

## **Ambiti operativi e metodologie di utilizzo di rilievi laser scanner terrestri per l'aggiornamento a grande scala di contesti urbani**

G. Caroti, A. Piemonte, I. Martinez-Espejo Zaragoza

Laboratorio A.S.T.R.O., Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale, Università di Pisa, Largo Lucio Lazzarino 1, 56123 PISA, tel 050 221 7770, fax 050 221 7779, e-mail g.caroti@ing.unipi.it

### **Riassunto**

Per garantire una corretta gestione del territorio e delle infrastrutture, le pubbliche amministrazioni necessitano di una base cartografica del territorio adeguatamente dettagliata e aggiornata.

La geomatica offre metodologie e tecniche per rispondere adeguatamente a queste esigenze ma a volte il prodotto finale è di difficile utilizzo per il Tecnico che deve operare, nella fase di studio e di progettazione, con strumentazioni software "standard".

In questo contesto si inseriscono alcune esperienze di rilievo laser scanner terrestre per l'aggiornamento a grande scala di contesti urbani, in le intersezioni stradali.

Con gli uffici tecnici dell'amministrazione comunale di Pontedera sono stati analizzati gli ambiti operativi di utilizzo dei rilievi. Nell'ottica di fornire un prodotto efficace è stata valutata quale fosse la più opportuna restituzione tridimensionale delle nuvole di punti e il loro formato di presentazione.

In questo lavoro vengono descritte le operazioni di filtraggio, organizzazione e classificazione dei dati.

### **Abstract**

In order to ensure proper management of land and infrastructure, public administrations need an adequately detailed and updated cartographic base of the area.

Although geomatics offers methodologies and techniques that adequately meet these requirements, the final product is sometimes difficult to use for engineers who, in the phase of study and design, must operate with standard software tools.

In this context, some experiences are contributed about terrestrial laser scanner surveys for large-scale updates of urban contexts, in particular road intersections.

In collaboration with the technical departments of the municipal administration of Pontedera, the fields of implementation of surveys were analyzed. In order to provide an effective product, the most appropriate 3-D rendering of point clouds and their presentation format were sought.

This paper describes the operations of data filtering, organization and classification.

### **Introduzione**

Le trasformazioni urbane e territoriali degli ultimi anni pongono agli amministratori l'esigenza di individuare strategie per affrontare le crescenti richieste di mobilità, di persone e merci, con un adeguato livello di sicurezza.

Ad oggi, uno degli indirizzi seguiti per affrontare questa problematica, viste anche le ristrettezze economiche, è quello di intervenire sul patrimonio stradale e infrastrutturale esistente con azioni di adeguamento e recupero.

I dati pubblicati dall'ISTAT evidenziano come le strade urbane siano la sede del maggior numero di incidenti stradali e in particolar modo mostrano come i punti critici siano le intersezioni stradali: le motivazioni si possono ricercare nella maggior complessità ambientale e nella promiscuità delle componenti del traffico che caratterizzano questi nodi.

Gli interventi di riqualificazione delle intersezioni stradali necessitano evidentemente di una informazione completa e corretta dello stato di fatto che non può prescindere dalla conoscenza della geometria dell'area oggetto di studio.

Frequentemente, con un rilievo tradizionale, si tende a concentrarsi sugli andamenti planimetrici e altimetrici tralasciando completamente le condizioni ambientali e il contorno.

I nostri casi studio, in questo ambito, sono due intersezioni stradali a raso poste su due strade ad alta densità di traffico e prossime al centro urbano, soggette nel prossimo futuro a verifica e adeguamento dall'Amministrazione Locale.

### I casi studio

La finalità del rilievo di questi incroci era indirizzata non solo all'acquisizione della geometria ma soprattutto alla conoscenza ad alta risoluzione dell'andamento altimetrico degli stessi (Figg. 1 e 2). Inoltre, dato il carattere di recupero e adeguamento dei prossimi interventi, è diventata importante anche la documentazione metrica del contesto ambientale, dell'eventuale apparato vegetativo, degli elementi tecnologici delle strutture e presenti.

Entrambi gli incroci sono ubicati su due arterie di importanza strategica per la mobilità locale.

Per questo motivo non è stato possibile chiudere al traffico le strade concorrenti agli incroci e, quindi, i rilievi sono stati eseguiti con i mezzi circolanti e una pattuglia dei vigili urbani ha garantito la sicurezza delle persone.



Figura 1. Intersezione ponte sullo Scolmatore - via Tosco Romagnola - Pontedera (Pisa):  
Area da acquisire: circa 7200m<sup>2</sup>.



Figura 2. Intersezione viale Europa - via delle Colline - Pontedera (Pisa):  
Area da acquisire: circa 5800m<sup>2</sup>.

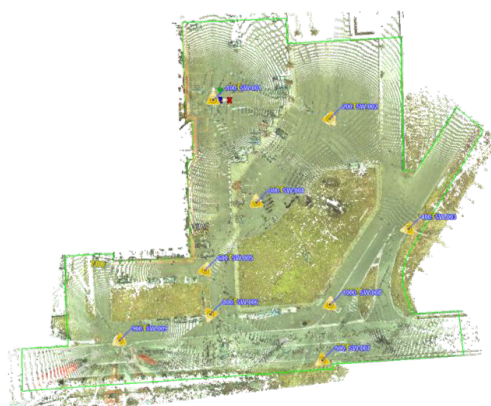
Le metodologie geomatiche generalmente utilizzate per il rilievo da terra delle intersezioni stradali sono quelle che si basano sull'utilizzo della Total Station e del GPS: entrambe presentano le caratteristica di rilevare per punti discreti, individuati dall'operatore e in generale richiedono che durante le operazioni di rilievo venga chiusa al traffico l'area da rilevare.

Il risultato finale è un elaborato "semplice", facilmente gestibile con i più diffusi software CAD in commercio.

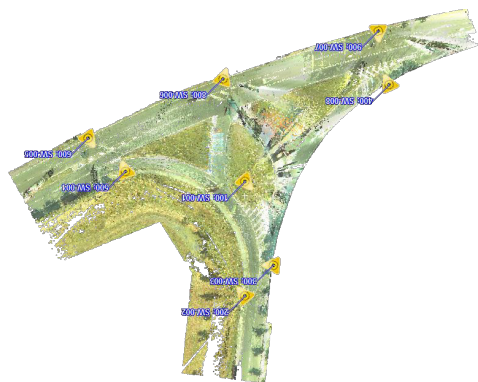
L'applicazione del Laser Scanner da terra presenta rispetto alle precedenti metodologie dei vantaggi significativi.

Tra tutti quelli ormai ben noti (rapidità, precisione, ...), quello che in questi casi è risultato risolutivo è la capacità di acquisire, senza chiudere al traffico la zona di intervento, un rilievo tridimensionale denso e uniforme della sede dell'intersezione e di rilevare il modello tridimensionale del complesso "strada-contesto urbano" da utilizzare per simulare la percezione

visiva dell'incrocio da parte sia del conduttore del veicolo sia dagli altri utenti (pedoni, ciclisti) (Figg.3 e 4).



*Figura 3. Intersezione ponte sullo Scolmatore-  
via Tosco Romagnola - Pontedera (Pisa):  
numero stazioni eseguite: 10  
densità di scansione:  
1 punto ogni centimetro a 20m  
tempo di esecuzione: 4 ore  
numero operatori: 2*



*Figura 4. Intersezione viale Europa –  
via delle Colline - Pontedera (Pisa):  
numero stazioni eseguite: 8  
densità di scansione:  
1 punto ogni centimetro a 20m  
tempo di esecuzione: 6 ore  
numero operatori: 2*

Lo svantaggio della metodologia, in questo ambito di applicazione, è il suo output, gestibile solo con software specifici e dedicati, non molto diffusi tra i tecnici e soprattutto nelle Pubbliche Amministrazioni.

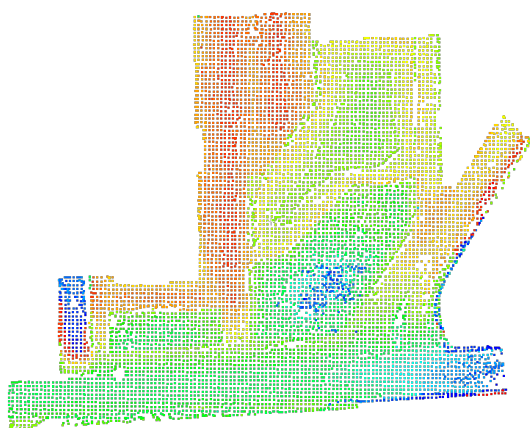
Per ovviare a questo inconveniente, nell'ottica di consegnare alla Pubblica Amministrazione un prodotto efficace e di facile utilizzo del dato rilevato e trattato, le nuvole dei punti sono state elaborate al fine di ottenere elaborati CAD contenenti le informazioni geometriche necessarie per la progettazione.

La prima fase di elaborazione dei dati è stata ovviamente quella di registrare in modo rigoroso tutte le scansioni in un unico sistema di riferimento.

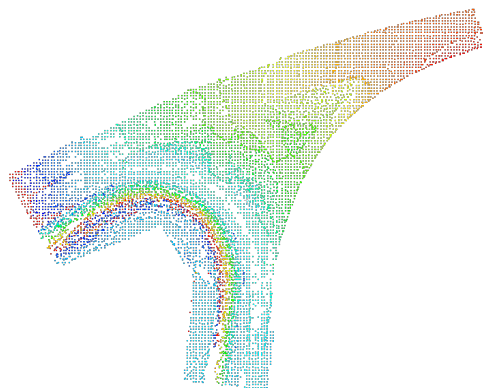
La nuvola di punti complessiva è caratterizzata dalla presenza di molto rumore, dovuto, come già citato in precedenza, all'impossibilità di chiudere alla circolazione veicolare e pedonale le aree di rilievo.

Si è dovuto, quindi, procedere ad un filtraggio manuale di tale rumore che, per le sue caratteristiche di irregolarità e variabilità, non è possibile in alcun modo filtrare automaticamente.

Ottenuta, quindi, la nuvola di punti "pulita" dalle interferenze (Figg. 5 e 6) è stato possibile procedere con le operazioni di interpolazione, decimazione e rappresentazione finali.



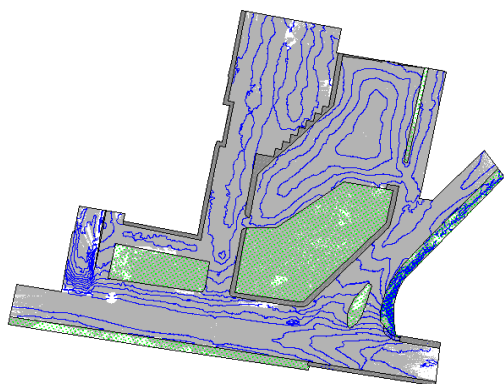
*Figura 5. Intersezione ponte sullo Scolmatore - via Tosco Romagnola - Pontedera (Pisa). Nuvola di punti filtrata e decimata: tempo di elaborazione: 1 operatore per 2 giorni.*



*Figura 6. Intersezione viale Europa – via delle Colline - Pontedera (Pisa). Nuvola di punti filtrata e decimata: tempo di elaborazione: 1 operatore per 2 giorni.*

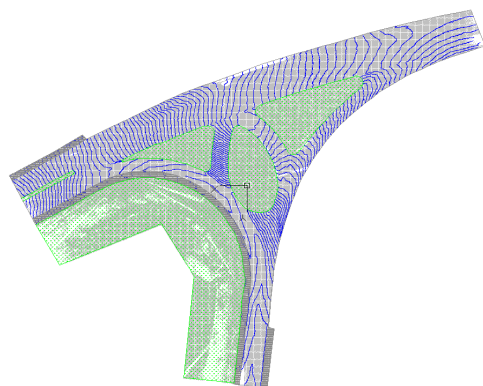
Sono stati, così, ottenuti gli elaborati in ambiente CAD fruibili dal progettista (Figg. 7 e 8):

- Nuvola di punti a passo 10cm.  
E' un layer di punti 3D, che costituisce una decimazione della nuvola di punti originale. La decimazione è necessaria per consentire l'importazione della nuvola stessa in un Autocad tradizionale non dotato di plugin per la gestione di nuvole di punti da rilievo laser (si passa da una nuvola di diverse decine di milioni di punti ad una di qualche centinaio di migliaia). Questo layer permette all'utilizzatore del rilievo di usufruire anche in ambiente CAD dell'alta risoluzione spaziale fornita da un rilievo laser e di integrare, quindi, le informazioni altimetriche date dalle curve di livello.
- Curve di livello a passo 5cm.  
E' un layer di polilinee 2D, il cui campo "elevazione" fornisce la quota corretta, che riporta le curve di livello disegnate a partire da un grigliato regolare a passo 10cm ottenuto per interpolazione IDW (Inverse Distance Weighted) dalla nuvola di punti originale. In tale interpolazione sono state inserite aree di blanking per quelle zone non appartenenti al piano stradale e all'area dell'incrocio o delle quali era impedito il rilievo.
- Immagine curve di livello CYCLONE.  
E' un layer contenente unicamente un'ortotimmagine della vista dall'alto della nuvola di punti colorata in base all'elevazione dei punti stessi. Tale immagine \*TIF è corredata dal relativo file di georeferenziazione \*TFW per il corretto inserimento della stessa nel sistema di riferimento del rilievo.
- PIANTA\_\*.  
Sono dei layer che definiscono una pianta sommaria dell'incrocio.



*Figura 7. Intersezione ponte sullo Scolmatore - via Tosco Romagnola - Pontedera (Pisa).*

*Elaborati CAD: tempo di elaborazione:  
1 operatore per 1 giorno.*



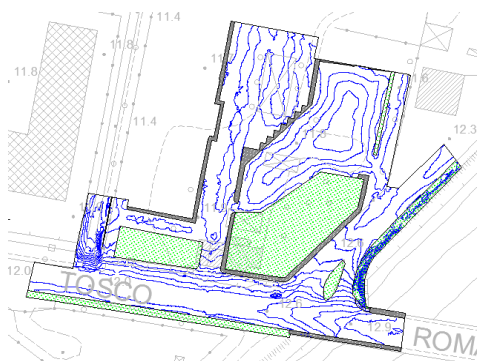
*Figura 8. Intersezione viale Europa – via delle Colline - Pontedera (Pisa).*

*Elaborati CAD: tempo di elaborazione:  
1 operatore per 1 giorno.*

Per facilitare l'integrazione dei rilievi realizzati con le banche dati riferite alla Carta Tecnica Regionale sono stati allineati planimetricamente i layer descritti nel paragrafo precedente alla C.T.R. stessa (Figg. 9 e 10).

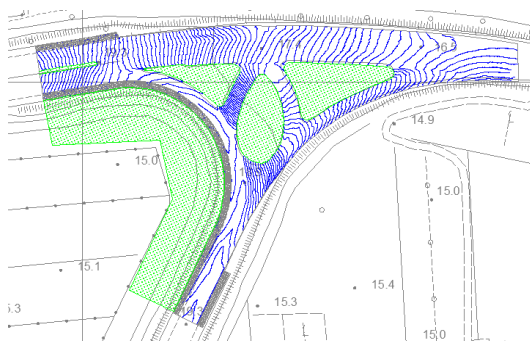
Per far questo, data la precisione metrica della carta tecnica, è stato sufficiente rototraslare il rilievo, senza variazioni di scala, appoggiandosi a due punti notevoli (spigoli edifici, linee marciapiedi o aiuole, ...) evidenti in carta e nel rilievo.

Inoltre, sono stati utilizzati i punti quotati in cartografia per traslare altimetricamente i rilievi e fornire un dato di quota s.l.m.m. (con la precisione propria delle quote della C.T.R.).



*Figura 9. Intersezione ponte sullo Scolmatore - via Tosco Romagnola - Pontedera (Pisa).*

*Inquadramento del rilievo in C.T.R.*



*Figura 10. Intersezione viale Europa – via delle Colline - Pontedera (Pisa).*

*Inquadramento del rilievo in C.T.R.*

Come ulteriore ausilio alla consultazione del rilievo si è fornito il software TrueView della LeicaGeosystems, che permette la navigazione delle scansioni laser effettuate. Si tratta di un plugin di Internet Explorer, che apre un modello 3D colorato della vista delle singole scansioni. Tale modello è navigabile ed interrogabile per quanto riguarda coordinate, angoli e distanze dei punti che lo compongono. Le coordinate disponibili in questo modello sono riferite al sistema di riferimento arbitrario, coincidente con quello della prima stazione laser scanner.



### **Conclusioni**

I casi studio hanno confermato come la tecnologia del laser scanner possa dare un utile contributo alla progettazione per l'adeguamento e il recupero delle intersezioni stradali esistenti.

In questi casi è necessario fornire al progettista un prodotto finale efficace e di facile utilizzo del dato rilevato e trattato, contenente le informazioni geometriche necessarie per la progettazione.

Il tempo necessario per produrre questi elaborati, nel caso che la circolazione dei mezzi non venga interrotta durante la fase di rilievo, è dedicato per 2/3 al filtraggio del "rumore" dovuto ai passaggi degli autoveicoli e 1/3 agli elaborati tecnici.

Il modello completo a nuvola di punti del complesso "strada-contesto urbano" assume un'importanza fondamentale per simulare la percezione visiva dell'incrocio da parte sia del conduttore del veicolo sia dagli altri utenti (pedoni, ciclisti).

### **Bibliografia:**

Vassilios Pagounis, Maria Tsakiri, Spiridon Palaskas, Barbara Biza, Elizabeth Zaloumi (2006). "3D Laser Scanning for Road Safety and Accident Reconstruction". XXIII International FIG Congress.

Constantinos Antoniou, Maria Tsakiri, George Yannis (2012). "Road safety improvements in junctions using 3D Laser Scanning". 5<sup>th</sup> Panhellenic Road Safety Conference, Volos, , October.

Antoniou, Constantinos, Tsakiri, Maria (2012). "Three-D Laser Scanning as a Tool for Modern Road Design: A Methodology and Applications in Intersection Safety Analysis". Transportation Research Board 91st Annual Meeting. Washington.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia l'Arch. F. Fantozzi del Comune di Pontedera.