

N° 6  
2009

Rivista bimestrale - anno 13 - Numero 6/09 - Spacc. in abb. postale 7019 - Filiale di Pavia

# GEO MEDIA

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente

► **Laser scanner: stato attuale e future applicazioni**

► **Le statue Moai dell'Isola di Pasqua ricostruite in 3D**

► **Mostra: Un tesoro ritrovato, dal rilievo alla rappresentazione**

► **Un report dalla Conferenza ASITA 2009**

► **OpenStreetMap: la rivoluzione delle mappe libere**

# Impiego della tecnologia laser scanner su mezzo mobile terrestre per il city modelling

di Giorgio Vassena, Costante Bonacina e Matteo Zinelli

L'impiego di sistemi GNSS (*GNSS/Inertial Navigation System*) su mezzi mobili strumentati per il *3D city modelling* è sempre più diffuso come tecnica di rilevamento avanzato. In ambiente urbano, così come all'interno di tunnel stradali, il ritorno all'impiego di strumentazione topografica classica per il rilevamento della posizione del mezzo mobile nelle fasi di acquisizione del dato 3D e di colore, si rivela sorprendentemente produttivo e accurato. L'uso della stazione totale, oltre ad avere una vasta diffusione, porta ad ottenere precisioni di allineamento paragonabili con quelle delle tecniche più sofisticate. L'uso di strumentazione comunemente disponibile presso gli operatori rende inoltre il metodo proposto – a parità di risultati ottenuti – economicamente vantaggioso.

La tecnica del city modelling per il rilevamento 3D dei centri urbani ha visto negli ultimi anni una crescente diffusione, pur all'interno di una nicchia di mercato piuttosto ristretta. Le principali limitazioni alla sua diffusione, oltre che di carattere prettamente scientifico, sono legate al costo – generalmente molto elevato – della strumentazione necessaria.

Il reimpiego di strumentazione comunemente presente presso gli operatori abbatte sensibilmente i costi di produzione dei modelli tridimensionali urbani.

L'approccio proposto in questo articolo potrebbe banalmente definirsi topografico, e introduce sostanziali innovazioni rispetto alle tecniche classiche del city modelling, proponendo un ritorno all'impiego degli strumenti della topografia tradizionale, come la stazione totale e il prisma topografico. La misura di angoli e distanze, oltre a rendere le operazioni di rilevamento rapide, ridondanti e quindi controllabili, rende accessibile il rilievo 3D dei centri urbani ad un numero maggiore di utenti, proponendo l'integrazione di tecniche di prova efficace e di sensori ampiamente diffusi.

Verranno qui descritte le fasi di realizzazione e il primo impiego di una piattaforma per rilevamento attrezzata con un laser a scansione a misura di fase ed un set di prismi topografici di precisione. La piattaforma è rigida e permette quindi l'alloggiamento del laser scanner e dei prismi in posizione ed assetto relativo costanti, tali da permettere, previa calibrazione, il calcolo inverso di posizione ed assetto del laser scanner a partire dalla posizione di almeno tre prismi misurati in campagna.

L'impiego combinato della piattaforma e di un mezzo mobile disposto ad accoglierla in posizione sopraelevata, permette di condurre produttive sessioni di rilevamento in ambito urbano, in modalità *stop&go*, al fine di ottenere direttamente in campagna un modello a nuvole di punti colorate. Il risultato si ottiene facilmente inseguendo il mezzo all'interno della città, supportati da una maglia topografica semplice.

## La piattaforma per il city modelling

La piastra, costruita in lega leggera, ha il compito di sorreggere i sensori impiegati in campagna e di garantire una configurazione geometrica costante nel tempo.

La piattaforma può essere equipaggiata con ricevitori GNSS, per i quali sono previsti quattro alloggiamenti (fissaggio 5/8" per antenne); la batteria dello strumento è fissata tramite una vite da 5/8" alla base della piastra; in questa configurazione è possibile alimentare facilmente lo strumento ed effettuare il pilotaggio del laser scanner da parte del pilota direttamente dal mezzo stesso.

## Calibrazione della piattaforma per il rilevamento

Lo scopo di ottenere rapidamente un accurato allineamento tra le nuvole di punti rilevate può essere raggiunto solo conoscendo la variazione di posizione ed assetto del



Figura 1 - Piattaforma montata sul tetto del mezzo mobile

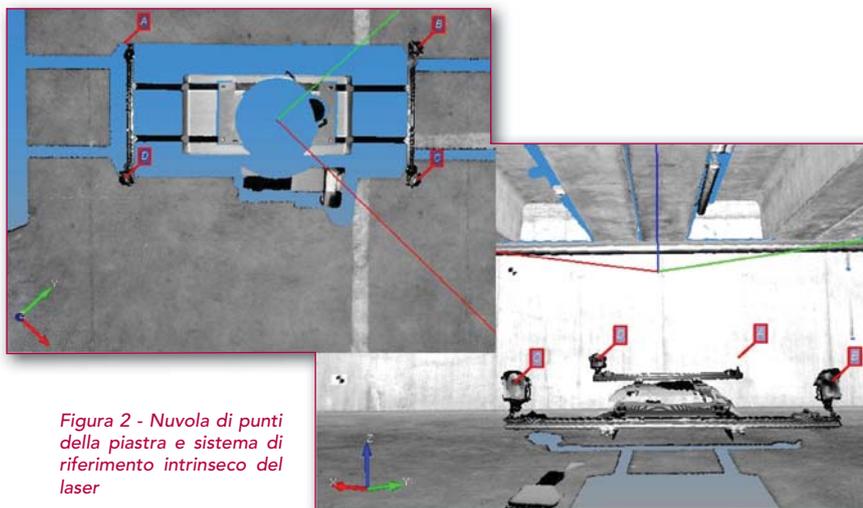


Figura 2 - Nuvola di punti della piastra e sistema di riferimento intrinseco del laser

### Caso di studio: risultati

Al fine di testare la produttività del mezzo equipaggiato e la bontà della calibrazione effettuata in laboratorio si è condotta una sessione di rilevamento all'interno di una cortina di fabbricati (vedi box). Il controllo sui risultati è effettuato, anche in questo caso, disponendo dei target cartacei sugli edifici oggetto del rilievo e rilevando la loro posizione, oltre che con il laser scanner, anche con la stazione totale.

laser a scansione durante gli spostamenti tra le postazioni di scansione. I parametri che descrivono il movimento del laser sono ottenibili, a patto di aver svolto la calibrazione, dalla sola misura della posizione dei prismi.

La procedura di calibrazione proposta permette la determinazione della posizione di ciascun prisma (A, B, C, D) nel sistema di riferimento materializzato dal laser, e l'obiettivo è raggiunto riprendendo una scena indoor opportunamente attrezzata con target cartacei di riferimento, la cui posizione viene determinata, in modo indipendente, dal laser scanner e dalla stazione totale nel sistema di riferimento dalla stessa intrinsecamente materializzato dopo la messa in stazione; la calibrazione si compie determinando, per mezzo della stazione totale, anche la posizione dei quattro prismi montati sulla piastra.

Le terne di coordinate dei punti omologhi (i target), acquisite in numero ridondante, permettono la determinazione, con stima ai minimi quadrati, dei parametri di rototraslazione per il passaggio tra i due sistemi di riferimento cartesiano.

Sono stati effettuati due stazionamenti, in centramento forzato con la stazione totale, per la misura della posizione dei target cartacei e l'inseguimento dei prismi (determinazione della posizione di ciascun prisma in ognuna delle posizioni di stop del mezzo mobile).

Il mezzo ha operato in modalità stop&go, e ha richiesto la presenza di due operatori, uno per il pilotaggio del mezzo mobile e uno per le operazioni topografiche di supporto. È stato rilevato un tratto con sviluppo longitudinale pari a circa 200 metri, impiegando circa 50 minuti per 9 scansioni (il rapporto scansioni/metro è elevato a causa dell'articolazione planimetrica del tratto rilevato).

I target sono stati misurati da entrambe le posizioni con la stazione totale al fine di garantire una maggior precisione, da considerarsi di un ordine di grandezza superiore a quella ottenibile con il laser scanner.

Conclusa la fase di acquisizione, il processamento dei dati prevede la compensazione dei dati celerimetrici nel sistema di riferimento topografico per ottenere le coordinate, ove necessario, e la rototraslazione delle nuvole di punti in un modello unitario, operazione quest'ultima effettuata automaticamente dal software JRC 3D Reconstructor di Gexcel.

### Strumenti impiegati per il test nella configurazione standard della piattaforma

- Automezzo: **Fiat Multipla**
- Piattaforma **TopoCityModelling**
- Laserscanner **CAM2 Faro Photon80**
  - . Risoluzione verticale: 0.009° (40.000 3D-Pixel a 360°)
  - . Risoluzione orizzontale: 0.00076° (470.000 3D-Pixel a 360°)
  - . Risoluzione angolare (hor./vert.): ±0.009°
  - . Velocità massima di scansione sull'asse verticale: 2880 rpm
  - . Divergenza del raggio: 0.16 mrad (0.009°)
  - . Diametro del raggio all'uscita: 3.3 mm, rotondo
- Stazione totale **Leica TCA 2003**
  - . Precisione di misura angolare di 0.5" (0.15mgon) (ISO 17123-3)
  - . Precisione di misura della distanza 1mm+1ppm (deviazione standard, ISO 17123-4)
- 4 prismi **Leica GPH1P**

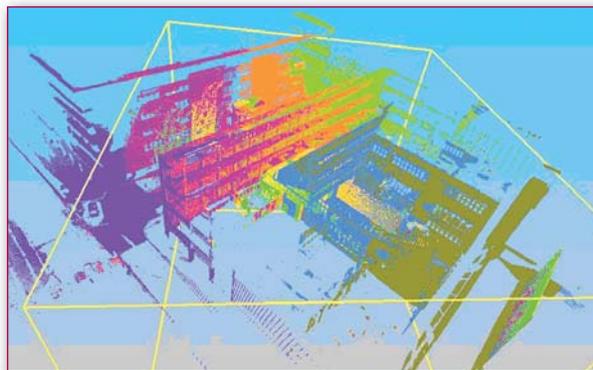


Figura 3 - Allineamento delle nuvole, distinte per colore

Il controllo sui risultati ottenuti è fornito dal confronto tra le coordinate dei quattro target cartacei ottenute in modo indipendente dalle misure topografiche e laser, e riportate nel medesimo SDR.

I vettori scostamento si attestano in media attorno ai 2cm, e permettono quindi di procedere in automatico all'allineamento fine con tecniche numeriche (algoritmo ICP).



Figura 4 - Estratto del modello tridimensionale del centro storico di Sirmione

### Test sul campo: Comune di Sirmione del Garda

Un ulteriore test, questa volta operativo, è stato realizzato all'interno del comune di Sirmione del Garda. Il mezzo mobile ha percorso il centro storico della cittadina bresciana permettendo di ottenere, in meno di una giornata di lavoro, il modello tridimensionale di circa metà del centro storico cittadino (figura 4). La produttività del metodo è risultata particolarmente efficiente, in particolare svincolando il rilevamento dall'aggancio con la rete satellitare di posizionamento GNSS, spesso difficoltosa in ambiti urbani caratterizzati da strade e percorsi assai stretti e con minima vista dell'arco celeste.

### Sintesi dell'approccio metodologico

Come è noto, le metodologie di allineamento automatico di scansioni, tramite ad esempio l'approccio ICP utilizzato dal software JRC 3D Reconstructor, permettono di giungere a un'ottima qualità in termini di accuratezze nell'allineamento tra scansioni adiacenti. La mancanza del posizionamento GPS del mezzo mobile e la non conoscenza dell'orientamento approssimato tra scansioni, rende l'unione delle scansioni acquisite percorrendo l'ambito urbano, assai lungo e poco produttivo. Poter conoscere la posizione relativa e l'orientamento relativo tra scansioni successive acquisite dal mezzo mobile, permette di inserire nell'elaborazione del dato un valore approssimato di orientamento che determina un deciso incremento nella velocità di allineamento tramite ICP delle scansioni adiacenti. Questo incremento di produttività è assai elevato rendendo il rilevamento di modelli tridimensionali di centri storici cittadini effettivamente perseguibile e realizzabile dalle amministrazioni comunali in quanto di costo assai contenuto.

### Conclusioni

I risultati ottenuti sono soddisfacenti, e il rapporto costo/km, valutato anche su altri casi studio, pone questa tecnica in una posizione privilegiata per l'impiego in lavori di piccola e media dimensione, minimizzando l'impiego di mezzi e consentendo un buon controllo dei risultati. Si è coscienti che tale tecnologia rappresenta

unicamente un momento di transizione e che a breve l'incremento del numero di satelliti GNSS, quello delle accuratezze degli INS e delle caratteristiche di allineamento automatico delle scansioni renderà tale approccio non più conveniente. Allo stesso tempo è da ritenere che al momento tale approccio permetta di coprire le esigenze di conoscenza tridimensionale del nostro patrimonio storico urbano. Tale approccio risulta inoltre assai efficace in rilevamenti in modalità Stop&Go di tunnel stradali, dove la strumentazione mobile dotata di odometri, INS e GNSS non risulta impiegabile e dove in alternativa la necessità di posizionare target sui paramenti interni della galleria renderebbero il rilevamento poco produttivo. **G**

### Bibliografia

- Horn B.K.P. (1987), *Closed Form Solutions of Absolute Orientation Using Unit Quaternions*, J. the Optical Soc. Am-A, vol. 4, no. 4, pp. 629-642.
- Huising, E. J., Pereira, L. M. G. (1998). *Errors and accuracy estimates of laser data acquired by various laser scanning systems for topographic applications*. ISPRS J. Photogrammetry., 53 (5), 245 - 261.
- Ingensand, H., A. Ryf, and T. Schulz (2003), *Performances and Experiences in Terrestrial Laserscanning*. Proceedings of the 6th Conference on Optical 3D Measurement Techniques, Zurich.

### Abstract

#### Use of laser scanner on mobile equipment for city modelling

The use of GPS/INS systems on mobile instrumental equipment for 3D city modelling is more and more widespread as advanced technology of survey. These systems offer good versatility, even if with some problems linked to urban canyon and to the drift of inertial systems. In urban contest it seems also profitable the employment of classical topographic equipment for surveying of position of mobile mean in the 3D and colour data acquisition phase. This technology, easy to use, guarantees a good efficacy on urban scale and accuracies of alignment comparable to those of consolidated technology. The employment of equipment commonly available from operators makes the method proposed economically favourable, results being equal.

### Autori

PROF. GIORGIO VASSENA  
GIORGIO.VASSENA@UNIBS.IT

ING. COSTANTE BONACINA  
COSTANTE.BONACINA@UNIBS.IT

MATTEO ZINELLI  
MATTEO.ZINELLI@GMAIL.COM

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA – DICATA  
VIA BRANZE, 43  
25123 BRESCIA

**2010!**  
**è tempo di**  
**rinnovare**  
**l'abbonamento.**

**Abbonati a GEOmedia.**  
[www.rivistageoedia.it](http://www.rivistageoedia.it)

## CARTOLINA DI ABBONAMENTO

**Abbonamento  
annuale a  
GEOmedia €45**

Ragione Sociale \_\_\_\_\_  
P.I./C.F. \_\_\_\_\_  
Cognome \_\_\_\_\_ Nome \_\_\_\_\_  
Indirizzo \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_  
Cap \_\_\_\_\_ Comune \_\_\_\_\_  
Tel. \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_  
E-mail \_\_\_\_\_

### Tipo di organizzazione

- Società di ingegneria
- Consulenza
- Formazione
- Università
- Produttore
- Assoc. categoria
- PAC
- PAL
- Ente parco
- Comunità montana
- Uff. Tecnico
- Altro \_\_\_\_\_

### Attività primaria

- Cartografia
- Rilievi GPS
- Topografia, Geodesia
- Catasto
- GIS/SIT
- Ingegneria del territorio
- Protezione ambientale
- Banche dati territoriali
- Formazione
- Editoria
- Consulenza
- Altro \_\_\_\_\_

**Geo4all**

Scelgo di pagare secondo quanto di seguito indicato:

- Conto corrente postale n. 67876664 intestato a: A&C 2000 S.r.l.
- Bonifico bancario alle seguenti coordinate:  
IBAN: IT91T0760103200000067876664  
Banco Posta S.p.a intestato a: A&C 2000 S.r.l.
- Pagamento online all'indirizzo: [www.rivistageoedia.it](http://www.rivistageoedia.it),  
nella sezione "abbonamento online".

Da inviare completo delle informazioni + allegata copia di pagamento

I dati forniti saranno utilizzati in conformità con le vigenti norme sulla privacy (d.lgs 196/03)