, J., ed., *Frontiers of Geographic Information Technology*, 155-⊥ 180, Springer, Berlin Heidelberg DE.

Zlatanova S., Isikdag U. (2009), "Towards de fining a framework for automatic generation of buildings in CityGML using BIM", Zlatanova, S., Jiyeong, L., ed.: *3D Geoinformation Sciences. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 79⊥-96*. Springer -Verlag, Berlin Heidelberg DE