

Utilizzo di dati satellitari IKONOS stereoscopici per la stima della popolazione esposta al rumore: il caso degli aeroporti.

Dario BELLINGERI(*), Paola MAGGI(*), Valeria SPIROLAZZI(*), Enrico ZINI(*)

(*) ARPA Lombardia, Viale Restelli 3/1, Tel. 02 69666399, fax 02 69666252, e-mail v.spirolazzi@arpalombardia.it

Riassunto

E' analizzata la potenzialità dell'utilizzo delle immagini stereoscopiche IKONOS per l'aggiornamento di cartografia esistente, in particolare per gli strati relativi all'edificato, alle quote assolute e alle altezze degli edifici. E' inoltre presentata una metodologia per la georeferenziazione dei numeri civici sul territorio a partire dai dati presenti nell'Anagrafica Assistiti del Sistema Sanitario e per l'attribuzione dell'altezza media dell'edificio. I risultati così ottenuti sono utilizzati per la stima della popolazione esposta a determinati livelli di rumore, valutazioni di particolare attualità nell'ambito della direttiva europea sul rumore 2002/49 CE recepita con D.Lgs 194/05[0].

Abstract

The use of IKONOS stereo images is examined in order to update cartography, especially for built-up areas, absolute elevation and building heights. A method of house number georeferencing, based on National Health Service clients data base, is presented along with a technique to assess building average height. The results are used to estimate population included in noise curves, as requested by the Directive 2002/49/EC (END) relating to the assessment and management of the environmental noise, transposed into D.Lgs 194/05[0].

1 Introduzione

La direttiva europea sul rumore 2002/49 CE, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 194/05, richiede, in particolare, la quantificazione della popolazione esposta nelle diverse fasce di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto e dalle attività industriali.

ARPA Lombardia, in un progetto che vede coinvolti il Settore Sistemi Informativi ed il Settore Aria e Agenti Fisici (Unità Operativa Rumore e Vibrazioni - CRISTAL) ha sperimentato alcuni metodi di stima della popolazione basati sull'elaborazione di dati territoriali. In questo contesto, le immagini satellitari recenti possono essere utilizzate da un lato come base territoriale di riferimento aggiornata (soprattutto in aree caratterizzate da elevata dinamicità come quelle limitrofe alle grandi infrastrutture); dall'altro per estrarre in modo semi-automatico il modello digitale del terreno, tramite l'elaborazione di coppie stereoscopiche.

Nel presente lavoro viene analizzata la potenzialità delle immagini IKONOS stereoscopiche, sia come dato per aggiornare gli strati vettoriali delle aree edificate, sia ai fini dell'estrazione della quota assoluta e dell'altezza degli edifici. Combinando queste informazioni con i dati georeferenziati relativi alla popolazione residente, unitamente all'output di modelli di simulazione acustica, è possibile stimare efficacemente la popolazione esposta al rumore indotto da infrastrutture di trasporto esistenti o in progetto valutandone anche la distribuzione "verticale".

Il territorio oggetto della sperimentazione è quello limitrofo all'area aeroportuale di Malpensa, nel quale sono state individuate 3 aree di test, corrispondenti ad altrettanti territori comunali.

2 Analisi delle potenzialità delle immagini IKONOS stereoscopiche ai fini dell'estrazione della quota assoluta e dell'altezza degli edifici

Dati utilizzati

Il dato satellitare utilizzato nella sperimentazione è una ripresa IKONOS in modalità stereoscopica, acquisita il 1 gennaio 2005 e disponibile solo per la banda del pancromatico. L'orientamento assoluto e relativo della coppia stereoscopica è realizzato utilizzando, in ambiente ERDAS Imagine OrthoBase, 12 punti con coordinate X,Y,Z note.

E' inoltre utilizzata la copertura aerofotogrammetrica del territorio che, per l'area in oggetto, risulta precedente al 2005.

Estrazione quota edifici: valutazione metodo "automatico"

Il metodo "automatico" di stima della quota, prevede l'utilizzo della nuvola di punti quotati, estratti utilizzando il software Erdas IMAGINE OrthoBase (oltre 272.000 punti in totale nell'intera scena IKONOS). Da notare che tale software agisce per semplice riconoscimento di forme, perciò i punti collimati possono essere sia a terra che corrispondenti a elementi in rilievo sul terreno (edifici, alberi, ecc.). Ad ogni poligono di edificato, estratto dallo strato aerofotogrammetrico comunale, è stata quindi associata, tramite *spatial join*, la quota stimata da satellite dei punti ricadenti al proprio interno; in caso di più di un punto all'interno di uno stesso poligono, all'edificio è stata attribuita la quota media. Per gli stessi edifici è stata inoltre calcolata la quota reale, associando ai poligoni il corrispondente punto "quota di gronda", presente come strato informativo nel file aerofotogrammetrico. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi sugli scarti fra quota stimata e quota reale degli edifici: su un totale di 262 edifici, oltre il 62% ha scarto compreso fra i -2 e +2 metri, ed oltre il 42% degli edifici ha scarto compreso fra i -1 e +1 metri. L'RMSE totale è risultato di 2,95 metri.

Dai grafici seguenti, emerge la tendenza alla sottostima della quota: questo fatto è spiegabile ricordando che i poligoni di urbanizzato possono intercettare punti acquisiti a terra (anche a causa di leggeri errori di georeferenziazione dell'immagine, o a causa di ombre proiettate, ecc..). Locali sovrastime (meno frequenti) sono invece dovute a punti acquisiti sulle chiome degli alberi o altri oggetti in rilievo sul territorio (elettrodotti,...).

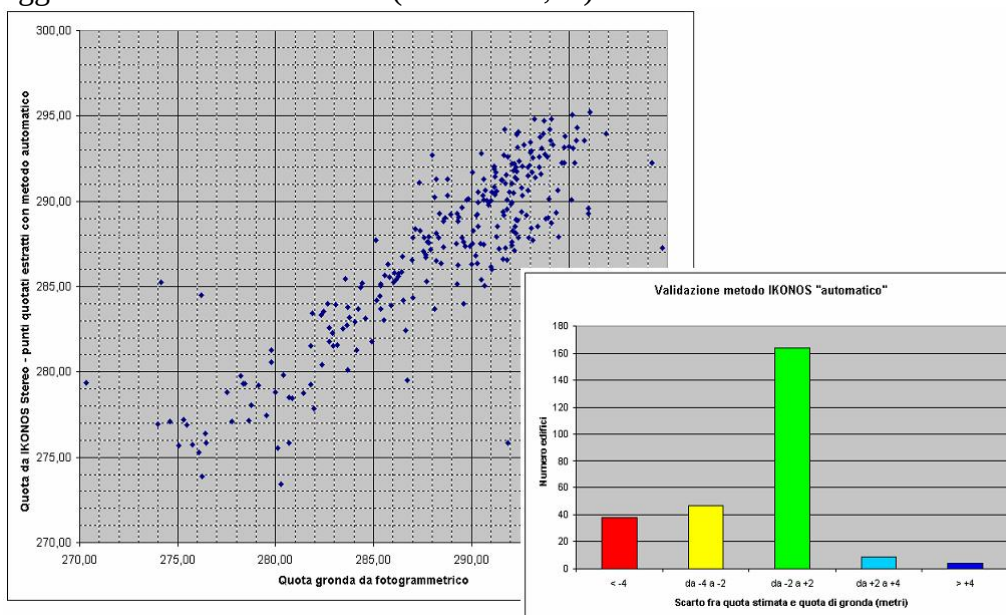


Figura 1 -
Rappresentazione
e statistiche degli
scarti fra quota di
gronda reale e
quota stimata, con
metodo
automatico, dalla
coppia
stereoscopica
IKONOS
(un punto per ogni
edificio)

Estrazione quota edifici: valutazione metodo “manuale”

Identificati i principali limiti del metodo “automatico”, sono state stimate le quote degli edifici direttamente tramite stereorestituzione digitale “manuale”, utilizzando il software StereoAnalyst.

L’analisi sugli scarti fra la quota così stimata e la quota di gronda dell’aerofotogrammetrico evidenzia che questo metodo è effettivamente più accurato: oltre il 73% degli edifici ha scarto compreso fra i -2 e +2 metri, oltre il 44% degli edifici ha scarto compreso fra i -1 e +1 metri. L’RMSE totale è di 1,77 metri.

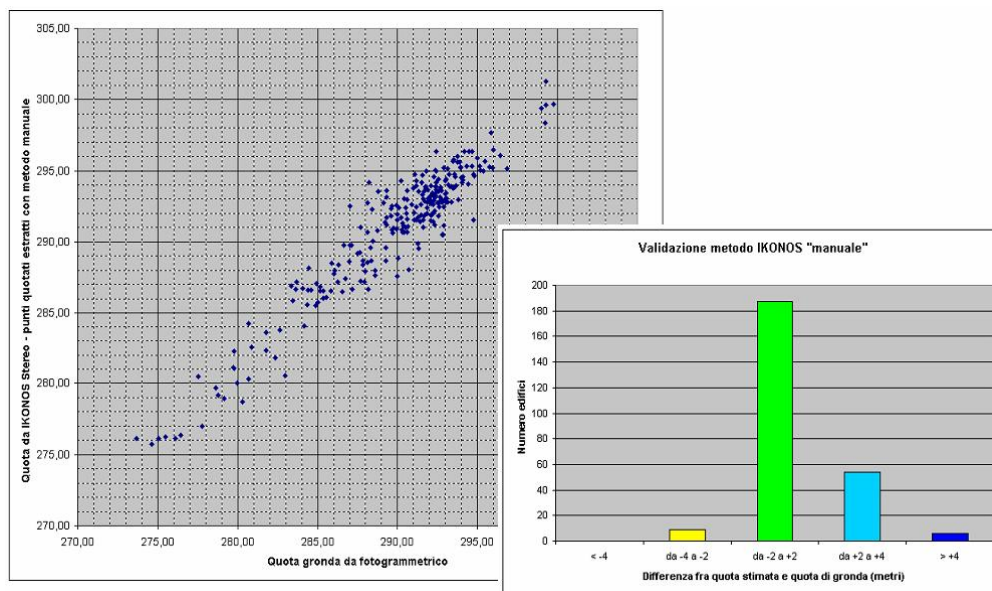


Figura 2 - Rappresentazione e statistiche degli scarti fra quota di gronda reale e quota stimata, con metodo manuale, dalla coppia stereoscopica IKONOS (un punto per ogni edificio)

A differenza del caso precedente, si nota una leggera tendenza alla sovrastima della quota: questo è spiegabile col fatto che mediamente vengono collimate le falde dei tetti o i comignoli, mentre risulta più complicato identificare le quote di gronda.

Naturalmente, a fronte di una maggiore accuratezza, in termini di tempo questo metodo è decisamente più oneroso rispetto al metodo automatico.

3 Aggiornamento dei dati cartografici esistenti, georeferenziazione della popolazione e stima della popolazione esposta

Dati utilizzati

Come dati relativi alla popolazione residente è stata utilizzata l’Anagrafica Assistiti della Regione Lombardia, DG Sanità, georeferenziate con un processo di *Address Matching*, tramite un software appositamente sviluppato. Dalla carta dell’uso del suolo DUSAF (*Destinazione d’Uso dei Suoli Agricoli e Forestali*, realizzazione ERSAF – Regione Lombardia) è stato estratto lo strato relativo all’urbanizzato residenziale. Infine, anche in questa parte della sperimentazione è stata utilizzata la copertura aerofotogrammetrica vettoriale del territorio.

Aggiornamento della copertura vettoriale

Lo strato aerofotogrammetrico a disposizione, anteriore al 2005, è stato aggiornato digitalizzando l’ingombro dei nuovi edifici; per gli edifici già presenti, l’attributo relativo alla quota assoluta è stato mantenuto inalterato, mentre per i nuovi edifici è stato stimato tramite stereorestituzione digitale della coppia stereoscopica IKONOS, utilizzando il metodo “manuale”.



Figura 3 - Risultato dell'aggiornamento della copertura aerofotogrammetrica esistente tramite digitalizzazione dei nuovi edifici

Ricostruzione DTM, estrazione altezza degli edifici

Il modello digitale del terreno (DTM) dell'area test è stato realizzato tramite interpolazione dei punti quotati acquisiti a terra. Per sottrazione fra le quote di gronda ed il DTM è stato quindi ottenuto uno strato relativo all'altezza degli edifici. La zona presa in esame è caratterizzata dalla presenza preponderante di edifici residenziali di uno o due piani.

Come secondo metodo utilizzato per il calcolo dell'altezza degli edifici, alla quota di gronda è stata sottratta la quota del punto quotato a terra più vicino, individuato tramite uno *spatial join* tra i due strati informativi.

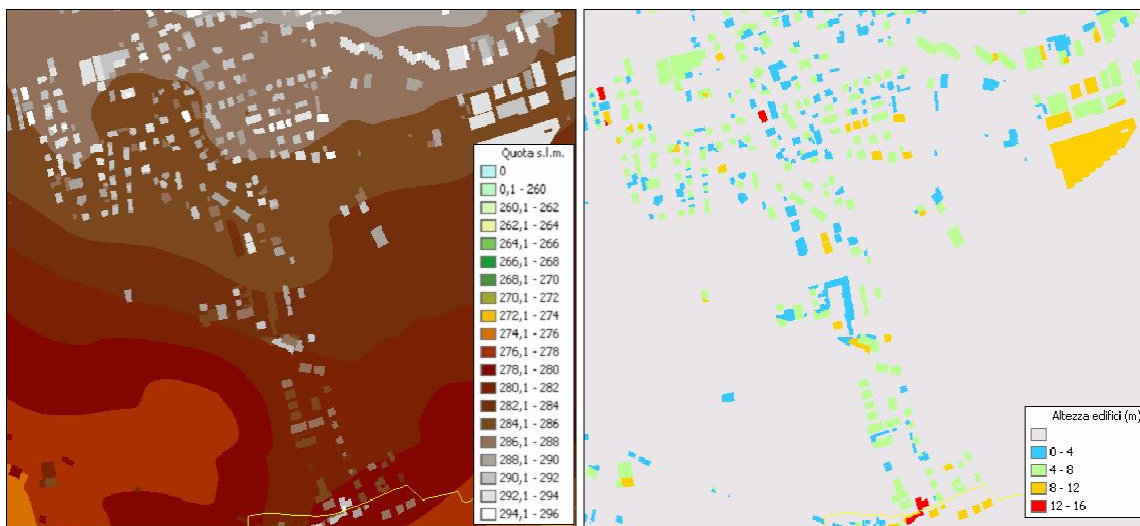


Figura 4 - A sinistra, rappresentazione dell'integrazione del modello digitale del terreno (realizzato tramite interpolazione dei punti quotati a terra), e modello digitale degli edifici (quote estratte dalla copertura aerofotogrammetrica e, per gli edifici nuovi, stimate dalla coppia stereoscopica IKONOS con metodo manuale). A destra, rappresentazione degli edifici per classi di altezza

Georeferenziazione della popolazione e sua distribuzione in altezza dell'edificio

I dati relativi alla popolazione residente sono stati ottenuti dall'Anagrafica Assistiti della Regione

Lombardia, DG Sanità, georeferenziati tramite un processo di *Address Matching*. La metodologia utilizzata da ARPA prevede una prima fase di normalizzazione degli indirizzi contenuti nella Anagrafica Assistiti, allo scopo di verificare e omogeneizzare i nomi delle vie e correggere eventuali errori. La fase di normalizzazione è seguita poi dalla fase più propriamente di georeferenziazione del civico, effettuata sulla base del grafo stradale TeleAtlas con l'ausilio di un software appositamente sviluppato. Il risultato della georeferenziazione è la generazione di una coppia di coordinate x,y per ogni civico dell'Anagrafica Assistiti, alla quale è associato il corrispondente numero di residenti.

La stima della distribuzione “verticale” degli abitanti, informazione particolarmente rilevante nell'ambito delle problematiche connesse all'esposizione della popolazione al rumore, è stata ottenuta elaborando in ambiente GIS i punti quotati in gronda e a terra dell'aerofotogrammetrico con le aree residenziali DUSAF e incrociando il risultato con la georeferenziazione degli Assistiti. L'aerofotogrammetrico e il DUSAF sono stati preventivamente aggiornati con le immagini IKONOS, come descritto precedentemente (vedi fig. 5).

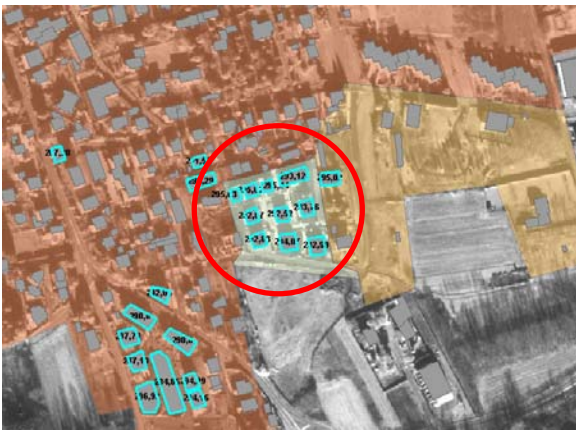
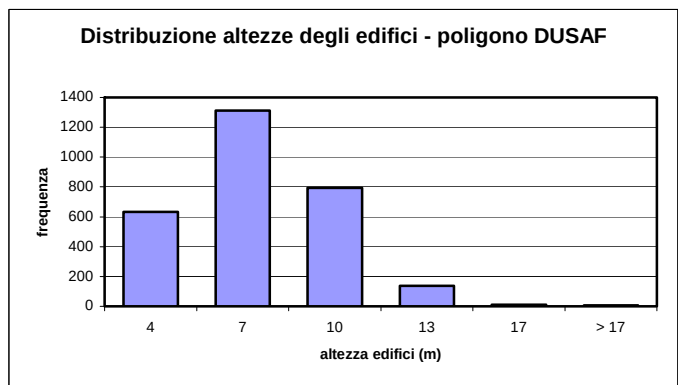


Figura 5 – Esempio di aggiornamento della carta DUSAF. L'area cerchiata rappresenta una nuova edificazione non presente nel DUSAF, individuata ed aggiornata tramite le immagini IKONOS

Per ciascun “punto gronda” è stata calcolata l'altezza dell'edificio, ottenuta sottraendo alla quota in gronda la quota a terra del punto quotato più vicino. Per ogni poligono DUSAF residenziale sono stati quindi

individuati i “punti gronda” in esso ricadenti ed è stata calcolata l'altezza media degli edifici. La scelta dei poligoni DUSAF come aree di riferimento per il calcolo dell'altezza media, rispetto ad altre possibili sottoaree (es. limite comunale, sezioni di censimento, ecc.), è motivata dal fatto che la base DUSAF permette di individuare le zone residenziali con caratteristiche di tessuto urbanizzato omogeneo. Nella fig. 6 è mostrata la distribuzione delle altezze degli edifici in un poligono DUSAF preso come esempio. E' possibile notare come in tale zona di territorio si ha una prevalenza di edifici a due piani.

Figura 6 – Distribuzione delle altezze degli edifici in un poligono DUSAF campione



I civici georeferenziati dell'Anagrafica Assistiti sono stati quindi incrociati con i poligoni DUSAF residenziali. A ciascuno di essi è stata attribuita come altezza dell'edificio l'altezza media degli edifici del poligono DUSAF in cui il civico ricade (fig. 7).

4 Stima della popolazione esposta a rumore

L'allegato 2 del D.lgs. 194/05 prevede che il rumore degli aeromobili sia stimato sulla base del documento 29 ECAC CEAC “Report on standard method of computing noise contours around civil

airports”. Il modello di calcolo INM (FAA) utilizzato da ARPA Lombardia è conforme a quanto stabilito dalla norma vigente e l’indicatore di rumore utilizzato è Lden secondo quanto richiesto dal Decreto.

La stima della popolazione esposta ai diversi livelli di rumore è stata effettuata in due aree di test caratterizzate dalla miglior completezza dei dati aerofotogrammetrici. Nella tabella 1 sono mostrati i risultati ottenuti.

E’ inoltre indicato il numero di edifici ricadenti in ciascuna fascia di rumore e il valore medio, minimo e massimo dell’altezza degli edifici.

<i>Curva Lden dB(A)</i>	<i>Abitanti</i>	<i>N° edifici</i>	<i>H_{min}</i>	<i>H_{max}</i>	<i>H_{media}</i>	
55-59	567	189	6.00	6.48	6.01	Area Test 1
60-64	792	240	4.50	6.48	6.01	
65-69	67	27	6.48	6.48	6.48	
>70	---	---	---	---	---	
55-59	757	316	5.18	5.87	5.86	Area Test 2
60-64	44	23	5.18	5.87	5.78	
65-69	---	---	---	---	---	
>70	---	---	---	---	---	

Tabella 1 – Individuazione della popolazione esposta ai differenti livelli di rumore

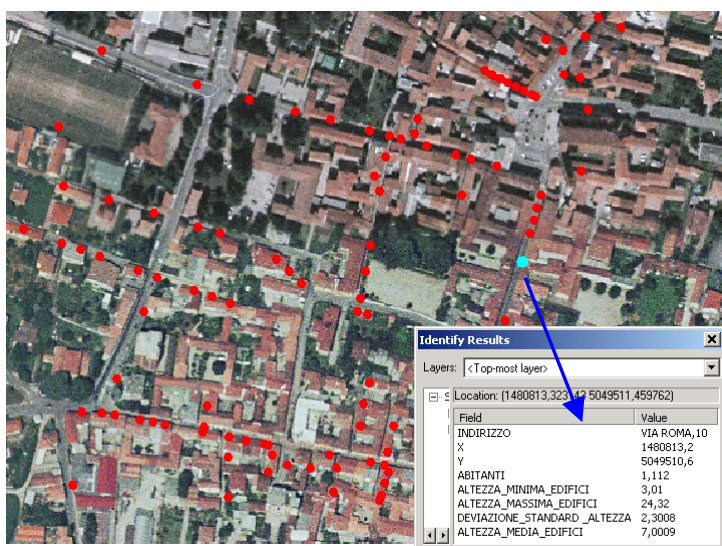


Figura 7 – Georeferenziazione dei civici dell’Anagrafica Assistiti: ogni punto (in rosso) rappresenta un numero civico; ad ogni punto è associato il dato della popolazione residente, dell’altezza minima, massima e media degli edifici del poligono DUSAF entro cui il punto ricade (vedi in figura la finestra di dati indicata dalla freccia)

5 Conclusioni e sviluppi futuri

Attraverso la metodologia proposta gli strati informativi territoriali risultano migliorati grazie all’ausilio delle immagini ad alta risoluzione che individuano nuove strutture edificate, inserendo, inoltre, come valore aggiunto l’altezza delle stesse. L’elaborazione di immagini stereoscopiche, infatti, oltre ad aggiornare la copertura aerofotogrammetrica permette di individuare una nuvola di punti corrispondente alle quote assolute e di calcolare l’altezza degli edifici esistenti e nuovi (rispetto all’aggiornamento aerofotogrammetrico), dove gli errori ottenuti nella stima delle quote sono risultati contenuti, in particolare attraverso la stereorestituzione manuale.

Il metodo proposto per la stima della popolazione è stato applicato al caso aeroportuale per il descrittore Lden; questo metodo è applicabile a differenti aree del territorio lombardo a orografia non complessa e, in particolare, negli intorno delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie. In particolare diventa rilevante, nel processo di stima della popolazione esposta al rumore, l’altezza degli edifici, per poter valutare la distribuzione degli abitanti alle varie altezze dal suolo.

Lo studio ha riguardato aree con un tessuto residenziale non particolarmente denso e con abitazione di altezza uniforme; pertanto ulteriori sperimentazioni dovranno essere condotte per le aree densamente urbanizzate con una maggiore variabilità di altezza.