

Lynx Mobile Mapper

La nuova tecnologia laser per il rilievo del Catasto delle Strade

LYNX MOBILE MAPPER È UNA INNOVATIVA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER CHE HA MOLTEPLICI POSSIBILITÀ DI IMPIEGO TRA I QUALI IL PIÙ IMPORTANTE È IL CATASTO DELLE STRADE, LA NUOVA STRUMENTAZIONE È IN GRADO DI GARANTIRE I LIVELLI DI PRECISIONE GEOMETRICA RICHIESTI DAL DM 1.6.2001.

Grazie alla collaborazione tecnica tra la canadese Optech, società leader mondiale nella produzione di sensori laser, Sineco (società del gruppo Autostrada Torino Milano), in qualità di "end-user" tecnologico, e l'Istituto O.G.S. di Trieste, quale partner scientifico, è stata sviluppata una innovativa strumentazione, il Lynx Mobile Mapper che rappresenta a tutti gli effetti la nuova generazione di tecnologia "laser scanning" in quanto rivoluziona completamente le tradizionali metodologie di rilievo.

E' così che, dopo aver partecipato attivamente a questo progetto, Sineco è divenuta, tramite la mediazione commerciale di Codevintec, partner italia-

no di Optech, la prima società al mondo a dotarsi di questa strumentazione.

Il Lynx Mobile Mapper è un veicolo completamente integrato, basato sulla combinazione di sensori laser, sistemi di navigazione inerziali e satellitari, in grado di eseguire la scansione laser georiferita delle infrastrutture e del territorio in modalità dinamica, raggiungendo velocità di crociera anche di 100 chilometri ora.

Le caratteristiche peculiari che caratterizzano il veicolo e che lo rendono unico in questo settore sono:

- elevata densità di punti: ad esempio, su ogni metro quadrato di superficie stradale si ottengono fino a 4.500 punti ad una velocità di 10 chilometri/ora e oltre 1.000 punti a 40 chilometri/ora;
- emissione di 200.000 impulsi laser al secondo (registrando fino a quattro echi per ogni impulso);
- fino a 800.000 misure al secondo;
- angolo di scansione di 360 gradi;
- sistema di navigazione con ottime performance e precisione;
- oltre 200 metri di range di misurazione.

A tutto ciò, infine, si aggiunge la totale sicurezza per la vista garantita dal sistema laser di Classe 1, caratteristica fondamentale per poter operare in contesti caratterizzati dalla presenza di persone.

SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Il Lynx Mobile Mapper è costituito dai seguenti moduli, tra loro integrati ed installati su una piattaforma posizionata sul tetto del veicolo.



Lynx Mobile Mapper

Modulo di Posizionamento ed Orientamento POS:

Si tratta del sistema POS LV-420 della Applanix, avente una frequenza di acquisizione di 200 hertz, in grado di garantire notevoli precisioni anche a velocità di acquisizione sostenute.

Il modulo è formato da un sistema di navigazione satellitare "Global Positioning System" GPS, da un "Inertial Measurement Unit" IMU e da un odometro di precisione (DMI).

L'IMU è costituito da tre accelerometri e tre giroscopi che misurano accelerazioni e velocità angolari con le quali determinare, istante per istante, la traiettoria e l'assetto del veicolo (posizione, velocità, accelerazione, orientamento e rotazione).

L'integrazione dei due sistemi (IMU e GPS) consente di far fronte all'eventuale perdita del segnale inviato dal satellite e di mantenere costantemente livelli di elevata accuratezza nella misura della posizione in ogni condizione operativa.

L'odometro DMI è in grado di restituire milleottocento impulsi per giro, garantendo un errore massimo di 20 centimetri ogni chilometro percorso.

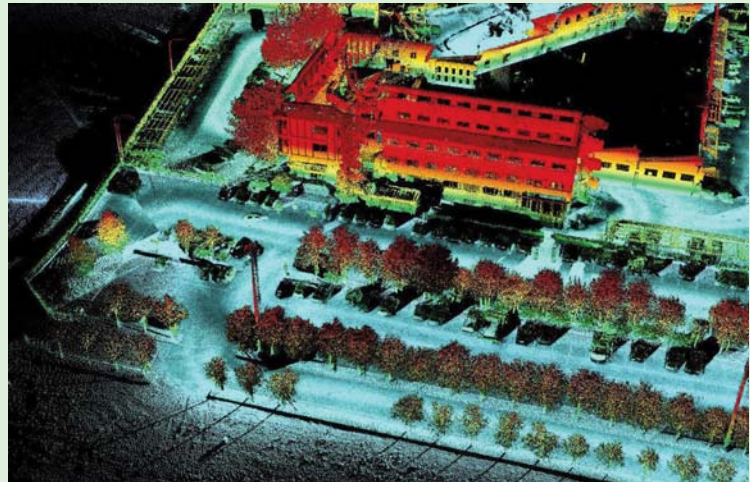
L'unità centrale integra i tre sistemi utilizzando l'algoritmo di Kalman che ottimizza i dati, sia come previsione di posizione tramite l'IMU (aggiornato continuamente dal GPS) sia come calcolo di migliore accuratezza della posizione prefissata dal modello dinamico del sistema.

Con coperture satellitari ottimale, si giunge ad una precisione planimetrica (X,Y) pari a 0,05 metri e ad un errore massimo della quota (Z) inferiore a 0,15 metri.

Modulo Laser Scanner

E' formato da due sensori Lidar della Optech; la tabella seguente elenca le caratteristiche tecniche di ognuno di essi.

SPECIFICHE TECNICHE	
Velocità di rotazione	9000 giri/minuto
Precisione misura	±7 mm (1 sigma) a 100 metri;
Risoluzione spaziale	fino a 1 cm a 50 km/ora
Portata	>100 metri (con 20% riflettività)
Angolo di scansione	360 gradi
Numero shot al secondo	200.000 (per i due sensori)
Misure per ogni punto	fino a 4 simultaneamente
Temperatura operative	da - 20 °C a + 40 °C



"Nuvola di Punti" generata dal Lynx



La piattaforma

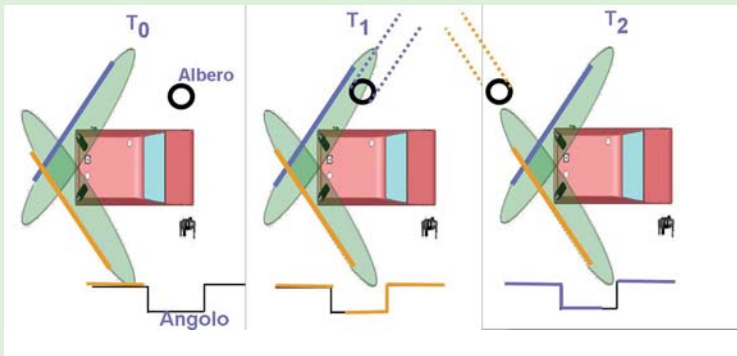
Modulo Video

Il modulo può essere configurato, in funzione della finalità del rilievo, con un numero variabile di telecamere ad alta risoluzione, di norma cinque, di cui tre in posizione frontale e due telecamere in posizione laterale e/o posteriore.

Il sistema video è "distance dependent", ovvero è possibile impostare la sequenza di campionamento, indipendentemente dalla velocità del mezzo, permettendo così all'operatore di scegliere il passo di volta in volta più performante. Infine, ogni fotogramma risulta georiferito nello spazio grazie alla sua sincronizzazione con il Modulo di Localizzazione POS.

MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RILIEVO

Il Lynx Mobile Mapper semplifica enormemente la fase esecutiva del rilievo che si svolge percorrendo la rete stradale o la zona da rilevare alle normali velocità, compatibilmente alle condizioni reali di traffico ed alla tipologia della strada. Ogni laser, compiendo rotazioni di 360 gradi, realizza una superficie di scansione circolare con un raggio superiore a 100



Processo di scansione in presenza di superficie irregolare: A = superficie coperta dal primo laser; B = superficie coperta dal secondo laser; C = superficie scansionata risultante (A + B)

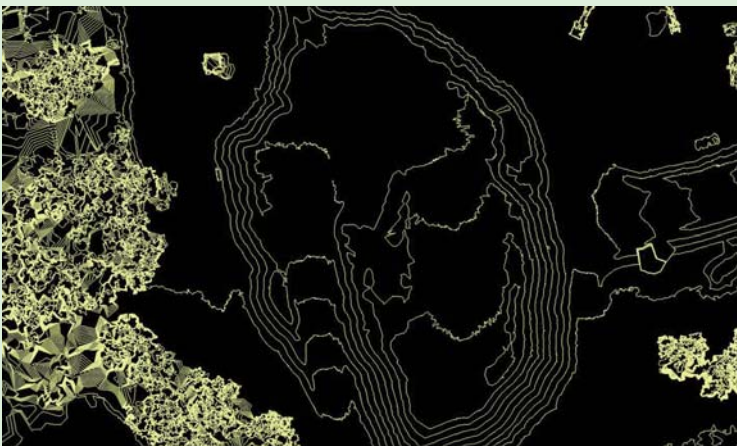
metri e inclinata di 20 gradi, in elevazione, e di 45 gradi rispetto all'avanzamento. Durante il rilievo sono acquisite le posizioni GPS del veicolo e integrate con le informazioni della IMU e dell'odometro. Gli strumenti di bordo del Lynx monitorano in tempo reale i parametri che condizionano il calcolo della traiettoria, come ad esempio la copertura satellitare e il "Dilution of Precision" DOP.

E' inoltre possibile sospendere e/o ritardare il rilievo ogni qualvolta ci si avvicini al valore limite del PDOP, "Position Dilution of Precision". La particolare disposizione delle due aree di scansione permette di rilevare gli oggetti sui tre lati e di ridurre al minimo le zone d'ombra.

Per esempio un oggetto posto trasversalmente alla direzione di marcia (come sovrappassi, cartellonistica, ecc.) viene letto sul fronte, sul retro e sul fianco senza necessità di ripercorre il tragitto nella direzione inversa.

ELABORAZIONE DEI DATI

I dati di posizionamento vengono elaborati mediante il software POS-PAC della Applanix che permette di ricostruire il tracciato georiferito compiuto durante la missione e dunque la "Smoothed Best Estimated Trajectory" SBET. L'integrazione dei dati GPS con



Generazione del piano quotato

i dati della piattaforma IMU e quelli dell'odometro avviene mediante un filtro di "Kalman" che porta ad una ricostruzione del tracciato anche nei punti in cui i dati del GPS sono risultati inaffidabili o assenti.

Il tracciato georiferito costituirà così il sistema di appoggio dal quale potranno essere calcolate le coordinate geografiche X, Y, Z della nuvola dei punti generata dai sensori laser.

In funzione delle finalità del rilievo, sono quindi utilizzati - oltre ai software commerciali come Polworks, Terascan, ecc. - specifici algoritmi messi a punto da Sineco che consentono il trattamento della nuvola dei punti georiferiti. E' possibile così visualizzare, classificare ed elaborare milioni di punti e digitalizzare modelli 3D di strade, edifici e del territorio, così come effettuare accurate misure sulle distanze, pendenze, angoli e volumi lavorando direttamente sulla nuvola di punti acquisita. I dati possono essere esportati nei formati maggiormente utilizzati come ASCII, LAS, SHP, DXF, ecc.

IL CATASTO DELLE STRADE

Una delle tante applicazioni del Lynx è quella relativa alla formazione di Banche Dati stradali geografiche ed alfanumeriche per il Catasto delle Strade di cui al DM 1/06/2006.

In questo settore applicativo, la nuova strumentazione rappresenta una svolta tecnologica rispetto ai classici sistemi mobili di acquisizione, denominati "Mobile Mapping System" MMS o più comunemente "VideoCar", in quanto garantisce in ogni condizione operativa il raggiungimento dei requisiti di precisione di tipo geometrico imposti dal decreto sopra citato.

A riguardo, si ricorda la problematica relativa alle precisioni stringenti richieste per la larghezza stradale che deve essere inferiore nella misura massima assoluta di 10 centimetri, informazione tra l'altro da fornire ad ogni variazione di larghezza superiore alla precisione indicata (10 centimetri).

E' facilmente intuibile che una variazione di tale entità per quanto riguarda il piano stradale si presenta con una altissima frequenza ed è di non facile individuazione (scarsamente percettibile ad occhio nudo ed a maggior ragione da un'analisi video) e tale da richiedere ripetute misure.

Da un punto di vista planare, il decreto ammette un errore massimo di 10 cm, mentre dal punto di vista altimetrico la precisione richiesta è dell'1% (corrispondenti ad un errore massimo di 10 centimetri su base 10 metri, sia longitudinalmente che trasversalmente).

I sistemi MMS o VideoCar oggi presenti sul mercato integrano, come risaputo, un sistema di navigazione di precisione (GPS e IMU) con un sistema fotogrammetrico. Quest'ultimo è preposto a rilevare e misurare da un punto di vista geometrico il territorio ed, in particolare, la geometria della piattaforma strada-

le e, se richiesto, quella degli oggetti presenti lungo la rete (muri di sostegno, larghezze accessi, barriere, ecc.).

Le cause di errore - e dunque la precisione ottenibile nelle misure eseguite attraverso il classico sistema "VideoCar" - sono riconducibili a diversi componenti, tra cui:

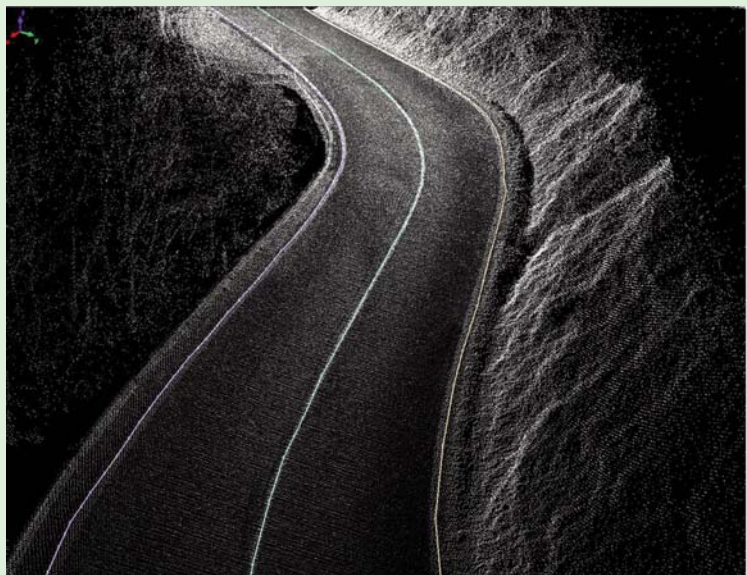
- precisione del dato di posizione/traiettoria, strettamente dipendente, a parità di condizioni operative (satelliti, punti di controllo, ecc.) sia dalla qualità della strumentazione (GPS, DGPS, sistema inerziale, odometro) sia dal sistema di post-elaborazione. In condizioni operative ottimali e con strumentazione di qualità, la precisione posizionale planimetrica può raggiungere anche l'ordine di alcuni centimetri; tipicamente, in presenza di correzione differenziale, può variare da poche decine di centimetri a qualche centimetro, rispettivamente nel caso in cui si operi con un sistema inerziale di medio livello o di alto livello;
- precisione delle misure eseguite a partire dai dati del sistema di acquisizione video-fotogrammetrico; nel caso di una coppia di fotogrammi a media risoluzione elaborati con tecniche stereoscopiche, la precisione delle misure geometriche della larghezza stradale può variare tra 5-10 cm in condizioni ottimali e 20-50 cm nei casi peggiori; quando invece l'elaborazione fosse monoscopica, la precisione ottenibile degrada in modo drastico, raggiungendo valori pari a circa il doppio di quelli citati; sulla precisione finale della misura, oltre alla risoluzione dei fotogrammi ed alla tipologia del sistema (mono o stereo) incidono infine la stabilità delle camere e la qualità dei parametri di calibrazione;
- accuratezza della sincronizzazione tra lo scatto fotografico e l'istante di effettuazione della misura posizionale, che incide sul georiferimento in funzione della velocità, della frequenza del sistema di posizionamento (POS), della particolare traiettoria e può comportare errori variabili da pochi centimetri e decine di centimetri.

In linea generale, si può affermare che mentre la precisione "assoluta" (ovvero il posizionamento in un sistema di riferimento geografico globale dell'infrastruttura rilevata) può essere raggiunta con relativa facilità dotandosi di un buon sistema di navigazione POS ed organizzando in modo opportuno la missione di acquisizione, il vero problema del rilievo geometrico è la precisione relativa della misura.

Da queste considerazioni, appare del tutto evidente come l'impiego di un sistema di scansione laser, come il Lynx Mobile Mapper, in grado di garantire misurazioni con precisione millimetrica possa oggettivamente risolvere le problematiche di precisione geometrica sopra richiamate. In aggiunta, un'altra fondamentale caratteristica di questo veicolo, che certamente lo contraddistingue dai sistemi VideoCar



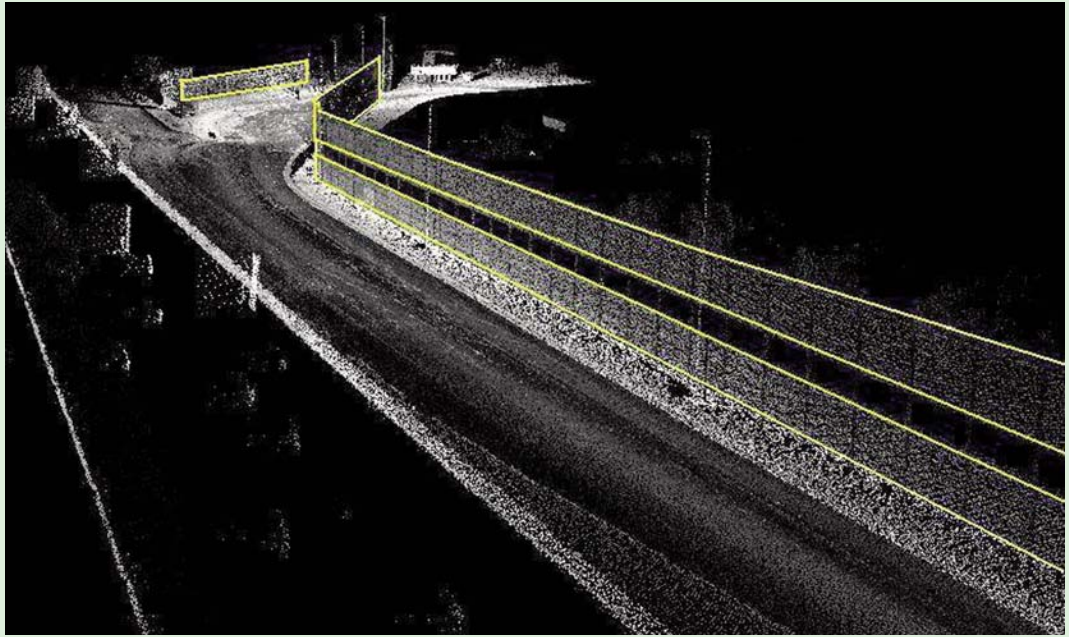
Nuvola di punti georiferiti di un tratto stradale



Vettorializzazione segnaletica orizzontale

ma anche dagli altri stessi sistemi laser scanner mobili - sia terrestri che aerei - , risiede nell'elevata densità di punti, tutti georiferiti, che è in grado di produrre (minimo 1000 punti a metro quadrato di superficie stradale). L'elevata densità della nuvola di punti prodotta dal Lynx e la copertura a 360 gradi dei sensori laser, permettono di utilizzare routine automatizzate, sviluppate da Sineco, per la vettorializzazione della piattaforma stradale e per il riconoscimento automatico delle varie "feature" di interesse, come ad esempio la segnaletica orizzontale e verticale, la cartellonistica, i dispositivi di ritenuta, barriere, ecc.

Gli algoritmi permettono di estrarre in automatico e con continuità le larghezze della carreggiata, come pure individuare sezioni in cui si manifestano particolari condizioni geometriche, come ad esempio va-



Barriera antirumore

riazioni della larghezza superiori a quella indicata dal DM, oppure intercettare quelle sezioni stradali che risultano per caratteristiche geometriche (pendenze, raggi, ecc.) non conformi alla normativa e pericolose ai fini della sicurezza.

ALTRI ESEMPI APPLICATIVI

Oltre al Catasto Stradale sopra citato, le applicazioni possono coprire vari settori tra cui:

- "City Modelling": rilievi di città, quartieri urbani o siti industriali e generazione di modelli 3D.
- i rilievi del territorio con restituzione di Modelli Digitali della Superficie (DSM) e del Terreno (DTM);
- rilievi di cave estrattive ed impianti per calcolo superfici e determinazione dei volumi di deposito/scavo;
- rilievi di caratteristiche funzionali delle pavimentazioni stradali/aeroportuali quali i parametri di regolarità longitudinale (IRI) e trasversali (ormae), gli ammaloramenti superficiali e i valori di macrotessitura.

Il risultato della scansione laser è un modello completo, costituito dalle nuvole di punti georiferiti, che costituisce la struttura di partenza per l'elaborazione di rappresentazioni bidimensionali, tavole grafiche tematiche e di modelli 3D.

Già da questi brevi cenni è possibile intuire la grande valenza tecnologica del "Lynx Mobile Mapper" che rappresenta a tutti gli effetti una novità mondiale nel settore dei rilievi laser scanner terrestri dinamici. L'alta produttività del rilievo, l'elevata flessibilità di utilizzo, la densità e precisione del dato rendono questa strumentazione di estremo interesse sia per l'operatore privato che per la pubblica amministrazione. In particolare, per quanto riguarda il Catasto delle Strade, il sistema garantisce il rispetto puntuale delle precisioni geometriche imposte dalla normativa vigente, superando così i limiti derivanti dall'analisi fotogrammetrica delle immagini video.

[autori]

Marco Garozzo, Sergio Rossi

Sineco Spa

Viale Isonzo 14/1-Milano

sineco@sineco.co.it

Telefono 02.5425901 - Fax 02.54259023

www.sinecoing.it