Il trattamento dei dati laser scanner nel caso di presenza di vegetazione o di oggetti artificiali di disturbo.

BORNAZ Leandro (*), LINGUA Andrea (*), Fulvio RINAUDO (*)

(*) Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Dell'Ambiente e delle Geotecnologie,
Corso duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino (TO)
Tel. 011.564.7687, 7700, 7659 - Fax 011.564.7699
leandro.bornaz@polito.it; andrea.lingua@polito.it, fulvio.rinaudo@polito.it

Introduzione

I laser scanner terrestri sono strumenti oggi molto utilizzati per la generazione di modelli di superfici densi di elevata qualità e precisione.
Il loro utilizzo è sempre più ampio in quanto permettono di ottenere modelli molto densi di punti in tempi ridotti e garantendo un ottimo livello di precisione.
Gli ambiti classici nei quali questi strumenti sono utilizzati sono l'archeologia, l'architettura e la geotecnica, in particolare per la creazione di DDSM (*Dense Digital Surface Models*) di pareti rocciose e porzioni di territorio.
Uno degli aspetti su cui è necessario porre la propria attenzione quando si utilizzano i sensori laser scanner è il trattamento dei dati acquisiti, tanto più oneroso quanto più è complesso l'oggetto rilevato.
Questo problema è particolarmente significativo e necessita di studi specifici nel campo della geologia e del rilevamento ambientale, quando cioè sono acquisite pareti rocciose in frana o porzioni di territorio. I problemi classici in cui ci si può trovare in questi settori è la presenza di vegetazione o di ostacoli artificiali che impediscono la visione corretta e completa dall'oggetto che si vuole rilevare, come ad esempio la presenza di una rete di contenimento per la caduta massi posta su una parete rocciosa di cui si vuole ottenere un modello di superficie.
Tutte le entità di “disturbo”, ovvero quelle che non appartengono alla superficie fisica dell'oggetto di interesse, ma che sono rilevate dai sensori laser, devono essere eliminate.
Nel seguente articolo si mostrano alcuni esempi di metodologie ed algoritmi sviluppati dagli autori per la totale o parziale rimozione degli oggetti, naturali e artificiali, che provocano disturbo alla creazione di un DDSM corretto dell'oggetto di interesse.

Abstract

Nowadays, the LIDAR technique is frequantly adopted to carry out a metric survey in both natural and architectural fields. The terrestrial laser scanner allows a complete and dense 3D digital models of the surfaces of any object to be acquired.
Many users have been interested in terrestrial applications of the laser scanner, but it is not so very easy to achieve its full potential. The LIDAR technique gives prompt data, but this information cannot be used without treatment. It is therefore necessary to handle the scanner data, while considering the aim of the work, in order to obtain a geometrically correct and exact 3D metric model.
This paper deals with an environmental application of the lidar technique.

Introduzione

I laser scanner terrestri sono strumenti oggi molto utilizzati per la creazione di modelli digitali

tridimensionali di oggetti e di porzioni di territorio. L'utilizzo dei dati laser non è però così semplice o immediato per ottenere un risultato di buona qualità. I dati laser scanner terrestri devono infatti essere opportunamente trattati in funzione del tipo di prodotto che si desidera ottenere.
In questo contributo viene affrontato il problema del trattamento dei dati laser nel caso in cui si vuole ottenere un modello di superficie di una parete rocciosa per la valutazione della stabilità della parete stessa. Un modello di questo tipo viene utilizzato unitamente ad molti altri dati geotecnici. Serve in particolare a conoscere in modo preciso la morfologia della parete stessa e quindi determinare con elevata precisione le famiglie di fratturazione, le masse che potrebbero subire variazioni di posizione o ancora per studiare la posizione dei tiranti necessari a stabilizzare la parete stessa.
Al fine di determinare la corretta morfologia dell'oggetto tutte le entità di “disturbo”, devono essere eliminate. Tra queste il rumore dovuto all'elettronica dei sistemi di acquisizione e tutte le che non appartengono alla superficie fisica dell'oggetto di interesse, ma che sono rilevate dai sensori laser, come ad esempio la vegetazione, reti metalliche, ecc... .

L'acquisizione dei dati laser scanner

L'acquisizione dei dati laser scanner è la prima fase da affrontare. Nonostante questa operazione possa sembrare all'utente molto semplice è una delle fasi più delicate e deve essere affrontata in modo critico e ragionevole se si vuole ottenere un buon risultato finale. L'ambiente nel quale si devono effettuare le acquisizioni laser scanner è infatti spesso caratterizzato da forti discontinuità o da altri ostacoli che limitano le visuali della parete, limitano la mobilità degli operatori e della strumentazione nel luogo del rilevamento o impongono specifiche distanze e posizioni di acquisizione. Inoltre in ambito ambientale la vegetazione sempre presente rappresenta un ostacolo non trascurabile nelle fasi di acquisizione.
Le acquisizioni laser scanner devono quindi essere progettate a priori in modo da ottenere un modello per quanto possibile privo di zone non acquisite e ad una scala sufficiente per l'analisi geomorfologica.

Figura 1: Esempio di ambiente poco favorevole all'acquisizione(“Paroie du soleil” – Grenoble)

Fonti di disturbo all'utilizzo dei sensori laser

I sensori laser scanner sono strumenti utilizzati per ottenere un modello digitale di tipo denso della superficie sotto forma di nuvola di punti o di superficie continua. Analizzando una qualsiasi scansione laser è possibile notare come in essa sia sempre presente una certa quantità di disturbo che deve essere eliminata in modo opportuno. Per prima cosa è quindi necessario analizzare le sue possibili fonti.
Il disturbo che è sempre presente quando si utilizzano i sensori laser scanner è legato all'elettronica di acquisizione degli strumenti stessi. Si tratta di una problematica ben nota all'interno dei gruppi di ricerca che si occupano di scansioni laser e molte sono oggi le soluzioni proposte per ridurre al minimo l'entità di tale rumore.
Nel caso di rilevamento architettonico od archeologico il disturbo legato all'elettronica è generalmente l'unico riscontrabile. Nel caso, al contrario, in cui si vuole ottenere un modello di superficie in ambito ambientale a questa prima causa se ne devono aggiungere alcune altre. Una di queste è la presenza di vegetazione, che, per una corretta rappresentazione della porzione di territorio interessata dal rilevamento, deve essere eliminata completamente. Mentre per il caso di scansioni da aereo è possibile utilizzare specifici algoritmi per la rimozione della vegetazione, nel caso terrestre non esistono per il momento algoritmi in grado di ottenere lo stesso risultato a causa

della differente logica di acquisizione dei dati. La rimozione della vegetazione in ambito terrestre è quindi per il momento effettuata dagli utenti manualmente.
Altra possibile causa di rumore nelle scansioni laser in ambito ambientale si verifica quando si deve effettuare l'acquisizione di una parete rocciosa instabile. In questi casi, al fine di proteggere la popolazione che potrebbe venire a contatto con la parete stessa, la prima operazione che viene usualmente effettuata dagli esperti del settore per la messa in sicurezza del luogo è disporre una rete di contenimento per la caduta massi direttamente sulla parete. La rete di protezione è un'entità che per sua natura non appartiene alla parete stessa e che quindi rappresenta un disturbo da eliminare. Come la rete anche i cavi o altri manufatti artificiali posti in prossimità della parete in roccia sono da considerarsi come disturbo nella determinazione della superficie dell'oggetto stesso.

a) *b)*

Figura 2: Esempi di disturbo in ambito ambientale
a) vegetazione, b) di rete di protezione

Il filtraggio dei dati

Il problema della rimozione degli errori di acquisizione legati alla strumentazione è già stato affrontato dagli autori nel passato attraverso la realizzazione di algoritmi specifici di filtratura dei dati laser scanner, algoritmi implementati all'interno del software di trattamento dei dati laser scanner LSR 2004.
Si è al contrario recentemente affrontato il problema della presenza di una rete di protezione all'interno della nuvola di punti laser.
La rete è in genere composta da cavi di acciaio di dimensione variabile tra qualche millimetro e qualche centimetro. Può presentarsi all'utente in due posizioni differenti: semplicemente appoggiata alla parete rocciosa o staccata da essa di una quantità variabile a seconda della morfologia della parete stessa. Nel primo caso, con gli strumenti laser oggi presenti sul mercato, risulta impossibile discriminare la rete dalla parete stessa in quanto si tratta di entità troppo ridotte rispetto alla precisione con la quale è possibile determinare la posizione dei punti acquisiti (variabile tra i 5-6 mm ed i 2 cm).
E' possibile al contrario procedere alla rimozione semi-automatica della rete di protezione se questa si discosta dalla parete stessa di una quantità superiore alla precisione nominale di acquisizione del sensore.
L'algoritmo sviluppato dagli autori per la rimozione della vegetazione effettua l'eliminazione della rete di protezione mediante una semplice analisi di segmentazione morfologica locale del DSM. La nuvola di punti acquisita con il laser scanner è considerata come un'acquisizione di tipo sferico, di ogni punto quindi sono considerate le coordinate sferiche, due angoli ed una distanza. Il modello è analizzato utilizzando una finestra sferica di tipo mobile all'interno del modello 3D di dimensione strettamente legata al passo di acquisizione laser, mediamente di dimensione pari a circa 4 volte il passo di acquisizione. Sono quindi analizzati di volta in volta i punti presenti all'interno della

finestra di analisi. L'elaborazione consiste nella valutazione della posizione spaziale del punto centrale della maglia rispetto a tutti gli altri punti presenti nella maglia stessa in funzione delle precisioni strumentali. Si tratta in pratica di una segmentazione locale del modello in funzione della distribuzione spaziale dei punti.
Nel caso di presenza di una rete di protezione dall'analisi descritta si ottengono due sottoinsiemi, il primo ad una distanza dal centro di presa del laser inferiore, ed un secondo sottoinsieme di punti ad una distanza dal sensore più elevata. Per la logica di acquisizione il primo insieme rappresenta la rete di protezione mentre il secondo sottoinsieme rappresenta la parete rocciosa. In questo modo è possibile individuare e rimuovere dalla nuvola di punti la porzione relativa alla rete di contenimento (vedi figura 5)
Utilizzando lo stesso strumento di analisi è possibile ottenere e gestire anche più di due sottoinsiemi di punti. E' il caso in cui ad esempio l'entità di disturbo è legata alla presenza di arbusti o vegetazione sull'oggetto che si vuole rilevare. In questo caso l'algoritmo funziona sostanzialmente allo stesso modo del caso precedente. Si assume in prima ipotesi come oggetto, o come porzione di parete rocciosa, il sottoinsieme di punti più distante dalla fonte di emissione laser. Si procede quindi all'analisi della distribuzione spaziale dei vari sottoinsiemi ed al numero di punti presente sull'ultimo sottoinsieme per capire se questo effettivamente è una porzione della superficie rocciosa o è ancora parte della vegetazione presente.

a) *b)*

Figura 3- Porzione di DDSM laser di zona fortemente vegetata.
a) DDSM originale non filtrato, b) DDSM filtrato

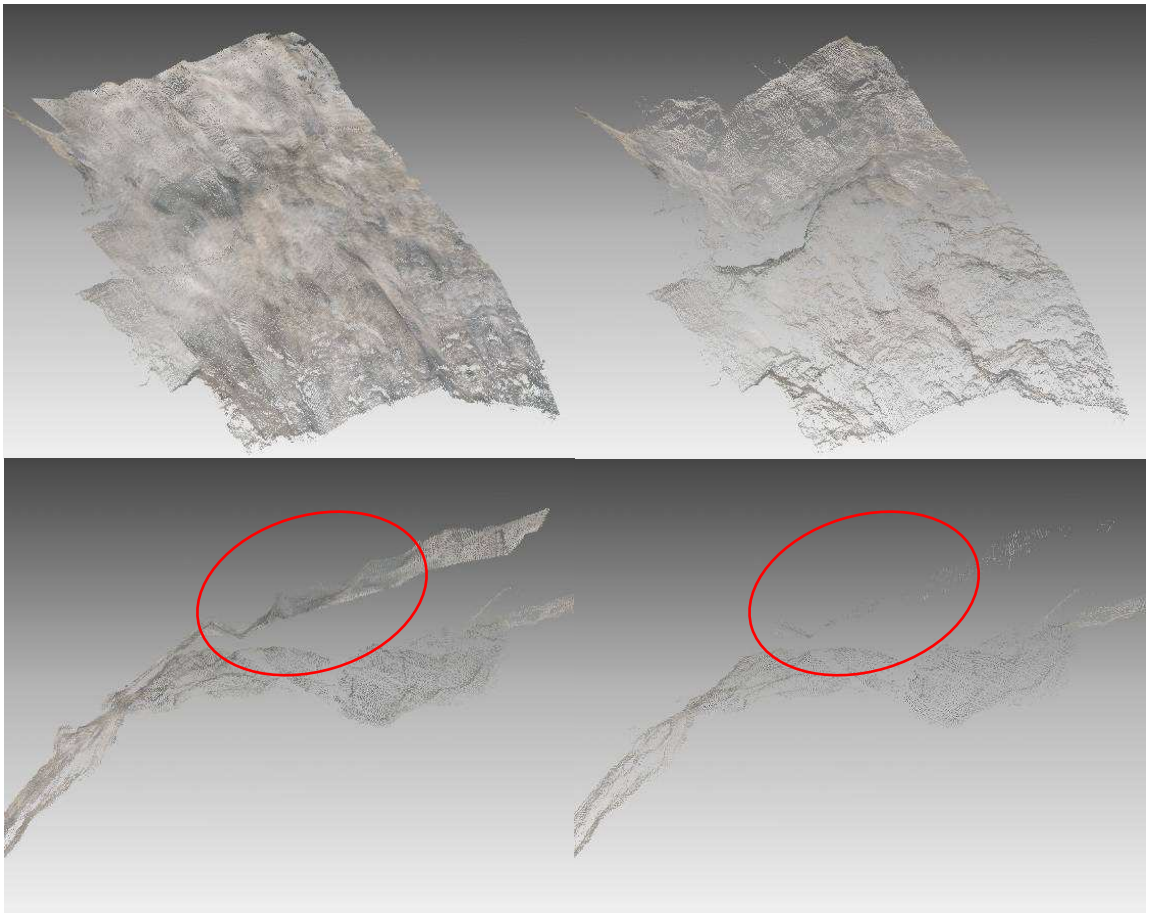
Nel caso di vegetazione molto fitta è possibile infatti che l'oggetto non sia stato per nulla acquisito e che tutti i punti acquisiti appartengano al fogliame. In questo caso localmente si formano molti sottoinsiemi formati da pochi punti spazialmente vicini tra loro.
L'accettazione o meno dell'ultimo insieme di punti come oggetto è legato a dei valori di riferimento impostati dall'utente che si occupa di trattare i dati. Questi valori sono stabiliti effettuando alcune prove con parametri differenti su un'area test in modo da ottimizzali a seconda dell'ambito nel quale si va a lavorare.

Il caso reale: La parete rocciosa di Longeborgne
L'algoritmo descritto è stato realizzato e utilizzato per la prima volta nel trattamento dei dati acquisiti alla parete rocciosa di Longeborgne, in Svizzera, località che si trova a pochi km dalla cittadina di Sion.
La parete rocciosa in questione presenta problemi di stabilità. A ridosso della parete rocciosa sorge un luogo religioso di pellegrinaggio assiduamente frequentato dai religiosi e dai pellegrini della regione. A difesa delle persone che risiedono e visitano questo luogo sulla parete sono state installate delle reti di protezione molto fitte per contenere l'eventuale caduta massi dall'alto.

Per ottenere il modello 3D della parete rocciosa sono state effettuate 3 acquisizioni da 3 punti di vista differenti. Si tratta degli unici 3 punti dai quali è possibile effettuare delle acquisizioni laser.
Il laser utilizzato è il RIEGL LMS-Z420 dotato di distanziometro laser di classe 3R con precisione nella determinazione delle distanze di 2 cm e portata massima pari ad 1 km. Questo laser permette l'acquisizione del primo o dell'ultimo impulso di ritorno.
A causa della presenza della rete è stata progettata un'acquisizione con il passo di acquisizione massimo raggiungibile con il sensore a disposizione e nella modalità *last pulse*.

Figura 4- La parete rocciosa di Longeborgne

La prima operazione effettuata dopo l'acquisizione è stata l'analisi dei dati per capire quanto la rete di protezione presente avesse generato rumore. Nonostante le piccole attenzioni poste durante le fasi di acquisizione la rete di protezione presente è stata comunque acquisita. Su 100 punti acquisiti circa il 65% sono risultati appartenenti alla maglia di protezione e solo il 35% appartenenti alla parete. Questo aspetto è sostanzialmente legato alla maglia di protezione molto fitta presente.

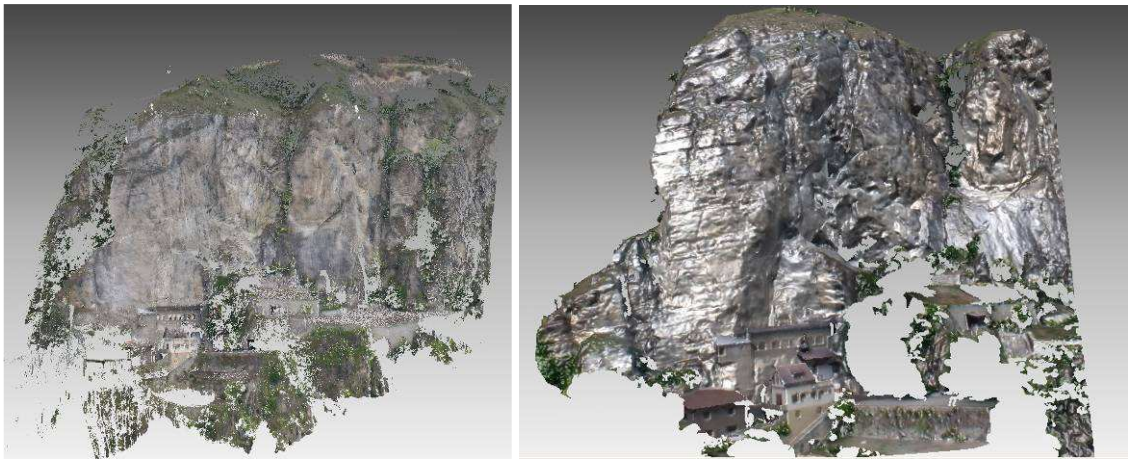


a) *b)*

Figura 5- Porzione di DDSM laser di parete rocciosa in presenza di rete di protezione. Nel cerchio rosso è evidenziata la porzione di DDSM relativo alla rete. a) DDSM originale non filtrato, b) DDSM filtrato dalla rete (parte automatica)

La rimozione manuale della rete di protezione è un'operazione molto complessa e che richiede

molto tempo ed un operatore esperto. L'algoritmo che è stato sviluppato dagli autori permette la rimozione della rete in modo automatico nella sua quasi totalità.
L'80% circa dei punti appartenenti alla rete è stato correttamente eliminato mentre tutti i punti appartenenti alla parete rocciosa sono stati mantenuti.
Per la rimozione completa della rete è comunque necessario effettuare l'*editing* manuale.



a) *b)*

Figura 6- DDSM laser della parete rocciosa di Longeborgne.
a) DDSM completo filtrato e georiferito, b) superficie finale ottenuta

Conclusioni

La realizzazione di un algoritmo specifico per la rimozione della rete di protezione permette di eliminare fino all' 80% dei punti di disturbo presenti a causa della rete stessa.
Lo stesso algoritmo ha permesso la rimozione della maggior parte della vegetazione ed in particolare del fogliame presente mentre non sono interessati dalla rimozione i rami o i tronchi degli alberi che sono entità di dimensione maggiore e quindi non discriminabili localmente dalla superficie corretta dell'oggetto.
Le operazioni di editing manuale e quindi i tempi necessari all'ottenimento del modello di superficie finale sono ridotte considerevolmente utilizzando l'algoritmo proposto. In ogni caso questa operazione è necessaria per il controllo dei dati e per capire se il filtro abbia funzionato correttamente.

Bibliografia

A. Biasion, L. Bornaz, F. Rinaudo (2005), *Laser scanning applications on disaster management*, Geo-information for disaster management, GI4DiM, The first International Symposium on Geo-information in Disaster Management – Delft, The Netherlands, March 21-23 2005.