

Integrazione di dati LiDAR ed immagini aeree per la generazione di modelli territoriali 3D realistici

Giuseppe Anzalone (*), Pietro Orlando (*), Rosanna Sciortino (*)

(*) DIRAP, Dipartimento di Rappresentazione – Università degli Studi di Palermo, viale delle Scienze, 091 7028737
giuseppe.anzalone@unipa.it; pietroorlando@unipa.it; rosanna.sciortino@unipa.it

Riassunto

La creazione di modelli realistici 3D dell'ambiente costruito e naturale è ormai divenuta indispensabile per svariate applicazioni quali la pianificazione urbana, il controllo del territorio, il monitoraggio ambientale, etc.

I dati maggiormente significativi che possono essere estratti dal rilievo da immagini aeree sono essenzialmente costituiti da tutte quelle geometrie (bordi, spigoli, etc) idonee alla ricostruzione di modelli di città; tuttavia spesso queste tecniche sono limitate dalla presenza di occlusioni, da problemi legati al contrasto e all'illuminazione delle immagini tali da inficiare il riconoscimento di molte geometrie.

Rispetto alle tecniche fotogrammetriche, le informazioni geometriche ricavabili da rilievo con laser scanner aereo consentono spesso di fornire informazioni più accurate relativamente all'altimetria degli oggetti e di essere meno affette da problemi legati all'errore prospettico grazie alla monoscopicità di tale tecnica e ad angoli di scansione molto piccoli.

Questo articolo riporta i risultati di uno studio condotto al fine di valutare le potenzialità, sia per la classificazione che per l'estrazione di features, di due dei software più diffusi per l'analisi di dati lidar: "LiDAR Analyst 4.2", in ambiente ArcGIS e Terrasolid per Microstation.

Abstract

The need to acquire, in a short time, information on buildings, roads, built and natural environment has become indispensable for many applications such as urban planning, control of land, environmental monitoring, etc.

The main techniques for acquiring useful data to the purposes given above are the survey from aerial images and the survey from airborne laser scanner.

The most significant data that can be extracted from the aerial images essentially regard shapes (edges, corners, etc) for the reconstruction of cities models, but these techniques are often influenced by the presence of occlusion, contrast and lighting photographic anomalies such as to affect the recognition of many geometries.

Compared to photogrammetric techniques, the geometric information derived from laser scanner data can often provide more accurate information regarding the elevation and to be less affected by prospective error thanks to very small field of view (FOV).

This paper shows the first results about a study carried out for the evaluation of the capabilities, of the two most popular software both the automatic classification and extraction of features: "LiDAR Analyst 4.2" for ArcGIS e Terrasolid for Microstation.

Introduzione

La tecnica LiDAR (*Light Detection and Ranging*) è un sistema di misura 3D che permette il rilievo rapido, economico e accurato del territorio restituendo modelli digitali del terreno e di superficie (DTM e DSM). Il sistema è costituito da un telemetro laser o LRF (*Laser Range Finder*) che permette la misura della distanza fra l'apparecchio e il suolo, mentre un sistema GPS e piattaforma inerziale (IMU – *Inertial Measuring Unit*) permette l'orientamento e la posizione assoluta del LRF durante la misura. In tale sistema il GPS è utilizzato per il posizionamento assoluto e l'IMU per determinare in modalità continua l'orientamento del telemetro laser.

Il sistema permette la registrazione sia del primo che dell'ultimo impulso laser e la relativa riflettività utile alle operazioni di estrazione delle *features*.

Il rilievo dei dati è stato condotto con il sensore aviotrasportato ALTM GEMINI di proprietà della società C.G.R. di Parma. Tale sensore consente di operare tra 150 e 4000 mt. di altitudine; le nuvole di punti ottenute hanno una risoluzione (densità) di un punto ogni 50-60 cm per un totale di circa 50 milioni di punti. In particolare nel 2008 sono state acquisite sette "strisciate" che ricoprono una vasta area della città di Palermo.

Tuttavia, per gli scopi prefissati, si è ritenuto opportuno indagare un'area limitata, nella fattispecie quella della cittadella universitaria, della quale si conoscono altre informazioni cartografiche e fotogrammetriche che hanno consentito di eseguire dei confronti.

Descrizione del lavoro

Le prime operazioni eseguite con *LiDAR Analyst 4.2* sono state quelle relative al filtraggio dei punti visibilmente fuori dalle nuvole perché frutto di riflessi o rumore; successivamente sono state unite le sette strisciate (sei in senso longitudinale ed una in senso trasversale) e selezionata l'area di indagine compresa all'interno della cittadella universitaria.

Dalla nuvola di punti è stato prodotto il DEM che ha consentito di estrarre successivamente il *bare-earth* ovvero il modello di superficie del terreno privo di vegetazione o di edifici. (fig. 1a) Inoltre è possibile affinare la creazione del modello *bare-earth* utilizzando informazioni del DEM o tramite inserimento di punti noti provenienti da rilievi topografici.

Il software *Terrascan*TM, parallelamente utilizzato per le stesse elaborazioni, consente differenti tipi di visualizzazione dei dati LIDAR in modo da mettere in risalto differenti caratteristiche quali:

- la *classe di appartenenza* (se il dato è già classificato per esempio in terreno, edifici, vegetazione etc.);
- l'*intensità* se il dato contiene anche l'informazione relativa all'intensità del segnale di ritorno, la si può utilizzare rappresentandola secondo una scala di grigi da assegnare ai vari punti;
- l'*elevazione*: assegna ad ogni punto un colore in base al valore della sua quota, secondo una scala di corrispondenza definibile dall'utente.

Oltre a fornire un'interpretazione visiva del rilievo LiDAR, il programma permette la gestione informatica completa dei dati. Dopo aver caricato in memoria i dati della scansione, si può accedere direttamente ai singoli punti o a regioni predefinite di essa.

La prima classificazione *visiva* è quella cosiddetta per *flightline* che consente di visualizzare le nuvole di punti per strisciate; questo consente, facendo delle sezioni, di poter individuare possibili scostamenti tra le nuvole sulle zone di sovrapposizione. Per poter ridurre questi scostamenti è necessario utilizzare l'applicativo *TerraMatch*TM che consente di analizzare le distanze relative tra le aree di sovrapposizione delle strisciate e ri-orientarle in modo da ridurre tali distanze. Questa operazione mette inoltre in luce tutta una serie di punti *ridondanti* (punti doppi sovrapposti) che è opportuno rimuovere per ottenere una nuvola di punti a densità uniforme.

A partire da un set di dati così calibrato, si è proceduto alle fasi di classificazione che, insieme ad altre procedure, *Terrascan*TM consente di applicare come macro da poter elaborare su *Terraslave*TM, un applicativo in grado di operare anche su un PC collegato in rete.

Le classificazioni eseguite, necessarie alla realizzazione di un modello tridimensionale coerente di terreno ed edifici, nonché alla produzione di una ortofoto, hanno consentito inizialmente la creazione di una classe *ground*, a partire dalla esclusione dei punti appartenenti ad edifici (settando la massima dimensione) e dalla massima inclinazione del terreno. (fig. 1b)

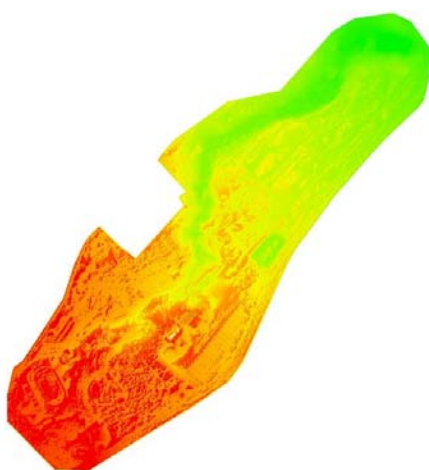


Figura 1a. Modello bare-earh
da LiDAR Analyst

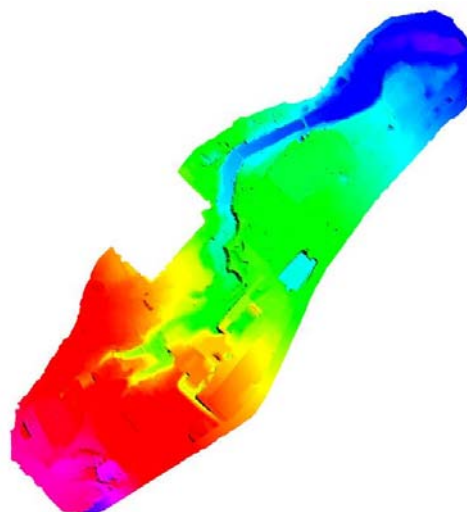


Figura 1b. Modello bare-earh
da Terrascan

Successivamente è stata effettuata l'operazione di estrazione degli edifici. *LiDAR Analyst* separa, le informazioni relative al terreno da quelle relative alle costruzioni e questa segmentazione consente di eseguire l'estrazione delle *features* costituenti le coperture delle costruzioni distinguendole da altri oggetti.

L'estrazione di edifici con *LiDAR Analyst* richiede l'impostazione di alcuni parametri geometrici che caratterizzano gli edifici (superficie minima e massima, altezza, pendenza della copertura).

L'algoritmo di Bezier, applicato da *LiDAR Analyst*, permette di smussare gli spigoli degli edifici al fine di regolarizzare la forma dei poligoni.

Lo shapefile ricavato contiene una serie di attributi generati automaticamente dal software e utili per avere informazioni di carattere geometrico sugli edifici individuati.

Column	Definition
Roof-Type	multi-level- flat; simple- flat; complex; pitched
Avg_Ht_AGL	Altezza media sopra il livello del suolo
Min_Ht_AGL	Altezza minima sopra il livello del suolo
Max_Ht_AGL	Altezza massima sopra il livello del suolo
Dev_HT	Deviazione standard dell'altezza degli edifici
Area	Area del poligono
Perimeter	Perimetro
Length	Lunghezza del poligono
Width	Larghezza del poligono
Orient_Ang	Angolo di orientamento dell'edificio da 0° a 180°.

Le impostazioni di estrazione e le statistiche del processo sono registrate in un file di testo. E' possibile apportare modifiche allo shapefile degli edifici ottenuto, in tre modi: scomponendo automaticamente un edificio in edifici multipli, modificando manualmente la forma dei singoli edifici, rimuovendo automaticamente gli edifici con superficie inferiore ad un valore stabilito

Si può assegnare la z all'edificio usando:

- No z -values: non assegnare la z ai vertici del poligono;
- Actual z -values: assegnare ad ogni vertice il valore di z effettivo;
- Min z -value: assegnare ai vertici il valore di z minimo dell'area sottesa dal poligono;
- Max z -value: assegnare ai vertici il valore di z massimo dell'area sottesa dal poligono;
- Mean z -value: assegnare ai vertici il valore di z medio dell'area sottesa dal poligono.

Le geometrie bidimensionali così ricavate sono state trasformate in shapefile e su queste sono state eseguite operazioni di "estrazione" secondo z negative, in direzione del suolo, in modo da creare i modelli tridimensionali dell'edificato. (fig. 2a, 2b)



Figura 2a. Bare earth con edifici da Lidar Analyst



Figura 2b. Modello degli edifici da Lidar Analyst (particolare)

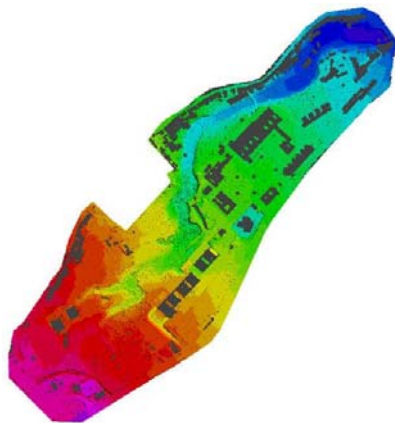


Figura 3a. Bare earth con edifici da Terrascan

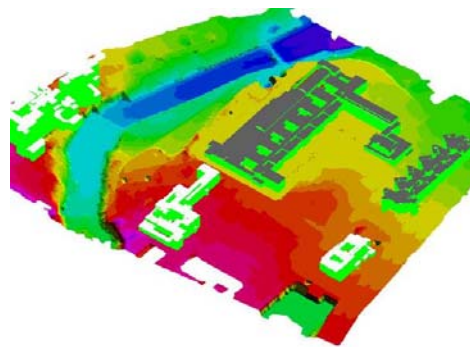


Figura 3b. Modello degli edifici da Terrascan (particolare)

Analogamente sono state eseguite le operazioni di *building extraction* con *Terrascan*™ eseguendo classificazioni successive, prima di vegetazione e poi di edifici, a partire dalla classe *ground*:

- inizialmente è stata effettuata una classificazione tra 0,30 e 5000 m per separare la *low vegetation*;
- successivamente dalla classe *low vegetation* è stata classificata la *medium vegetation* tra 2,50 e 5000 m;
- dalla *medium vegetation* è stata classificata la *high vegetation* con valori tra 5,00 e 5000 m;
- infine, dalla classe *high vegetation* è stata effettuata la classificazione degli edifici imponendo di riconoscere la minima superficie di 25 mq (sapendo a priori che i più piccoli edifici nell'area in esame non superano tale area figg. 3a e 3b).

Successivamente alla estrazione delle *features* con entrambi i software, si è effettuato un confronto tra i poligoni ottenuti al variare della complessità degli edifici (fig. 4).

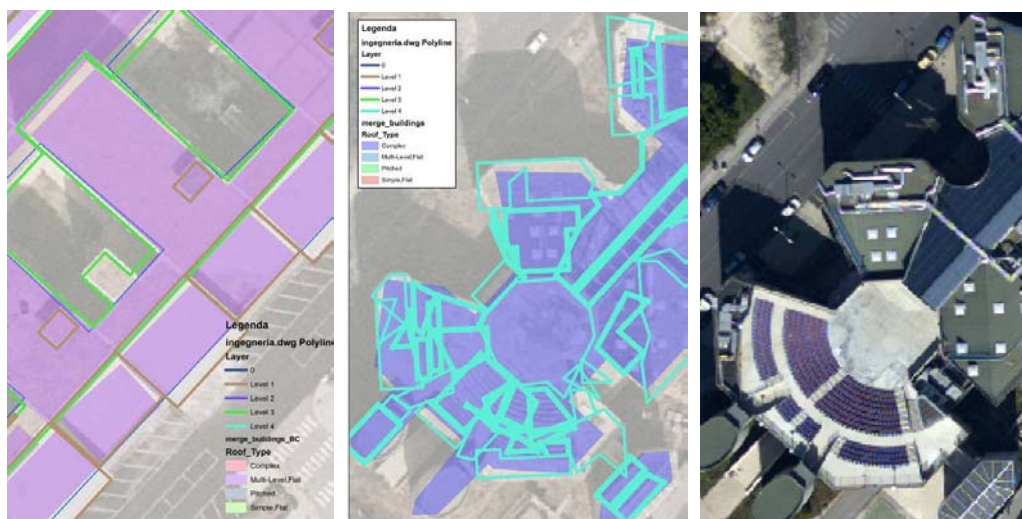


Figura 4. Confronti di estrazione di poligoni tra i due software utilizzati

Eseguita la classificazione principale, sono state ricavate alcune sezioni tipo per verificare la corretta distribuzione dei punti.

Il passo seguente è stato quello di segmentare dalla classe *ground* una classe chiamata *model key point*: tale routine classifica alcuni punti laser sufficienti per creare una superficie a maglie triangolari per la successiva creazione di una ortofoto. Successivamente si è proceduto, tramite *PCI Geomatica*, alla realizzazione di un'ortofoto generata sul modello tridimensionale precedentemente realizzato; le immagini utilizzate per la realizzazione dell'ortofoto sono state acquisite contestualmente ai rilievi LiDAR in quanto la strumentazione adottata, un sensore ALTM GEMINI, era equipaggiata con una camera digitale Applanix DSS 322 con obiettivo da 60 mm (figg. 5a e 5b).



Figura 5a e 5b: Ortofoto su DTM e Ortofoto DSM

Conclusioni E Sviluppi Futuri

Le aree particolarmente urbanizzate sono caratterizzate da parecchie zone d'ombra che in certi casi rendono difficoltosa l'acquisizione del dato LiDAR. In questi casi, nella fase di modellazione del terreno, è necessario integrare la nuvola di punti con informazioni di altra natura.

Entrambi i software si sono dimostrati efficienti per l'estrazione degli edifici. In particolare per quelli di forma regolare non è stato necessario condurre nessuna operazione di editing indispensabile invece per gli edifici di forma complessa. La tabella degli attributi prodotta con gli shapefile degli edifici da *LiDAR Analyst* permette di ottenere molte informazioni di carattere geometrico e di poter classificare gli edifici in base alla superficie, alla pendenza della copertura e all'altezza. *Terrascan*, implementato in un ambiente CAD, produce entità vettoriali che bene si prestano ad operazioni di modellazione e renderizzazione.

I risultati fin qui ottenuti costituiscono un valido punto di partenza per la realizzazione delle *true-orthophotos* e di modelli fotorealistici navigabili in ambiente *VRML* che saranno oggetto delle prossime elaborazioni.

Bibliografia

- Amhar F. et al., (1998), "The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32(Part 4) 16-22;
- Habib A. et al., (2004), "Integration of LiDAR and photogrammetry for close range applications" ISPRS. Comm IV. Integration and fusion of data models. Istanbul 2004;
- Optech (2008), Gemini 167kHz ALTM. <http://www.optech.ca/prodlatm.htm>;
- Rottensteiner F., Brieske C., (2003), "Automatic generation of building models from LiDAR data and the integration of aerial images" ISPRS Vol XXXIV. Dresden 2003;
- Wehr A., Lohr U., (1999), "Airborne laser scanning an introduction and overview", *ISPRS Journal of Photogrammetry And Remote Sensing* 54(2-3):68-82.