

di Renzo Carlucci

Laser Scanning, rilievi tradizionali topografici e aerofotogrammetrici

La Fotogrammetria non è più lei. Il processo fotogrammetrico ora coinvolge l'uso di una estesa varietà di sensori e di tecnologie per la raccolta, l'elaborazione, il controllo e la diffusione dei dati sulle caratteristiche naturali ed artificiali della terra, che quasi dimenticano il linguaggio figurato basato sul fotogramma. Ciò ha condotto ad un aumento dei volumi dei dati digitali, che richiedono nuovi metodi di archiviazione e gestione durante il processo di produzione; inoltre la comunità scientifica del telerilevamento si è concentrata fortemente sull'uso dei dati radiometrici per interpretare le informazioni derivate dalle "scene" (la "scena" è l'acquisizione digitale di un sensore confrontabile all'acquisizione del fotogramma) in contrasto con il tracciato classico, che ha teso a mettere a fuoco la qualità geometrica dei dati. Ciò nonostante, di fronte a progressi tecnologici emozionanti e nuove applicazioni, i principi di base della fotogrammetria sono ancora in uso.

Una importante innovazione, entrata ormai nell'uso corrente ed universalmente accettata, è data dalla acquisizione esatta dei centri di presa e delle rotazioni al momento della ripresa per ogni fotogramma realizzata da sistemi inerziali e GPS (tipo Applanix) che portano ad economie e risparmi di tempo notevoli se si pensa che la campagna a terra per i punti di appoggio si riduce notevolmente. Il

lavoro del topografo si limita quindi alla sola determinazione di pochi punti di controllo atti a verificare il buon esito della Triangolazione Aerea.

Innovazione del Laser Scanner

Ma gli ultimi studi e test, realizzati per l'effettuazione di rilievi del territorio a larga scala, hanno individuato particolari tecnologie che, pur mantenendo il livello di dettaglio e le accuratezze tipiche del settore cartografico, consentono di contenere i costi del rilievo.

Con i Laser Scanners, sistemi di rilevamento basati sulla misura di distanza laser, citati comunemente come LIDAR, l'innovazione introdotta è elevata in quanto viene misurata in modalità completamente automatica una semina di punti la cui densità è regolabile dall'utente. Come gran parte della tecnologia in uso, il LIDAR si è sviluppato dall'industria della difesa. Negli anni 80, alcuni sistemi di produzione LIDAR erano già in uso, anche se costosi e limitati in gran parte all'uso di enti militari. Il LIDAR è un sistema montato su velivoli aerei, costituito da un laser

La Fotogrammetria non è più lei. Il processo fotogrammetrico ora coinvolge l'uso di una estesa varietà di sensori e di tecnologie per la raccolta, l'elaborazione, il controllo e la diffusione dei dati sulle caratteristiche naturali ed artificiali della terra, che quasi dimenticano il linguaggio figurato basato sul fotogramma. Ciò ha condotto ad un aumento dei volumi dei dati digitali, che richiedono nuovi metodi di archiviazione e gestione durante il processo di produzione; inoltre la comunità scientifica del telerilevamento si è concentrata fortemente sull'uso dei dati radiometrici per interpretare le informazioni derivate dalle "scene", in contrasto con il tracciato classico, che ha teso a mettere a fuoco la qualità geometrica dei dati. Ciò nonostante, di fronte a progressi tecnologici emozionanti e nuove applicazioni, i principi di base della fotogrammetria sono ancora in uso.

Una importante innovazione, entrata ormai nell'uso corrente ed universalmente accettata, è data dalla acquisizione esatta dei centri di presa e delle rotazioni al momento della ripresa per ogni fotogramma realizzata da sistemi inerziali e GPS (tipo Applanix) che portano ad economie e risparmi di tempo notevoli se si pensa che la campagna a terra per i punti di appoggio si riduce notevolmente. Il lavoro del topografo si limita quindi alla sola determinazione di pochi punti di controllo atti a verificare il buon esito della Triangolazione Aerea.



Sezioni di un agglomerato urbano generato da Aerofotogrammetria (rosso) e da DEM derivato da Laser Scanner (blu)

destinato a misurare le coordinate 3D di un obiettivo passivo (scanner). Ciò è realizzato unendo la tecnologia di misura delle distanze con laser alle misure di orientamento e posizionamento.

Un sistema di tracciamento a dispersione nell'aria LIDAR si compone di un sottosistema elettronico che emette un raggio laser congiunto ad un sistema di ricezione della riflessione; inoltre dispone di un sottosistema di orientamento e posizionamento, dato da un GPS differenziale ed una unità IMU (Unità Inerziale), e di un'unità di archiviazione dei dati e software adeguato. Tali laser sono unità in genere funzionanti con le frequenze 1064 nm e 532 nm (lunghezze d'onda infrarosse e verdi). La fascia infrarossa fornisce un segnale di ritorno eccellente da vegetazione, e generalmente è selezionata per i sistemi topografici. A causa della relativa capacità di penetrare l'acqua, la lunghezza d'onda verde è usata anche per le applicazioni batimetriche. La frequenza di emissione, il campo di visibilità dell'ottica, l'altezza e la velocità di volo contribuiscono a determinare la densità dei punti a terra. I sistemi topografici correnti funzionano da 300 a 15.000 Hertz. I sistemi più avanzati hanno possibilità operative ampie e possono rilevare un DEM (Modello Digitale del Terreno) con accuratezze 3D fino a 5-7 centimetri (vedi sistema FlyScan di Fugro www.flimap.com).

La componente critica di tale

sistema è la larghezza di impulso e la capacità di rilevare l'impulso di ritorno. I sistemi moderni funzionano con una larghezza nominale di impulso di 10 nanosecondi o meno, esplorando un percorso sotto il velivolo derivante da un modello dei punti sulla terra. Dopo una minima elaborazione, questi punti si trasformano nella base per un DEM.

L'elaborazione dei dati

Concettualmente l'elaborazione dei dati è diretta. Una volta che le posizioni GPS sono determinate, la posizione del dispositivo d'esplorazione e l'orientamento del sensore sono usati per calcolare la posizione del punto laser rilevato sulla superficie terrestre. L'immagine risultante da un sistema LIDAR è un vero e proprio DEM, realizzato quindi al volo dopo una elaborazione che può considerarsi di routine. Poiché i sistemi si compongono di componenti e di sottosistemi ottici e meccanici, il sistema totale deve essere però calibrato in situ per fornire i risultati espressivi. Il risultato netto è la capacità di sviluppare un DEM che rappresenta la vera superficie al suolo, con accuratezze di circa 30 cm da un'altezza di volo media di 500 metri.

Con i sistemi LIDAR si sviluppano così i modelli DEM "della superficie riflettente," costituita dalle parti superiori della vegetazione e delle costruzioni o delle altezze intermedie, secondo la capacità del fascio laser di passare nelle aperture nella vegetazione.

L'uso congiunto di fotogrammetria e laser scanner

Tale tecnologia si avvale spesso dell'impiego simultaneo di due sensori, uno fotografico e l'altro laser (per la misura di distanze).

In pratica, con un solo passaggio si unificano più fasi del rilievo, ovvero:

- realizzazione di fotogrammi
- rilievo di punti di appoggio
- realizzazione di un Modello Digitale del Terreno

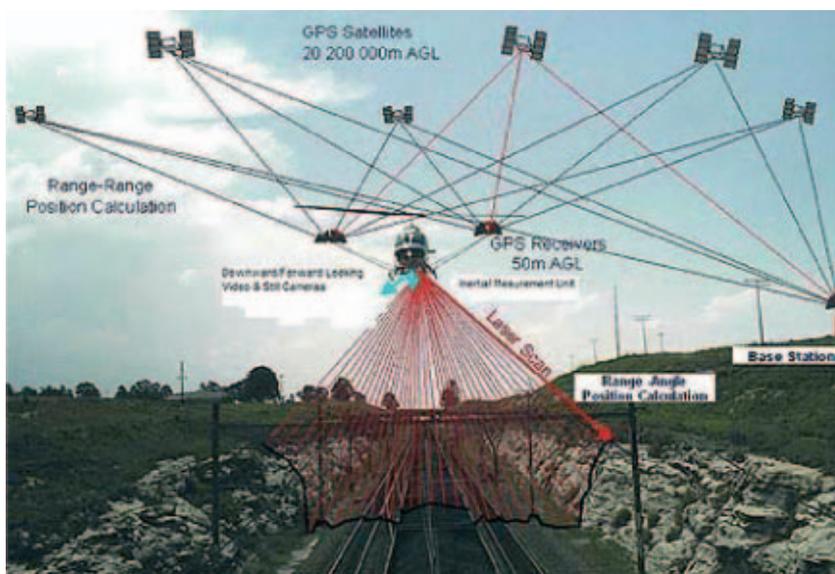
Nel comune procedimento aerofotogrammetrico tali fasi sono invece trattate separatamente.

Le due procedure differiscono sostanzialmente nella realizzazione del DEM, acquisito nella prima con modalità automatica (rilievo di punti con elettrodistanziometro laser), nella seconda con modalità semi-automatica (determinazione tramite processo stereofotogrammetrico di una griglia di punti).

I sistemi attualmente operativi sul territorio nazionale (quale ad esempio l'ALTM1210 utilizzato su molti progetti di rilevamento) si avvalgono di unità funzionali indipendenti dal vettore che possono essere montate alla bisogna sia su un vettore aereo che su elicottero. Per avere tale caratteristica di portatilità sui diversi vettori, sono realizzati con strumenti di poco ingombro e peso limitato.

Ne scaturisce un generale abbassamento del livello qualitativo dell'ottica fotografica, se si considera che una camera aerofotogrammetrica classica raggiunge risoluzioni di 100 linee per mm su fotogrammi di dimensioni pari a 24x24 cm con obiettivi di diametro di circa 50-60 cm, non comparabile con le camere digitali semi professionali ove le dimensioni del sensore sono tangibilmente ridotte così come pure le dimensioni dell'obiettivo.

D'altronde le camere aerofotogrammetriche classiche necessitano di installazioni permanenti su aerei dedicati, che ne fanno innalzare i costi operativi.



Il rilievo dei "corridoi tecnologici" con il sistema FLI - MAP

Aspetti produttivi e limiti operativi

Con l'uso del sistema ALTM1210 congiunto a camera digitale ROLLEI 6008 (sensore 6x6 cm) la quantità di fotogrammi necessari a coprire le zone interessate dal rilevamento può essere dell'ordine di 10-20 volte superiore. E' noto che la *propagazione degli errori* aumenta proporzionalmente al numero di fotogrammi richiesti.

E' inoltre da rilevare il limite operativo del sistema di misura di distanze Laser, che attualmente è condizionato da una distanza massima (e quindi quota di volo) non superiore ai 700-800 metri. Il vettore aereo non può sollevarsi sopra questa quota relativa rispetto al terreno ed è costretto quindi ad operare con un maggior numero di strisciate, tenendo oltretutto impegnata l'area del rilievo per un tempo superiore.

Il vantaggio ottenibile dal poter operare in qualsiasi condizione atmosferica (nebbia) o notturna è però abbattuto dalla necessità di fotografare comunque il terreno con condizioni di buona visibilità e in ore diurne (a cavallo del mezzogiorno).

Il Modello Digitale del Terreno prodotto da Laser Scanning è determinato da una semina di punti casuali acquisiti sul terreno sulla quale una procedura successiva di interpolazione va a determinare la superficie.

Nel procedimento di acquisizione del Modello Digitale del Terreno da Aerofotogrammetria è l'operatore che imposta i criteri per l'acquisizione manuale o semiautomatica dei punti con osservazione 3D (stereoscopica) ed interviene per posizionare anche manualmente i punti al fine della migliore definizione delle caratteristiche del terreno stesso.

Il paragone tra i due sistemi, ormai visibile in molti progetti di rilievo realizzati negli ultimi anni, se da una parte per ovvi motivi economici farebbe propendere per l'uso dei sistemi Laser Scanner, dall'altra mette in luce i migliori risultati ottenibili da Aerofotogrammetria digitale.

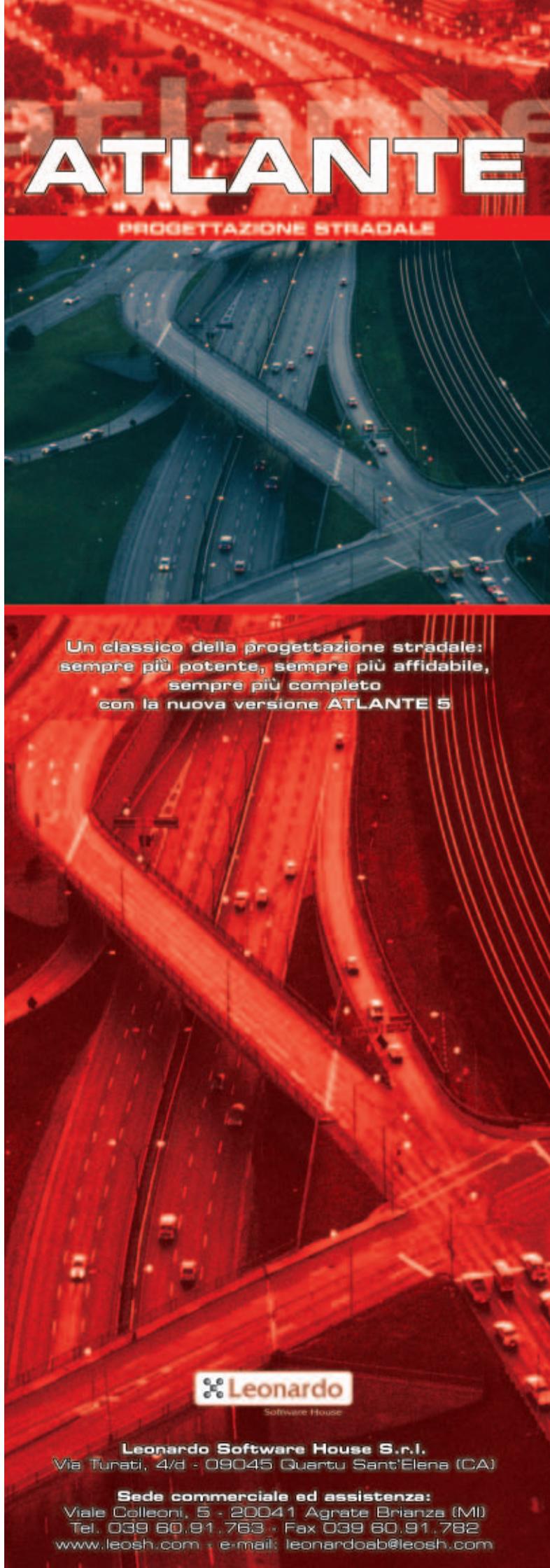
Considerazioni finali

All'inizio il rilievo veniva effettuato dal topografo, che a terra misurava tutti i punti caratteristici del territorio. Poi con la fotogrammetria si è proceduto a limitare l'attività del topografo al solo rilievo di punti "fondamentali", caratteristici di appoggio dei fotogrammi. Oggi con il Laser Scanner si vuole eliminare del tutto l'attività di rilievo accurata e precisa del topografo con un sistema che "a caso" rileva una quantità enorme di punti. Purtroppo, dato questo posizionamento casuale, pur volendo infittire la maglia il più possibile non è detto che "uno" di questi punti colpisca l'oggetto caratterizzante l'entità da rilevare.

Ma inevitabile è l'avanzare delle tecnologie, che via via saranno indubbiamente foriere di maggiore produttività e di migliori precisioni, mentre al contempo dovranno aumentare le nostre competenze e le nostre capacità nella loro gestione

Autore

RENZO CARLUCCI



ATLANTE

PROGETTAZIONE STRADALE

Un classico della progettazione stradale:
sempre più potente, sempre più affidabile,
sempre più completo
con la nuova versione ATLANTE 5



Leonardo Software House S.r.l.
Via Turati, 4/d - 09045 Quartu Sant'Elena (CA)

Sede commerciale ed assistenza:
Viale Colleoni, 5 - 20041 Agrate Brianza (MI)
Tel. 039 60.91.763 - Fax 039 60.91.782
www.leosh.com - e-mail: leonardoab@leosh.com