

Integrazione tra database comunale e regionale a varie scale e generazione di CityGML e 3D City Database

Giancarlo Carrai (*), Antonino Polistena (**), Giuseppe Tallarico (***)

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

(**) Comune di Firenze – Direzione Sistemi Informativi, via Reginaldo Giuliano 250, Firenze, 055 2624501, antonino.polistena@comune.fi.it.

(***) Comune di Firenze – Direzione Sistemi Informativi, via Reginaldo Giuliano 250, Firenze, 055 2624680, giuseppe.tallarico@comune.fi.it

Riassunto

L'articolo presenta una sperimentazione condotta nel Comune di Firenze di integrazione tra un database topografico a scala 1:2000 realizzato per la Regione Toscana e il database degli spazi pubblici a scala 1:500 realizzato per il Comune di Firenze. Sono state affrontate problematiche di integrazione di modelli dati, gestione di geometrie e topologie e dati LiDAR che hanno permesso di costruire un modello conforme allo standard CityGML contenente oggetti del territorio urbano su cui vengono posti in relazione informazioni contenute negli archivi e database comunali per la realizzazione di un sistema di supporto alla pianificazione e gestione urbanistica.

Abstract

This paper gives an overview of an experimentation carried out in the Municipality of Florence; the trial was to integrate a Spatial DataBase at the scale 1:2000 produced on behalf of Regione Toscana and a 1:500 scale Spatial Database of public spaces produced for the Municipality. The key points of the work have been the integration of two quite different and complex data models, the management of different geometric primitives and topologies, and some auxiliary data such as LiDAR to obtain a 3D Solid model compliant with CityGML Standard (LOD2); in this model each "object" has been related to specific and multi-purpose sets of information and external databases to Design a system to support decisions and planning needs of the Municipality.

Introduzione

La coincidenza temporale della realizzazione del DataBase degli Spazi Pubblici del Comune di Firenze tramite rilievo celerimetrico alla scala 1:500 e dell'aggiornamento del DataBase multiscala della Regione Toscana con metodo fotogrammetrico, entrambi realizzati dalla stessa società Svaltec di Firenze, ha permesso l'avvio di una sperimentazione di una serie di problematiche tecniche per l'integrazione dei dati e la realizzazione di un database tridimensionale per la conoscenza del patrimonio edilizio e ambientale del Comune di Firenze.

Premesso che il tessuto urbano di Firenze, in virtù del Piano Regolatore e dei nuovi strumenti urbanistici, non dovrebbe subire interventi strutturali e volumetrici consistenti e che pertanto, una volta consolidata la struttura di base tutti gli aggiornamenti saranno limitati e puntuali, l'obiettivo generale è la costituzione di un DataBase centralizzato di supporto a tutte le funzioni di conoscenza e pianificazione urbanistica, aggiornato continuamente attraverso tecniche collaborative non onerose, con un contenuto geometrico e semantico tale da permettere sia un utilizzo specialistico da parte degli uffici tecnici a scopo progettuale che divulgativo verso utenti esterni interessati al patrimonio culturale, economico e ambientale di Firenze.

Gli obiettivi specifici del presente lavoro sono stati da una parte la realizzazione di una serie di procedure che potessero, in automatico o con un minimo intervento manuale, integrare i dati dei

database di origine mantenendo un livello di conformità con le specifiche IntesaGis, la conversione sempre attraverso procedure automatiche direttamente dal DataBase IntesaGis ad un database CityGML senza passare da ambienti CAD o BIM mantenendo la struttura topologica anche nella realizzazione della componente 3D, e, dall'altra, concepire una reale integrazione tra le funzioni dei vari uffici comunali per l'utilizzo di una unica sorgente di informazioni.

L'integrazione tra il database comunale degli spazi pubblici e il database Regione Toscana

Il modello dati del DataBase del Comune di Firenze riprende in larga massima la struttura del database realizzato alla scala 1:500 per il Comune di Siena sempre da Svaltec e che a suo tempo fu premiato dall'Unesco come un progetto qualificato per la conservazione del patrimonio umanitario; di fatto è una estensione del modello IntesaGis strutturato in classi di oggetti di cui vengono fornite le componenti geometriche distintamente per la superficie di appoggio a terra, per la sua massima estensione planimetrica e dalle linee di contorno utilizzate successivamente per la vestizione cartografica. Il database di aggiornamento della Regione Toscana è invece strutturato in base ad un modello fisico costituito da classi astratte poste in relazione con classi di implementazione che sono a loro volta in relazione con poligoni e linee elementari mantenendo inoltre la conformità con le normative IntesaGis National Core dove ciascuna classe ha un'unica geometria associata. La realizzazione del DB Regionale ha reso necessario la strutturazione di un geo-database molto complesso dove coesistevano gli elementi del database originale, i livelli di aggiornamento o di ex-novo strutturati secondo le classi IntesaGis e di elementi e relazioni necessari per il modello regionale, il tutto implementando in modo rigoroso e controllato l'integrità referenziale per permettere la storicizzazione degli interventi di aggiornamento effettuati.

Dal punto di vista del contenuto dei due DB le differenze principali sono:

- geometrie più dettagliate nel caso del DB Comunale (numero di vertici per elemento lineare);
- migliore definizione tematica dell'attributo "sede" per le aree pubbliche a livello stradale;
- "vista" dell'elemento dal basso nel caso del DB Comunale e dall'alto nel caso del DB Regionale.

Mentre le principali "mancanze" sono: la delimitazione fisica degli edifici (nel DB Regionale l'edificio è definito fotogrammetricamente), alcuni particolari architettonici e le falde dei tetti.

Tuttavia la combinazione delle due sorgenti di dati permette di ricavare alcuni attributi di tipo geometrico che diversamente sarebbero mancanti; per esempio viene meglio definita la quota di intradosso dei soffitti di portico, aggetti e in genere di tutte le superfici 3D che non hanno quota al suolo. Inoltre alcune misure possono essere calcolate confrontando la quota di un DB rispetto all'altro come nel caso di colonne di sostegno di tettoie o pensiline la cui quota a terra è ricavata dal DB comunale e la quota di estrusione coincide con la quota in gronda della tettoia nel DB Regionale.

In un ottica di utilizzo dei dati 3D per la gestione comunale è stato inoltre utile utilizzare i molti punti quota realizzati nel DB Comunale per la costruzione dei piani di superfici tra loro contigui come il piano del manufatto di marciapiede e del piano stradale, così come la costruzione a posteriore del Terrain Intersection Curve (TIC) del piede delle unità volumetriche rispetto al terreno.

Dal punto di vista di accuratezza posizionale non si sono evidenziati particolari problemi in quanto entrambi i rilevamenti sono stati inquadrati nello stesso sistema di riferimento (ETRF89).

Per integrare, almeno nella zona campione oggetto della sperimentazione, gli elementi essenziali per lo sviluppo delle geometrie 3D e anche allo scopo di verificare ulteriormente i dati del DB Regionale, è stato impiegato il rilievo LiDAR messo a disposizione dal Comune; con procedure semiautomatiche sono stati ricavati i punti delle falde dei tetti e i punti giacenti sui piani stradali. In questo caso è stata notata una differenza di quota sistematica che è stata corretta utilizzando punti noti sia del rilievo celerimetrico che della Triangolazione Aerea e pertanto i dati sono stati resi plano-altimetricamente congruenti. Altro problema affrontato e risolto in modo semi-automatico è

stato la planarizzazione dei perimetri degli edifici; il rilievo celerimetrico alla scala 1:500 ha definito la spezzata del perimetro dell'edificio con una quantità di vertici molto superiore rispetto al metodo fotogrammetrico, che in ogni caso è sovrabbondante rispetto alla logica dei solidi 3D ad elementi finiti della modellazione BIM/CAD del CityGML. Quest'ultimo aspetto richiede una maggiore riflessione in sede di prescrizioni qualora la finalità sia quella di fornire poi i dati del DB Comunale nel formato CityGML in quanto per ciascuna coppia di vertici a terra dell'edificio si genera una faccia verticale del modello CiTYGML, che se pur possibile da calcolarsi, appesantisce in modo notevole sia le dimensioni del file di scambio sia la problematica della testurizzazione se non vengono utilizzati strumenti software specifici.

CityGML

La visualizzazione in 3D non rappresenta certo una novità anche se ad oggi viene vista come una

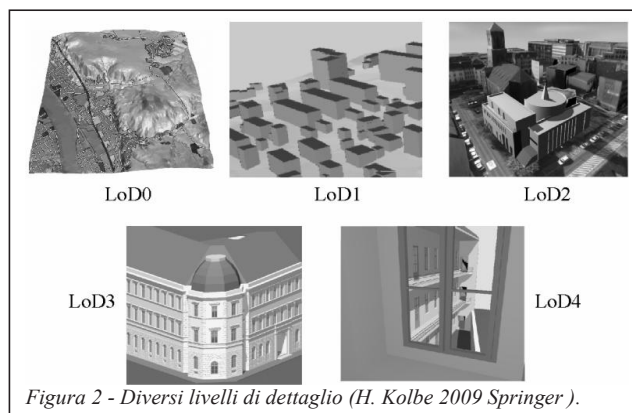


Figura 2 - Diversi livelli di dettaglio (H. Kolbe 2009 Springer).

rappresentazione virtuale di tipo scenografico con scarse applicazioni pratiche. In realtà per molte applicazioni sarebbe invece necessario avere un modello 3D semantico che comprenda non solo la rappresentazione visuale/grafica di una geometria, ma anche una struttura ontologica che includa classi tematiche, attributi e relazioni in modo da approssimarsi al massimo alla realtà come interpretata dalla mente umana. Dal punto di vista realizzativo e quindi dei costi, un modello semantico di una città ha senso solo se può essere utilizzato da

differenti utenti e per molteplici applicazioni e quindi necessita di una struttura standard e di una reale interoperabilità che solo gli ambienti OpenSource possono ad oggi consentire. L'obiettivo è quindi quello di raggiungere una definizione e comprensione degli oggetti, degli attributi e delle relazioni di un modello 3D della città; CityGML è lo standard internazionale per rappresentare e scambiare modelli semantici 3D basato sulla famiglia degli standard ISO19100 e la sua implementazione attraverso il linguaggio OGC Geographic Markup Language (GML 3.1.1). All'interno dello standard si configurano 5 livelli di dettaglio, indipendenti dalla scala, (fig.1) con livelli gerarchici di classi descritti da modelli UML come illustrato in Fig.2. Lo standard contiene varie geometrie /Solidi e Multisurface) e conserva (e anzi in certi casi rafforza) concetti topologici (ISO 19107) che sono propri del modello dati del DB Regione Toscana con archi che vengono "condivisi" per definire più oggetti (ad esempio le pareti delle unità volumetriche). Inoltre con CityGML è possibile gestire l'"appearance" che non è una semplice testurizzazione con immagini o materiali delle superfici, ma può essere invece uno o più temi arbitrari definiti dall'osservatore, visualizzabili in modo dinamico.

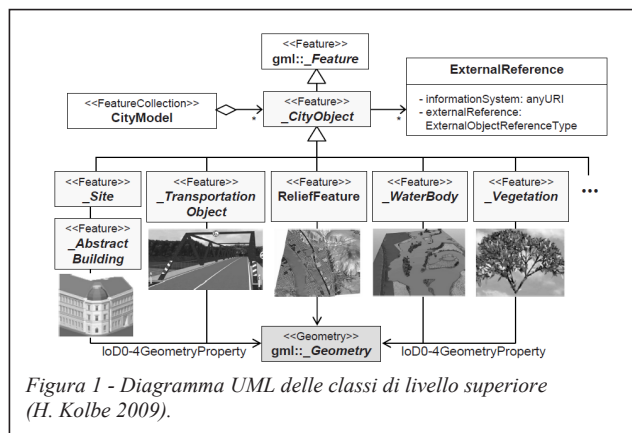


Figura 1 - Diagramma UML delle classi di livello superiore (H. Kolbe 2009).

vari progetti (<http://www.geonovum.nl/>, <http://www.3dpilot.nl/>) hanno dimostrato che fino al livello LOD2 si può

raggiungere una completa automazione dei processi di generazione del file GML3, mentre dal LOD3 in poi occorre un crescente intervento manuale con strumenti software specializzati e può essere giustificato da interventi puntuali di tipo architettonico.

Per lo più gli strumenti per la costruzione del CityGML sono tutti di derivazione CAD (i.e. Google Sketchup) o utilizzano tecniche *Building Information Modeling* (BIM) che sono sviluppati specificatamente per la progettazione di un edificio. Nel nostro caso la sperimentazione ha riguardato lo sviluppo di un software di trasformazione automatica di una grande quantità di oggetti, convertendo direttamente da un DB strutturato come da IntesaGis le informazioni geometriche e gli attributi in un formato CityGML standard e da questo in un DataBase Postgresql per un utilizzo in ambiente OpenSource. Nella elaborazione sono stati previsti dei moduli per la riduzione del numero di vertici lungo le pareti perimetrali delle unità volumetriche (pur mantenendo la congruenza con il rilievo di maggior precisione) e in genere di tutte quelle linee ad andamento rettilineo che presentavano vertici derivati dalla costruzione a fil di ferro del rilievo celerimetrico. La complessità del centro storico di Firenze dove il tessuto rinascimentale presenta un'architettura molto articolata e composta da piccole superfici verticali ha richiesto uno sforzo notevole nella realizzazione delle "MultiSurface" specie considerato che nel modello DB Regione Toscana non

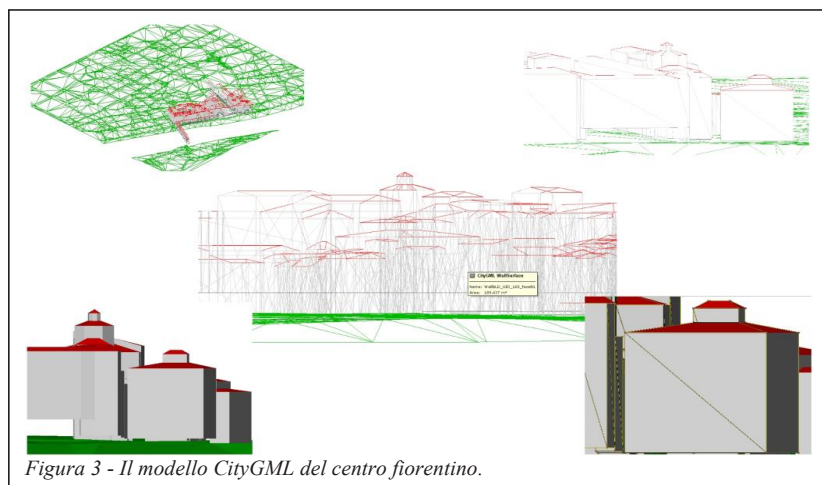


Figura 3 - Il modello CityGML del centro fiorentino.

erano presenti le falde dei tetti; la difficoltà è stata quindi quella di utilizzare il poligono a terra dell'unità volumetrica, sovrapporre le falde, calcolare i colmi tetto, determinare le superfici triangolari verticali che meglio approssimano l'andamento delle pareti verticali degli edifici fiorentini (Figura 3).

Se da una parte queste modellazioni sono il prodotto di un lavoro specialistico, dall'altra parte negli ultimi anni si sta sempre maggiormente diffondendo il concetto di "*Volunteered Geographic Information*" (VGI) che sottende ad una forma collaborativa di raccolta di informazioni geografiche (Goodchild, 2007), spesso a livello hobbistico, basata su strumenti diventati di larga diffusione come GPS, fotocamere geolocalizzate, diffuse nella comunità Web 2.0 specialmente in centri urbani con un continuo afflusso di turisti o dove, come nel caso di Firenze, è forte la consapevolezza e il senso di conservazione da parte del cittadino del valore culturale del patrimonio a disposizione. Ciò non deve sembrare come un percorso futuribile come sta a dimostrare la crescita negli ultimi anni di quello che forse rappresenta l'esempio più conosciuto di VGI *community* ovvero OpenStreetMap, che iniziato come una mappa gratuita dei percorsi stradali, ad oggi con oltre un miliardo di *geo-tagged points* contiene anche dati semantici come la condizione della superficie stradale, limiti di velocità ed altri dati forniti in modo collaborativo dalla tribù degli utenti della rete.

Nel prototipo si è voluto testare anche questo aspetto utilizzando immagini catturate con normali fotocamere digitali dotate di GPS e attribuite come *appearance* ad alcuni edifici significativi, mentre in altre zone del campione sono state utilizzate tecniche più classiche di testurizzazione del suolo con immagini di foto aeree.



Figura 4 - LOD2 con appearance visualizzato con LandXplorer (freeware).

Oltre a quanto verrà descritto più avanti in merito alle problematiche di gestione comunale, vale la pena sottolineare i risultati molto incoraggianti di alcuni studi condotti di recente e basati sulla modellazione City GML sfruttando nel primo caso la costruzione topologica di cui abbiamo accennato precedentemente e nel secondo caso l'utilizzo dei dati di

dettaglio del rilievo celerimetrico che forniscono quote di precisione adeguata per una modellazione idraulica in ambito urbano.

Il primo caso si riferisce allo studio per la previsione di richiesta energetica per il riscaldamento degli edifici in ambito urbano che tra l'altro ha visto coinvolta una città italiana del Piemonte; il modello CityGML permette di distinguere le pareti "interne" di edifici, ovvero in adiacenza tra due unità volumetriche e l'orientamento di tutte le pareti e i tetti degli edifici oltre ai valori di superficie, volumi e altri dati che normalmente sono inseriti negli algoritmi di calcolo. Il calcolo del bilancio energetico di un edificio multifamiliare (secondo la direttiva tedesca) tiene in considerazione, per sommi capi, le perdite termiche sia delle finestre che delle pareti esterne e il guadagno ottenuto dal riscaldamento e dall'irradiazione solare. Lo studio ha dimostrato che l'utilizzo di corrette e precise informazioni derivate da modello 3D hanno portato ad accrescere l'accuratezza del calcolo di un valore tra il 10 e il 20% che, rapportato al fabbisogno energetico di una intera città, può far comprendere quanto questi strumenti ripaghino col loro utilizzo gli investimenti fatti.

Il secondo esempio è l'applicazione HydroCity sviluppata sul concetto che in 3DCityGML le superfici vengono modellate con le reali quote superando i limiti della topologia tridimensionale con un notevole miglioramento della qualità di informazione anche rispetto a qualsiasi TIN disponibile. Ciò permette di prevedere diverse situazioni di allagamento a seguito delle condizioni climatiche e della densità di pioggia con un notevole impatto nella gestione delle emergenze, della protezione civile e infine del traffico urbano. Questi esempi dimostrano come la platea degli utenti possa essere molto eterogenea e con finalità e specificità molto differenti e quindi per costruire un servizio di raccolta, manutenzione e distribuzione anche con strumenti Web del dato è necessario gestire i dati attraverso un DataBase spaziale *opensource*; esistono già risorse disponibili nel mondo *open* di strumenti sviluppati e facilmente personalizzabili per esigenze specifiche. Per il campione è stato utilizzato 3D City Database sviluppato inizialmente dal Gruppo di Ricerca Geoinformatica dall'Università di Postdam e dall'Istituto di Geodesia e Scienze Geoinformatiche dell'Università di Berlino. Il software, completamente *open*, fornisce strumenti di validazione del formato GML e funzioni di import/export in PostGis tra cui il formato kml per le App di Google.

Applicazioni in ambito comunale a seguito dell'integrazione delle varie banche dati con il modello 3D

La possibilità di agganciare ad un dato cartografico, pur di dettaglio quale è la restituzione del territorio mediante rilievo celerimetrico in scala 1:500, ulteriori informazioni che consentano di ottenere la rappresentazione volumetrica degli edifici, e dunque dell'intero patrimonio edilizio, presenta di per sé indubbi vantaggi in termini di "conoscenza". Tra le implicazioni che questa integrazione tra banche dati a diverse scale apporta alla quotidianità del lavoro di tutti gli uffici tecnici delle pubbliche Amministrazioni, vi è la notevole semplificazione dei, fino ad ora complessi,

processi di conoscenza/controllo/gestione del territorio. Un modello di rappresentazione del territorio di tale natura, oltre all'evidente "incremento quanti/qualitativo dell'informazione", messo a disposizione degli operatori, permette ad ogni Amministrazione di ottimizzare/razionalizzare ogni fase del flusso di lavoro connessa all'istruttoria e alla produzione di qualsiasi provvedimento emesso nello svolgimento dell'attività amministrativa.

Operando con l'ausilio di un tale strumento è possibile ottenere due risultati concreti:

- 1) delle "economie di scala", attraverso una significativa riduzione dei tempi e dei costi legati ad ogni procedimento;
- 2) delle notevoli semplificazioni nell'iter progettuale di un qualsiasi intervento pubblico sia che riguardi la sua gestione che la sua pianificazione e alle varie scale: urbana (intera città); di quartiere (parte di essa); unità immobiliare (singolo edificio).

Casi concreti di semplificazione dell'attività tecnica/amministrativa- Progettazione a scala urbana

La redazione di atti di governo del territorio e/o di strumenti di pianificazione richiedono, per loro natura, l'elaborazione di una mole enorme di dati che, quasi sempre per la loro acquisizione, impegnano per mesi/anni ingenti risorse sia in termini umani che finanziari.

Disporre di un modello in 3D della città e della possibilità di interrogare ed estrarre tutta la mole di dati in possesso delle Amministrazioni, da remoto, ovvero senza sopralluoghi e verifiche in situ, permette di concludere rapidamente tutta la fase preliminare, obbligatoria, per la stesura del quadro conoscitivo propedeutico ad ogni ulteriore elaborazione/redazione degli atti/strumenti di pianificazione. Operazioni quali il computo di superfici e di volumi ottenute con l'ausilio di software in grado di integrare e processare diverse banche dati ed agganciarle ad un modello 3D dell'intera città, diventerebbero semplici procedure automatizzate di calcolo e soprattutto fornirebbero risultati con un grado di attendibilità elevatissimo.

Gestione e pianificazione di interventi legati alla prevenzione dei rischi e delle fragilità di natura ambientale, alle elaborazioni di piani acustici ed energetici

Per la prevenzione dei rischi e delle fragilità di natura ambientale i Comuni recepiscono e fanno proprie tutte le misure previste dai piani sovraordinati messi a punto dalle Amministrazioni competenti alla tutela dei vincoli. E' possibile, disponendo di un ambiente software che fornisce un modello in 3D della città, simulare una esondazione di un fiume per avere immediatamente traccia delle altezze che la lama d'acqua raggiunge sulle facciate degli edifici. Ma il vero salto qualitativo, che un tale modello di studio può restituire, lo si ottiene allorché, alla stereometria del modello in 3D e ai dati altimetrici dei battenti di esondazione, si aggiungono agganciando, da altre banche dati a disposizione dell'Ente, le "destinazioni d'uso degli edifici" che informano, ad esempio, sulla presenza o meno di persone ai piani terra in relazione alle attività che in tali ambienti quotidianamente vi si svolgono. Sempre l'aggancio con la banca dati delle destinazioni d'uso degli immobili, può consentire di mettere a punto un piano di mitigazione acustica, per il superamento dei limiti di legge, permettendo di individuare, con estrema precisione, le facciate degli edifici da proteggere in relazione alle funzioni e alle utenze che occupano gli immobili ricadenti in zone interessate da valori di decibel fuori norma (es.: asili nido, scuole, ospedali, ecc.) . Di immediata comprensione risulta poi, ai fini della redazione di un piano di risparmio energetico comunale, l'enorme potenzialità e la sinergia che si può ottenere tra un modello che fornisca la rappresentazione dell'ambiente urbano in 3D, il più fedele possibile alla realtà fisica, e una banca dati che aggiunga, a tale modello, informazioni sulla natura e composizione dei materiali da costruzione.

Istruttorie dei progetti/pratiche edilizie e controllo del territorio

Tanta parte della corretta gestione e governo del territorio comunale, incomincia già nella fase di istruttoria delle pratiche per l'ottenimento dei permessi a costruire. E' del tutto evidente che

disporre di un ambiente software che rappresenti in 3D un immobile e il suo contesto, con integrate le banche dati relative alle pratiche edilizie, precedentemente presentate per l'immobile in oggetto, porti ad una immediata comprensione della natura dell'intervento da realizzare e alla conseguente riduzione dei tempi per il rilascio dei permessi richiesti. Sotto l'aspetto del controllo del fenomeno dell'abusivismo edilizio poi, basta filtrare gli archivi delle pratiche edilizie con le sole richieste di aumento delle superfici utili e/o dei volumi ed agganciarli al modello in 3D per procedere ad una immediata visualizzazione delle parti del territorio più soggette a trasformazioni e condividere in tempo reale tali informazioni con i preposti al controllo dei cantieri.

Conclusioni

La sperimentazione, fin qui portata avanti a scopo di ricerca, ha permesso di verificare la fattibilità di un progetto (l'integrazione di banche dati a varie scale e prodotto con metodologie differenti seppur complementari) e di un suo possibile sviluppo (la conversione di attributi e geometrie in realtà virtuale) dai cui esiti potrebbe dipendere la realizzazione di un più efficiente e efficace strumento di supporto alla conoscenza e pianificazione del territorio urbano. La sperimentazione è stata pensata per la favorevole congiuntura della quasi contemporanea realizzazione delle banche dati comunale e regionale che rende il database realizzato praticamente attuale e di facile manutenzione e dalla considerazione che molti investimenti europei hanno come scopo l'innovazione nell'uso di grandi quantità di dati territoriali per la realizzazione di servizi intelligenti (smart cities) e la crescita qualitativa e informatica della pubblica amministrazione; l'obiettivo è stato quindi quello di stimolare a sviluppare idee e progetti finanziabili dalla Unione Europea nell'ambito di Horizon 2020.

Bibliografia

- Goodchild, M.F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Kolbe, H. (2009) Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. 3D Geo-Informatio Sciences LNG&C Part I (pp 15-31). Heidelberg:Springer