

L'USO DI STEREO COPPIE DI IMMAGINI SATELLITARI AD ALTA RISOLUZIONE PER LA STIMA DELLA VOLUMETRIA DELLE COSTRUZIONI AD USO ABITATIVO A LIVELLO DI MICRO AREE

Valerio BAIOCCHI (*), Roberto BIANCHINI (**), Francesca GIANNONE (*), Alessandro SALERNI (*)

(*) DITS – Area di Geodesia e Geomatica, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Via Eudossiana 18, 00184 Roma, tel. +39 0644585068, fax: +39 0644585515, e-mail: valerio.baiocchi@uniroma1.it, francesca.giannone@uniroma1.it, ale.salerni@tiscali.it

(**) Centro Interuniversitario di Ricerca per lo Sviluppo Sostenibile (CIRPS), Università di Roma “La Sapienza”, Palazzo Doria Pamphilj, 00038 Valmontone (RM), tel. +39 06959938201, fax: +39 06959938210, e-mail: roberto.bianchini@uniroma1.it

Riassunto

La conoscenza dell'ammontare, della densità e della distribuzione spaziale della popolazione costituisce un elemento fondamentale per la pianificazione e la gestione delle aree urbane sotto un profilo socio-economico ed ambientale. Tali aspetti sono rilevanti nella maggior parte delle città dei Paesi in via di sviluppo dove sono in corso consistenti e rapidi processi di urbanizzazione, e nei Paesi più avanzati nei periodi inter-censuari, di norma decennali, durante i quali possono prodursi importanti incrementi residenziali in alcune aree di nuova urbanizzazione.

Lo studio di metodologie per la stima della popolazione umana da immagini satellitari ha avuto un sostanziale impulso nel corso degli ultimi anni, in seguito ai progressi realizzati nella risoluzione spettrale e spaziale dei sistemi satellitari. La recente disponibilità di stereo coppie di immagini satellitari ad alta risoluzione ha aperto interessanti possibilità di studio della stima della volumetria delle costruzioni a livello di macro e micro aeree quale elemento principale per lo sviluppo di una metodologia adeguata per la stima della popolazione a livello di macro e micro aree.

Il presente lavoro illustra gli aspetti metodologici ed i principali risultati di una prima fase di sperimentazione volta ad evidenziare l'eventuale correlazione statistica tra l'ammontare della volumetria delle costruzioni ad uso abitativo stimata dall'analisi di foto satellitari e l'ammontare della corrispondente popolazione residente. L'indagine è stata realizzata attraverso l'uso di una stereo coppia IKONOS II acquisita nel novembre 2000 in modalità pancromatica con risoluzione nominale al suolo di 1 metro, per un'area complessiva pari a circa 117 km² relativa ad un'area del comune di Pozzuoli in provincia di Napoli.

Per la validazione della sperimentazione sono stati utilizzati i dati rilevati nel corso del censimento della popolazione e delle abitazioni del 2001 (fonte ISTAT) a livello di sezione di censimento.

Abstract

Accurate and updated data on population amount, density and spatial distribution is essential in growing urban areas for different activities, such as urban planning, environmental and resource management, service allocation, etc.

These aspects are of a great interest both, in developing countries where urban growth is generally extremely rapid and important, and in industrialized countries where large suburban sprawls may occur during inter-censal periods.

In recent years, remote sensing techniques have become an important resource in population estimation due mainly to the progressive improvements in the spectral reflectance and spatial resolution of the orbital remote sensors.

The actual availability of stereo images from high-resolution satellite sensors may provide adequate information for the estimation of building volumes as a primary element to estimate population at medium and small-area level.

This work describes the methodological aspects and results of a preliminary phase of the research aimed at experimenting correlation relationships between estimates of the volumes of groups of buildings calculated from stereo satellite images and the corresponding residents.

The study area comprises a portion of the municipality of *Pozzuoli*, located in the province of Naples. The remote sensing data is composed of a 1 meter resolution panchromatic stereo image IKONOS II acquired in November 2000 covering a ground area of about 117 km.

The validation procedure of the methodology will be based on the comparison between the results obtained from the analysis of the satellite images and the 2001 census data at enumeration area level.

Introduzione

Nel corso degli ultimi decenni, la possibilità di stimare l'ammontare della popolazione umana attraverso l'uso di immagini telerilevate è stata oggetto di molteplici studi, il cui obiettivo principale è stato quello di rilevare la presenza di popolazione rurale in aree particolarmente remote. In anni più recenti, la disponibilità commerciale di immagini satellitari a media ed alta risoluzione ha favorito lo sviluppo di interessanti sperimentazioni anche in ambito urbano, dove maggiore è la rapidità di mutamenti urbanistici, demografici e socio-economici (Qiu *et al.* 2003).

Le metodologie di ricerca per la stima della popolazione in ambito urbano hanno seguito tre direttrici principali: i) l'analisi della riflettanza spettrale dei pixel; ii) l'analisi spaziale delle immagini satellitari attraverso la misurazione ed il confronto delle aree con diversa destinazione d'uso; iii) l'analisi del calcolo delle unità abitative (Harvey, 2002).

Queste linee di ricerca, ciascuna caratterizzata da vantaggi e limiti, risentono degli errori originati dalla non adeguata considerazione della volumetria delle costruzioni.

L'approccio che si propone intende dare un contributo allo sviluppo di metodologie rigorose e generalizzabili, in grado di ridurre gli elementi di incertezza e di errore per la stima di entità che non essendo di diretta osservazione satellitare, necessitano di elementi fisici di intermediazione, primi tra tutti gli edifici residenziali.

Le fasi principali di questo lavoro sono state: i) la creazione di un modello digitale dei "volumi"; ii) la georeferenziazione del layer relativo alla distribuzione della popolazione e la selezione di dieci aree campione; iii) il calcolo dei valori medi dei volumi delle aree selezionate e successiva analisi della correlazione statistica con la popolazione residente nelle stesse aree.

Creazione del DTM dei "volumi"

La prima fase di sperimentazione ha avuto per oggetto la generazione del *Digital Terrain Model* (DTM) dei "volumi" al fine di associare ad ogni *pixel* l'informazione relativa all'altezza dal suolo degli elementi fisici presenti sul territorio preso in esame.

Il DTM dei "volumi" è stato ottenuto dalla differenza tra il *Digital Surface Model* (DSM) estratto dalla stereocoppia Ikonos e il *Digital Elevation Model* (DEM) ottenuto da cartografia vettoriale 1:5.000.

L'accuratezza del DSM utilizzato è pari a circa 3.5 m ed è stato estratto da una stereocoppia relativa alla zona del comune di Pozzuoli (NA) acquisita il 13/11/2000 in modalità along-track e rilasciata in geometria pseudo-epipolare. Il procedimento di generazione del DEM è stato di tipo rigoroso e validato attraverso un rilievo GPS in modalità cinematica (Baiocchi *et al.* 2005).

Il DEM è stato realizzato mediante interpolazione di cartografia tecnica vettoriale a scala 1:5000, utilizzando le informazioni altimetriche relative ai punti quotati, alle curve di livello ed alla linea di costa. Le caratteristiche bidimensionali degli elementi vettoriali relativi all'edificato non hanno permesso l'utilizzo delle informazioni altimetriche relative alle costruzioni. Il DEM è stato interpolato mediante l'algoritmo "Natural neighbor" implementato all'interno del modulo Orthoengine del pacchetto PCI Geomatics 9.1.

Dalla semplice differenziazione dei due modelli digitali precedentemente illustrati, è stato ottenuto un modello digitale dei "volumi", comprendente non solo le costruzioni, ma tutti gli elementi fisici presenti sul terreno, inclusa la vegetazione. Tale aspetto, che allo stato attuale è il maggior limite dell'approccio metodologico proposto, non ha permesso l'applicazione di una procedura automatica di calcolo di volumi delle costruzioni, privilegiando invece l'utilizzo di una tecnica semiautomatica per aree che permette un controllo qualitativo dei dati volumetrici estratti.

Selezione delle aree campione

In considerazione degli aspetti innovativi di questo primo tentativo di stima della popolazione da foto satellitari attraverso la componente volumetrica delle costruzioni residenziali, molta attenzione è stata posta all'impostazione di un rigoroso processo di validazione dei risultati.

In quest'ottica, sono state acquisite le geometrie poligonali delle sezioni di censimento dell'Istituto nazionale di statistica (ISTAT) utilizzate come basi territoriali nel corso dell'ultimo censimento della popolazione e delle abitazioni del 2001 (ISTAT, 2004). Le geometrie poligonali rappresentano le sezioni di censimento a cui sono associati i dati demografici riferiti alla popolazione che risiede nelle corrispondenti aree delimitate. Tali dati cartografici sono forniti nel sistema di riferimento Gauss Boaga o UTM-ED50, in formato ESRI shapefile.

I dati cartografici relativi alle sezioni di censimento dell'area oggetto di studio, sono stati georeferenziati nello stesso sistema di riferimento del DEM dei "volumi", UTM-WGS84 fuso 33.

Il DEM e le corrispondenti geometrie poligonali delle sezioni di censimento sono stati importati nel software PCI Geomatics 9.1 per procedere alle operazioni di selezione delle aree campione da utilizzare per il calcolo dei volumi (Fig. 1).

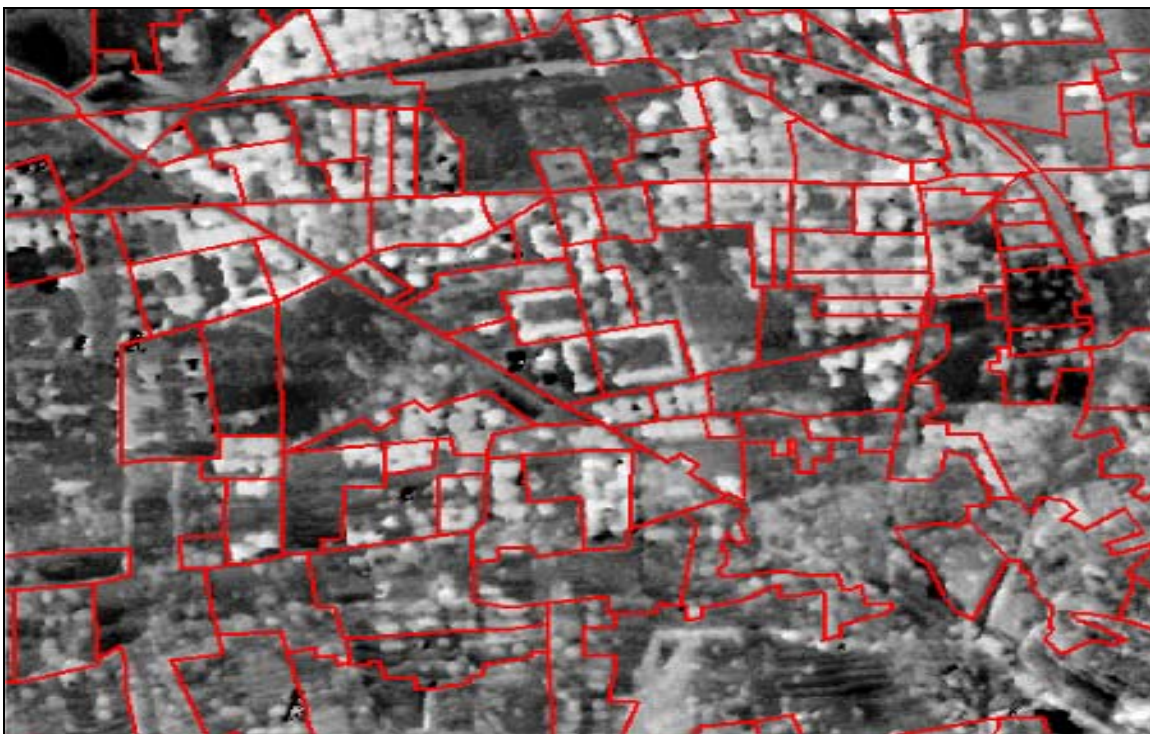


Fig. 1. Layer vettoriale delle Sezioni di Censimento ISTAT e DEM dei "volumi"

Per una prima sperimentazione, considerato che la ricerca si trova in una fase del tutto preliminare, si è proceduto alla selezione di dieci aree del DEM dei “volumi” delimitate dai limiti delle corrispondenti sezioni di censimento. L’operazione è stata eseguita attraverso il comando “clipping/subsetting” del modulo Geomatica Focus del software PCI Geomatics. Nella selezione delle aree campione si è data preferenza alle sezioni di censimento con una percentuale insignificante di copertura vegetativa (Fig. 2).



Fig. 2. Esempio di DEM “clipped” attraverso i limiti di una sezione di censimento ISTAT

Calcolo dei volumi e stima della correlazione

I volumi delle aree selezionate sono stati facilmente calcolati dal modello digitale dei “volumi”. Nonostante il numero ridotto di aree campione, si è proceduto nel calcolo della correlazione statistica con i dati ISTAT sull’ammontare della popolazione per ognuna delle aree selezionate. Per avere un confronto con le procedure già sperimentate ed attualmente in uso, la correlazione è stata calcolata anche tra le superfici delle medesime sezioni e la popolazione residente corrispondente.

Da una prima analisi, sono state riscontrate delle correlazioni molto basse se si considerano tutte e dieci le aree campione. Al contrario, se si elimina una delle aree che presenta chiare caratteristiche di *outlier*, la correlazione sembra aumentare notevolmente sia per le superfici che per i volumi. Se si elimina un’ulteriore area con caratteristiche di probabile *outlier*, la correlazione sembra aumentare ulteriormente (Fig. 3). In quest’ultimo caso, la correlazione aumenterebbe notevolmente sia per le

superfici che per i volumi, avvalorando l'ipotesi che le due aree eliminate siano da considerarsi *outlier*.

	10 sezioni (0 <i>outlier</i>)	9 sezioni (1 <i>outlier</i>)	8 sezioni (2 <i>outlier</i>)
Correlazione superficie/ popolazione	-0.06	0.07	0.46
Correlazione volume/ popolazione	-0.02	0.24	0.72

Fig. 3. Indici di correlazione statistica tra le superfici (ed i volumi delle costruzioni) e la popolazione residente nelle sezioni di censimento campione nel comune di Pozzuoli (NA)

Conclusioni

Il presente lavoro, seppure di natura preliminare, ha permesso una prima valutazione quantitativa delle potenzialità e problematiche connesse all'impostazione metodologica proposta.

I risultati sembrano indicare interessanti opportunità di approfondimento nello studio del calcolo della volumetria delle costruzioni da foto satellitari, anche in considerazione della recente presenza sul mercato di nuovi pacchetti software in grado di stimare il dato "altezza edificio" da immagini telerivate di tipo monoscopico. L'affidabilità di tali strumenti saranno discussi, insieme ad altri aspetti metodologici, nelle prossime comunicazioni.

Bibliografia

Baiocchi, V., Crespi, M., De Vendictis, L. and Giannone, F., (2005). *Estrazione di DSM da stereocoppie: metodologia, problemi e valutazione della qualità dei prodotti*, In questo stesso volume.

Harvey, J.T., (2002). *Estimating census districts populations from satellite imagery: Some approaches and limitations*, International Journal of Remote Sensing, 23(10):2071-2095.

Harvey, J.T., (2002). *Population estimation models based on individual TM pixels*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 68(11):1181-1192.

ISTAT, (2004). *Progetto Census2000 – Aggiornamento delle basi territoriali*, Nota tecnica sulla descrizione dei dati.

Qiu, F., Kevin, L.W. and Briggs, R., (2003). *Modeling urban population growth from remotely sensed imagery and TIGER GIS road data*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(9):1031-1042.

