

GENERAZIONE DI MODELLI URBANI 3D PER GIS E VISUALIZZAZIONI IN REAL-TIME

Daniela POLI (*)

(*) CyberCity AG, In der Luberzen 3, 8092 Urdorf, Svizzera, tel. +41 44 7770997, fax +41 44 7770911

Riassunto

Sempre piu' spesso gli utilizzatori di SIG richiedono rappresentazioni 3D degli ambienti urbani, da combinare ai dati cartografici 2D o 2.5D gia' esistenti. Con il software CyberCity-Modeler, CyberCity propone un approccio fotogrammetrico di tipo semiautomatico per la generazione di modelli di citta' 3D a partire da immagini aeree, satellitari o scansioni laser da aereo (LIDAR), garantendo la qualita' del risultato e la possibilita' di processare grandi quantita' di dati in un tempo ristretto. Il livello di dettaglio geometrico ottenibile dipende dalla risoluzione dei dati in ingresso: da semplici blocchi, alle strutture principali dei tetti fino alle sovrastrutture sui tetti. Per aumentare il realismo degli oggetti, oltre alla tessitura automatica dei tetti, e' possibile aggiungere la tessitura delle facciate con immagini disponibili in libreria, con immagini aeree, possibilmente oblique o con immagini terrestri.

In questo articolo viene descritto l'approccio fotogrammetrico utilizzato da CyberCity. Come esempio, si riporta il modello 3D di Firenze, realizzato a partire da immagini aeree digitali con risoluzione al suolo di 20cm. Infine vengono presentati alcuni esempi di utilizzo di modelli urbani 3D in sistemi informativi territoriali.

Abstract

Today more and more GIS users demand 3D representations of urban environment, to create a more realistic 3D GIS, in combination with 2D and 2.5D cartographic data. With the proprietary software CyberCity-Modeler, CyberCity proposes a semi-automatic approach for the generation of 3D city models from aerial, satellite stereoimages or airborne laser scanners (LIDAR). The level of geometric detail depends on the resolution of the input data: from simple blocks, to the main structures of the roofs until roofs superstructures. In order to increase the realism of the objects, beyond to the automatic texture of the roofs, it is possible to add the façade texturing from aerial, possibly oblique, images or from terrestrial pictures. In this article the photogrammetric approach used at CyberCity is presented. As an example, the model 3D of Florence, realized from digital aerial images with ground resolution of 20cm, is shown. Finally some examples of the use of 3D city models in geographic information systems is presented.

Introduzione

L'esigenza di avere a disposizione dei mezzi sempre piu' avanzati per la rappresentazione del territorio ha portato allo sviluppo e alla rapida diffusione di tecniche per la modellazione in tre dimensioni di ambienti urbani a partire da immagini o scansioni laser.

In applicazioni con sistemi informativi territoriali, la rappresentazione in 3D permette agli utenti SIG di analizzare il territorio, pianificare urbane, visualizzare progetti urbanistici e simulare interventi di protezione civile, disastri o altri fenomeni in modo molto piu' realistico. Inoltre il calcolo di parametri geometrici come volumi, superfici o inclinazione dei tetti offre

ulteriori strumenti per un'analisi quantitativa. Altri campi di applicazione di modelli di città 3D sono ad es. la navigazione satellitare, la comunicazione mobile, l'architettura e l'ingegneria civile, il turismo, la gestione di aree industriali, i videogiochi, etc.

Per molte applicazioni in geomatica e' altresì richiesto che i modelli 3D rispondano a determinati requisiti di precisione, ma che contemporaneamente i tempi di produzione e i costi siano ottimizzati. Un'altra caratteristica e' che i modelli siano *reality-based*, ovvero ottenuti a partire da immagini o scansioni acquisite sull'oggetto stesso, possibilmente gli stessi dati utilizzati per l'estrazione di prodotti cartografici come le ortofoto o i modelli digitali del terreno. Per rispondere a queste esigenze, il software CyberCity-Modeler (CCM) di CyberCity utilizza un approccio di tipo semi-automatico per la generazione di modelli di edifici 3D a partire da immagini aeree o satellitari o da acquisizioni Lidar.

Procedimento per la Generazione dei modelli 3D con CCMTM

CCM e' software composto da diversi moduli per il processamento fotogrammetrico standard delle immagini aeree (triangolazione aerea, generazione di modelli digitali del terreno e ortofoto) ed in particolare per l'estrazione, l'*editing* e la tessitura dei modelli 3D degli edifici, a partire dalle immagini stesse. Oltre alle immagini aeree, e' possibile utilizzare coppie di immagini satellitari ad alta risoluzione o scansioni laser da aereo (Figura 1).

Le operazioni incluse nella generazione dei modelli urbani 3D, dal processamento dei dati grezzi (triangolazione aerea, misura del modello digitale del terreno, generazione di ortofoto) fino alla tessitura finale sono svolte in moduli specifici di CCM (Figura 2).

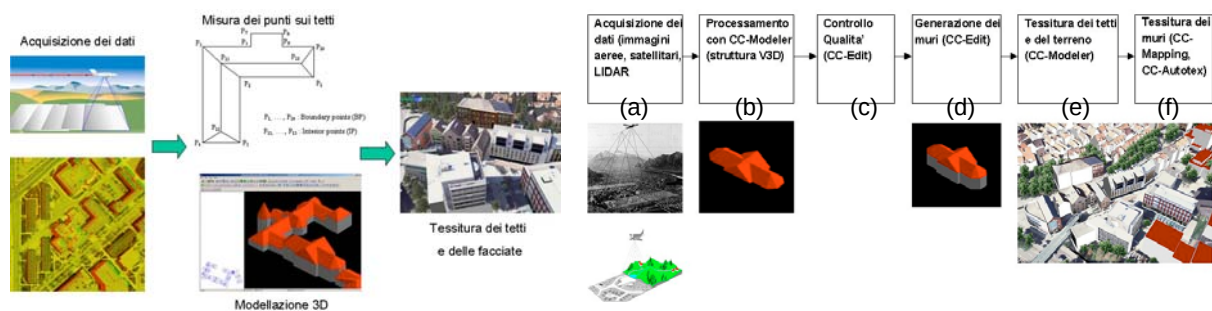


Figura 1. Panoramica delle operazioni per la generazione di modelli 3D di città'. Figura 2. Fasi della generazione di modelli urbani 3D.

La generazione dei modelli 3D inizia con il preprocessamento dei dati (Figura 2a). Nel caso di immagini aeree o satellitari e' necessario orientare le immagini e generare il modello digitale del terreno. Nel caso di dati Laser, viene effettuato un filtraggio. Queste operazioni possono essere effettuate in CC-VisualStar di CCM o in una qualunque altra stazione fotogrammetrica. La fase successiva e' l'acquisizione dei dati 3D, ovvero la selezione di alcuni punti sui tetti, secondo regole predefinite. Nel caso di riprese aeree o satellitari, la misura e' effettuata stereoscopicamente, in 3D. Il sistema di decodifica degli edifici in CCM permette di minimizzare i tempi, poiche' vengono misurati solamente punti in posizioni predefinite (Figura 3). In questo modo basta un numero limitato di punti per definire la struttura di un tetto, anche la piu' complessa.

La nuvola di punti 3D viene trasformata in superficie. Il risultato e' il modello 3D dei tetti (Figura 2b). La successiva fase e' il controllo e il miglioramento della qualita' geometrica (Figura 2c): vengono corrette le misure 3D erranee, imposizione del parallelismo o perpendicolarita' tra superfici (Figura 4), controllo dell'assenza di buchi o sovrapposizioni inconsistenti (Figura 4), inclusione di dati catastali per generazione automatica di gronde (Figura 5). Una volta terminato il controllo, combinando con il modello digitale del terreno, si ottengono i muri verticali ed il modello e' completo (Figura 2d).

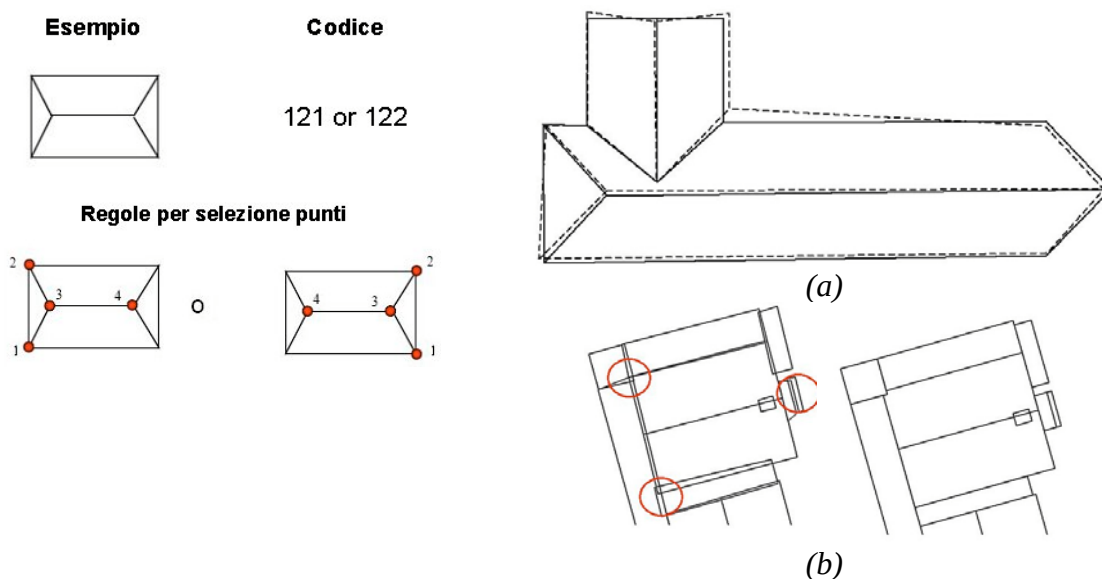


Figura 3. Misura dei vertici 3D sui tetti con speciale codifica.

Figura 4. Controllo della geometria: (a) correzioni di misure 3D erranee, imposizione del parallelismo e ortogonalita' tra superfici; (b) rimozioni automatica di buchi e sovrapposizioni inconsistenti.

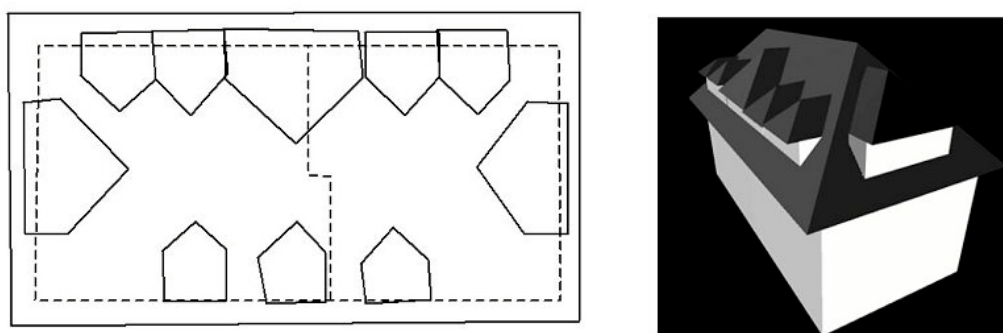


Figura 5. Miglioramento della geometria: introduzione dei dati catastali per generazione automatica delle gronde.

La tessitura dei tetti e' realizzata automaticamente dalle immagini aeree (o ortofoto, nel caso di dati Lidar), usando l'orientamento delle immagini (Figura 2e). Infine la tessitura delle facciate (Figura 2f) viene eseguita con tre metodi distinti, come mostrato in Figura 6, utilizzando immagini aeree oblique, fotografie terrestri o da una libreria.

In Figura 7 sono indicati i diversi livelli di dettaglio che possono essere ottenuti a seconda della risoluzione geometrica dei dati in ingresso. Nel caso particolare in cui siano disponibili con le impronte degli edifici sul terreno, si possono modellare anche le gronde dei tetti.

Un aspetto molto importante di ogni dato topografico e' la possibilita' di essere aggiornato in modo semplice e rapido. Nel modulo CC-Visualstar e' possibile importare contemporaneamente il modello di citta' 3D esistente e le nuove immagini aeree (Figura 8). Ciò significa che il vecchio modello 3D della città è sovrapposto alle nuove immagini per identificare in modo immediato ogni differenza, cancellare oggetti che non esistono più e misurare eventuali nuovi edifici. La fase di editing e' svolta come precedentemente descritto. Per maggiori dettagli sul software, si consiglia (Ulm, 2003).

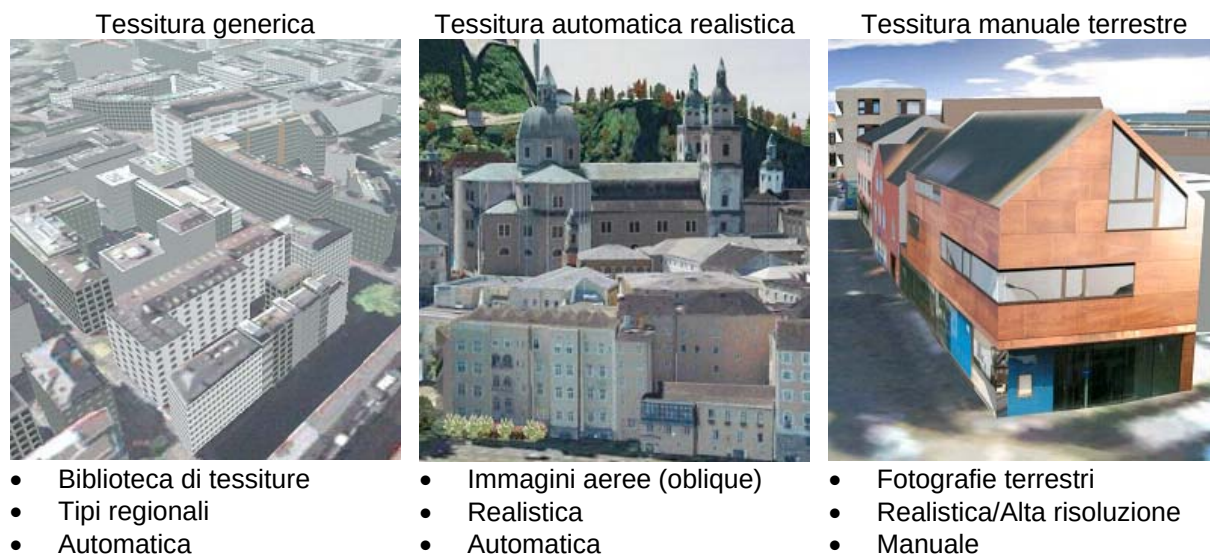


Figura 6. Metodi per la tessitura delle facciate.

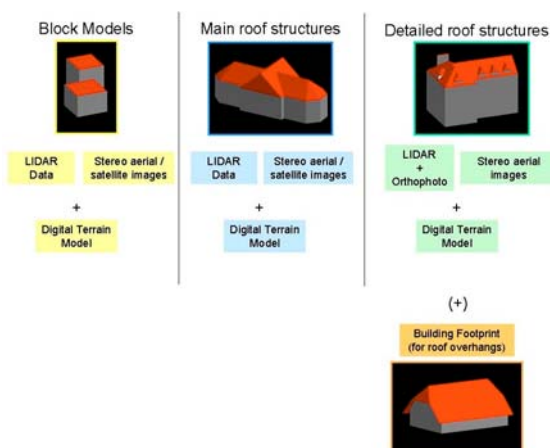


Figura 7. Livelli di dettaglio geometrico per edifici 3D e corrispondenti dati di input.

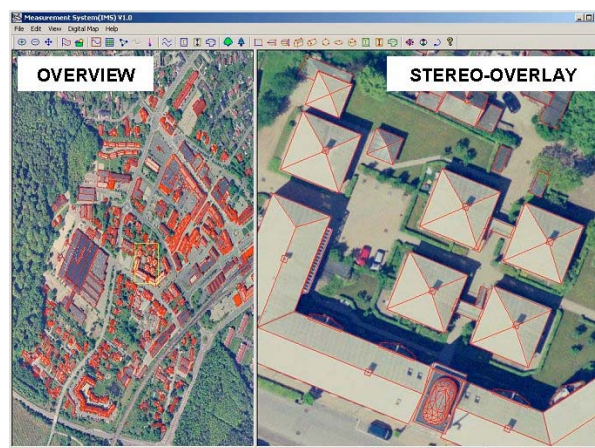


Figura 8. Aggiornamento dei vettori 3D in CC-Visualstar.

Esempio: Firenze 3D

Il modello 3D di Firenze e' uno degli ultimi progetti realizzato da CyberCity. Esso e' stato generato a partire da immagini digitali di proprieta' di Telespazio S.p.A., acquisite dalla camera digitale a medio formato DigiCAM (DigiCAM, 2006). Le immagini, con copertura 60% - 40%, hanno una risoluzione al suolo di 20cm. A partire da punti di controllo forniti da Telespazio SpA, e' stata effettuata la triangolazione aerea e sono stati generati il modello digitale del terreno e le ortofoto.

Il modello 3D della citta' e' stato realizzato con CCM. E' stata selezionata una zona di circa 3 kmq di superficie, in corrispondenza del centro storico, dove gli edifici sono stati modellati nel dettaglio. Il modello finale presenta un'elevata densita' degli edifici (fino a 2'000 edifici / kmq) ed un elevato dettaglio geometrico, come si puo' vedere in Figura 9. La tessitura dei tetti e' stata aggiunta in modo automatico usando le immagini aeree (Figura 10). L'accuratezza geometrica dei tetti degli edifici e' stimata intorno ai 50 cm in altezza.

Nella zona intorno al centro storico, di estensione pari a circa 27 kmq, gli edifici sono stati modellati come semplici parallelepipedi.



Figura 9. Firenze 3D. Vista del modello 3D senza tessitura sul Duomo. Visualizzazione in CCM™.

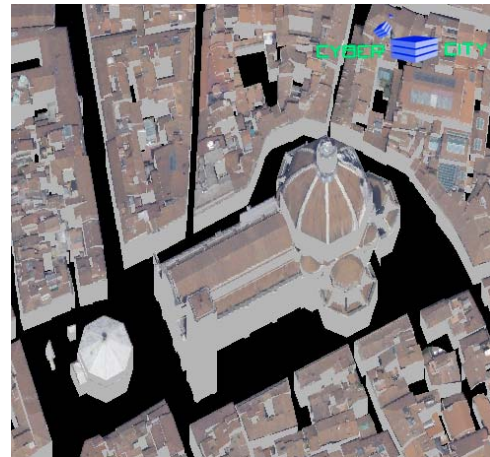


Figura 10. Firenze 3D. Vista del modello 3D con tessitura dei tetti sul Duomo. Visualizzazione in CCM™.

Utilizzo dei modelli di città' 3D

Per lavorare in ambiente GIS, i modelli 3D vengono esportati in formato ShapeFile o DXF (senza tessitura) o in formato MultiPatch (con tessitura). Le proprietà geometriche degli edifici vengono calcolate in CCM ed esportate come attributi geometrici. I modelli 3D degli edifici possono essere gestiti in database usando, ad esempio, ArcSDE (ESRI), ed utilizzati per ulteriori analisi in ArcGIS (ESRI). Gli oggetti 3D vengono salvati come strutture topografiche compatibili con gli altri oggetti presenti nel database. E' possibile selezionare i modelli 3D per attributo o per locazione ed effettuare delle *query*.

I modelli 3D delle città', soprattutto se con tessitura, sono di notevole impatto visivo. Essi vengono utilizzati nel settore del turismo per creare dei sistemi informativi turistici (Schulze-Horsel, 2006) con punti di interesse indicati da etichette e links a documenti esterni, e per generare prodotti mediali quali video o viste panoramiche. Per navigare interattivamente e visualizzare in tempo reale in modo veloce ed efficiente e' consigliabile utilizzare opportuni software di visualizzazione che permettano di importare formati quali, ad es. OpenFlight, in cui si definiscono diversi livelli di dettaglio sia nella geometria che nella tessitura dei modelli 3D, a seconda della distanza dell'osservatore (Figura 12).

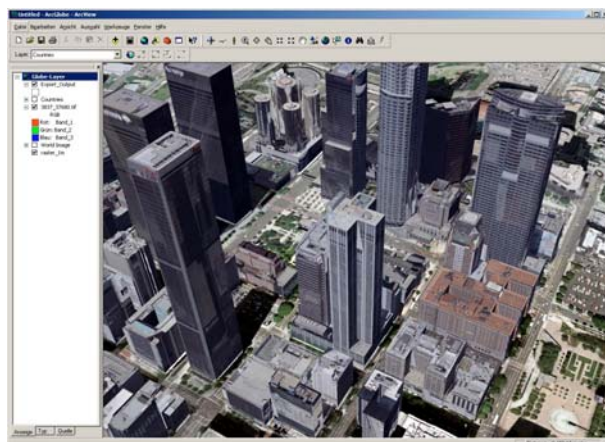


Figura 11. Modello 3D di Los Angeles Downtown in ESRI ArcGlobe.

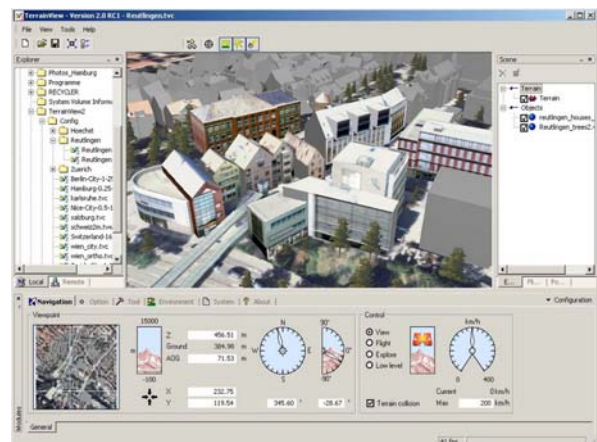


Figura 12. Modello 3D di Reutlingen (Germania) importato nel software TerrainView (<http://www.viewtec.ch>) per visualizzazioni in tempo reale.

Un'ulteriore applicazione dei modelli 3D delle città è la generazione di ortofoto vere (*true-orthophoto*). Un'ortofoto vera è ottenuta rettificando le immagini aeree rispetto non solo al modello digitale del terreno, come una normale ortofoto, ma anche rispetto ai modelli 3D degli edifici. La differenza tra ortofoto e ortofoto vera è notevole, soprattutto per edifici elevati (Figura 13). Una volta prodotti i modelli 3D degli edifici, l'ortofoto vera è generata automaticamente in CCM.



Figura 13. Differenza tra ortofoto (sinistra) e ortofoto vera (destra).

Conclusioni

In questo articolo è stata presentata la generazione di modelli di città 3D per sistemi informativi territoriali, usando l'approccio fotogrammetrico semi-automatico implementato nel software CyberCity-Modeler™ (CCM™) della ditta CyberCity AG. Tale approccio permette di ottimizzare i costi e i tempi di produzione, soprattutto nel caso di grandi complessi urbani, garantendo accuratezza nel risultato finale. Come esempio, è riportato il modello 3D di Firenze. A partire da immagini digitali con risoluzione 20cm di proprietà di Telespazio S.p.A., sono stati modellati circa 3 kmq del centro storico cittadino con elevato dettaglio geometrico ed una precisione altimetrica del modello finale di circa 50cm. I modelli 3D sono disponibili in diversi formati per i software di gestione dei sistemi informativi territoriali o per software di visualizzazioni.

Nei sistemi informativi territoriali gli oggetti 3D permettono di rappresentare gli ambienti urbani in modo molto più realistico rispetto alla cartografia 2D tradizionale (o 2.5D con il modello digitale del terreno), di effettuare misure e calcoli geometrici in 3 dimensioni ed in generale di realizzare simulazioni, visualizzare progetti urbanistici o gestire il territorio in modo più efficiente e di più semplice comprensione.

Bibliografia

DigiCAM, (2006). <http://www.igi-systems.com/products/digicam.htm> (visitato a Settembre 2006)

Schulze-Horsel M. (2006). Web based interactive visualization of geospatial data in 2D and 3D – The web portal Map2Day for decision support in tourism, business development and business location marketing. IWWPST 06. In stampa.

Ulm K., (2003). Reality-based 3D city models with CyberCity-Modeler (CC-Modeler™) and laserscanner data. Optical 3D Measurement Techniques, 22-25 September 2003, ETH Zurich.