

# Rilievo digitale di aree urbane

di Marco Santoni, Flavia Borgioli

Da alcuni anni si sente parlare di smart cities, aree urbane che grazie all'utilizzo delle tecnologie digitali riescono ad ottimizzare e migliorare le infrastrutture ed i servizi ai cittadini rendendoli più efficienti.

Con il rapido sviluppo di tecnologie come IoT, Intelligenza Artificiale, Big Data, Cloud Computing, 5G, il concetto di smart city si sta rapidamente evolvendo verso quello di un gemello digitale (digital twin) in grado di supportare la modifica, la costruzione e l'evoluzione della città. Tuttavia lo sviluppo del gemello digitale necessita un fondamento informatico idoneo alla simulazione ed a tal proposito il rilievo geometrico dello spazio fisico diventa una parte fondante dell'intero processo. Il laserscanner mobile da veicolo è in questo senso la tecnologia che meglio si adatta a questa tipologia di applicazioni.

I sistemi laserscanner mobili attuali permettono il rilievo attraverso sensori fotografici sferici e lidar da milioni di punti al secondo, pertanto sono tra i mezzi più idonei per la mappatura massiva della città in quanto da terra riescono ad acquisire informazioni geospaziali ad una scala idonea alla maggior parte delle necessità delle applicazioni urbane a velocità tipiche del traffico urbano, come è stato possibile evidenziare dalla sperimentazione svolta da GRS per il Comune di Roma.

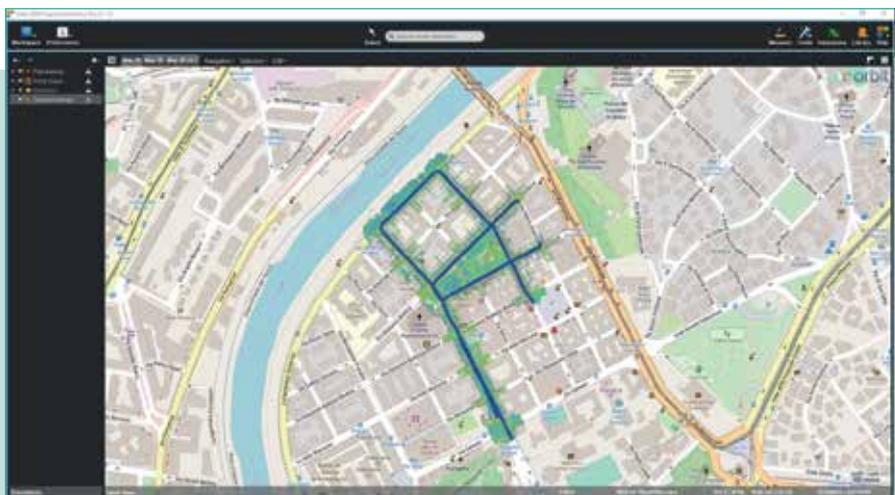


Fig. 2 - Localizzazione di una parte dell'area oggetto di rilievo (quartiere Testaccio, Roma) con pointcloud e traiettoria evidenziati.



Fig. 1 – Sistema Laserscanner Mobile Riegl VMQ-1HA montato su veicolo.

**G**RS è una società di ingegneria, geodesia e tecnologie di indagini non distruttive con sede a Roma, che impiega tecnologia laserscanner fin dagli albori di questa tecnologia.

## Caso studio: Roma. Quartieri Testaccio, Trastevere ed EUR

Nel caso studio preso in esame, il rilievo è stato svolto per mezzo del sistema laserscanner mobile altamente performante e di ultima generazione *Riegl VMQ-1HA*, corredato da una fotocamera *Ladybug 5+* per la generazione di foto panoramiche e la colorazione della nuvola di punti. Il sistema si compone di diverse parti:

- ▶ il sensore laserscanner Riegl VUX-1HA,

- ▶ La *piattaforma inerziale* Applanix AP20 corredata da una doppia antenna GNSS/GPS Trimble,
- ▶ L'*odometro* per il calcolo dei giri dei pneumatici,
- ▶ Una *control unit* per il coordinamento di tutti i sensori,
- ▶ Un *sistema informatico* per l'impostazione delle caratteristiche di acquisizione e per la memorizzazione dei dati.

La densità di punti acquisita ha permesso di ottenere informazioni geometriche dell'ambiente urbano complete e il raggio d'azione del sensore laser ha permesso di acquisire la sommità degli edifici e delle costruzioni più alte adiacenti le strade.

Il processo di rilievo è stato svolto presso 3 quartieri caratteristici della città di Roma, ovvero alcune strade principali di Testaccio, di Trastevere e dell'EUR ed ha generato una nuvola di punti con un'estensione di circa 30.000mq con uno sviluppo su strada di circa 1,4Km, per un tempo di rilievo pari a circa tre ore.

### Il rilievo: acquisizione e restituzione

Nella prima fase di rilievo, a seguito dell'accensione del veicolo, è necessario svolgere la taratura del sistema inerziale muovendo la macchina stessa in modo da generare forti accelerazioni longitudinali e trasversali. In tal modo via software è possibile osservare in diretta la diminuzione dello scarto quadratico medio di imbardata, beccheggio e rollio della piattaforma. A seguito dell'ottenimento di valori ritenuti idonei, si può quindi procedere alla fase di rilievo vera e propria, avviando il software *RiACQUIRE* della Riegl, il quale permette l'impostazione della distanza a cui si presuppone misurare gli oggetti

e la densità di punti necessaria per tale distanza e la frequenza spaziale di acquisizione delle foto sferiche. Nel caso preso in esame i punti più lontani erano rappresentati dalla sommità degli edifici, quindi meno di 50m, però andavano ricostruiti con attenzione pertanto con un elevato numero di punti su mq. Sebbene vi fosse presenza di veicoli e traffico lungo l'intera tratta, è stato possibile ottenere dati geometrici del costruito per tutte le strade che sono state rilevate. Durante lo svolgimento del rilievo è possibile ottenere una preview del dato acquisito, in modo da avere un'idea dei margini dell'area di rilievo.

Il passo successivo all'acquisizione è stata l'elaborazione dei dati acquisiti per mezzo della correzione della traiettoria attraverso il software Applanix *POSPac MMS* e l'impiego del software Riegl *RiPROCESS* e *RiPRECISION* al fine di ottenere una nuvola di punti priva di rumore e con grande accuratezza. In particolare i dati acquisiti dalla piattaforma inerziale vengono correlati ad i dati vergini *Rinex* GPS di un ricevitore GPS statico nei pressi dell'area di rilievo che ha acquisito per l'intera durata della campagna. Successivamente si

è passati alla generazione della nuvola di punti per mezzo del software Riegl ed all'incremento della precisione della nuvola stessa per mezzo dei loro algoritmi. Al termine delle elaborazioni la nuvola di punti elaborata aveva un'accuratezza del dato nell'ordine dei 2,5 cm ed una densità a terra, nei pressi del veicolo, superiore a 5.000 punti su mq. Attraverso una nuvola tanto densa è stato possibile ricostruire la segnaletica, ottenendo anche informazioni sulla sua qualità, nonché individuare tutti gli arredi urbani, pali della luce, muri ed anche le caditoie ed i tombini non coperti dai veicoli. In questo senso uno dei limiti di questa tecnologia per la ricerca dei sottoservizi è nel fatto che molto spesso i veicoli sostano sopra tombini e caditoie, rendendoli di fatto non identificabili. Nel caso di una mappatura completa di una città sarebbe necessario coordinarsi con il Comune al fine di lasciare per il solo tempo del passaggio del veicolo liberi i viali, in modo da poter usufruire di un dato completo. Un'ulteriore possibilità potrebbe essere l'integrazione del dato per mezzo del personale a terra, che si dovrebbe occupare del solo rilievo dei pozzi.



Fig. 3 – Orbit 3DM, la pointcloud con stile di visualizzazione in base alla riflettanza.



Fig. 4 - Orbit 3DM, individuazione automatica dell'oggetto lampione, con gli attributi relativi sulla colonna a destra.

#### Scheda Aziendale GRS

Il nostro obiettivo è l'eccellenza nel campo del rilievo, della valutazione e del controllo su ogni tipo di infrastruttura. Ci concentriamo sempre sull'innovazione. Lavoriamo con la massima trasparenza e veridicità verso i nostri clienti, attraverso l'utilizzo della strumentazione e dei software più avanzati. GRS è una società italiana con sede a Roma, fondata nel 1972 da *Giorgio Santoni* che ha costruito la sua straordinaria esperienza di lavoro come geometra, direttore di cantiere e di opere civili. Progettista presso lo studio McGaughy, Marshall, McMillian e Lucas Office tra il 1956 e il 1970, ha collaborato alla realizzazione delle principali opere civili quali edifici, centrali elettriche, strade, autostrade, aeroporti in Europa, Medio Oriente, Africa Settentrionale e Africa Centrale.

GRS è una realtà in costante crescita e sviluppo; il principale core business è attualmente *l'Ingegneria del controllo*, sviluppato attraverso l'implementazione di tecnologie avanzate come il Laser Scanner 3D, lo sviluppo di sistemi GIS, l'analisi geometrica e meccanica della pavimentazione stradale ed aeroportuale, la mappatura dei sottoservizi, la valutazione dei livelli di illuminazione e l'indagine della retroriflessione della segnaletica. La nostra vasta esperienza supporta il lavoro dei progettisti, dei direttori lavori e dei gestori di infrastrutture al fine di ottimizzare il processo decisionale e lo sviluppo delle soluzioni più efficienti.

Grazie alla ricostruzione delle traiettorie ed alle foto generate dalla camera sferica è possibile localizzare la posizione dove sono state scattate le foto e successivamente creare dei puntatori kmz, in formato aperto, da visualizzare in qualsiasi software GIS e anche Google Earth. In questo modo si rende possibile una navigazione delle zone acquisite con delle foto aggiornate, ad altissima risoluzione e con una data di rilievo certa.

#### Applicazione e censimento dei dati acquisiti, un aiuto dal software Bentley Orbit3DM Feature Extraction

I dati acquisiti dai sistemi laser permettono di avere un'immagine d'insieme molto completa dello stato dei luoghi, tuttavia è solo grazie alla sintesi delle forme geometriche degli elementi presenti che è possibile generare gli oggetti e associarvi attributi così da poter svolgere analisi in modo da rendere le città veramente smart.

In quest'ottica, grazie alla smisurata quantità di punti acquisiti dai sistemi laser, è possibile generare manualmente tutti gli elementi urbani presenti, anche se tale processo richiedere

grandi quantità di tempo e/o molti operatori. Per tale motivo è stato impiegato il software della Bentley Systems *Orbit 3DM Feature Extraction* che attraverso complessi algoritmi di intelligenza artificiale da noi addestrati ha permesso di riconoscere in modo automatico e semi-automatico i vari elementi che compongono l'arredo urbano quali pali della luce, cigli dei marciapiedi, alberi, aiuole ed anche segnaletica orizzontale e verticale, in modo da generare un catasto completo dello stato dei luoghi in modo semiautomatico.

Questo database specifico per ogni categoria di oggetto bi o tridimensionale può essere arricchito grazie alla possibilità di specificare a priori le caratteristiche da censire per ogni oggetto: ognuno sarà pertanto corredato dal patrimonio di metadati associati; inoltre, sulla planimetria comparirà un simbolo, modificabile per forma e colore, per ogni oggetto registrato ed aggiunto al database. Inoltre per specifiche categorie di oggetti il software è in grado di riconoscere automaticamente le sue caratteristiche peculiari, come l'altezza delle chiome degli alberi o dei pali della luce, ed inserirle in modo automatico all'interno del database associato.

Tale catasto permette non solo la rapida individuazione degli oggetti che compongono l'arredo urbano cittadino e tutto ciò che concerne la loro gestione e manutenzione da parte degli uffici tecnici preposti, ma anche e soprattutto consente all'utente finale, ogni cittadino, di poter interagire con essi e quindi con l'ambiente circostante in modo semplice e intuitivo, nell'ottica futura di una città che sia davvero smart e accessibile a tutti. L'analisi dei dati ha inoltre permesso di ottenere informazioni visive e geometriche relative a

tutti gli edifici presenti nelle immediate vicinanze della pavimentazione stradale. Una delle possibili applicazioni di tale elaborazione è la ricostruzione di prospetti degli edifici, con riconoscimento dei numeri civici dei palazzi e della presenza di eventuali passi carrabili.

Il rilievo laser ed il successivo accatastamento di quanto è fisicamente presente si pone come pilastro fondante per qualsiasi sviluppo di digital-twin ed in ultima analisi di smart city. L'integrazione delle diverse tecnologie di nuova generazione potrà aiutare gli uffici preposti nello svolgere le scelte migliori sia in termini di sicurezza per la città, sia in termini di gestione del traffico e di ogni tipo di emergenza. Inoltre l'impiego di un'unica piattaforma informatica da parte di tutti i vari corpi che lavorano nella città insieme ne permetterà sia un coordinamento che un'integrazione migliore.

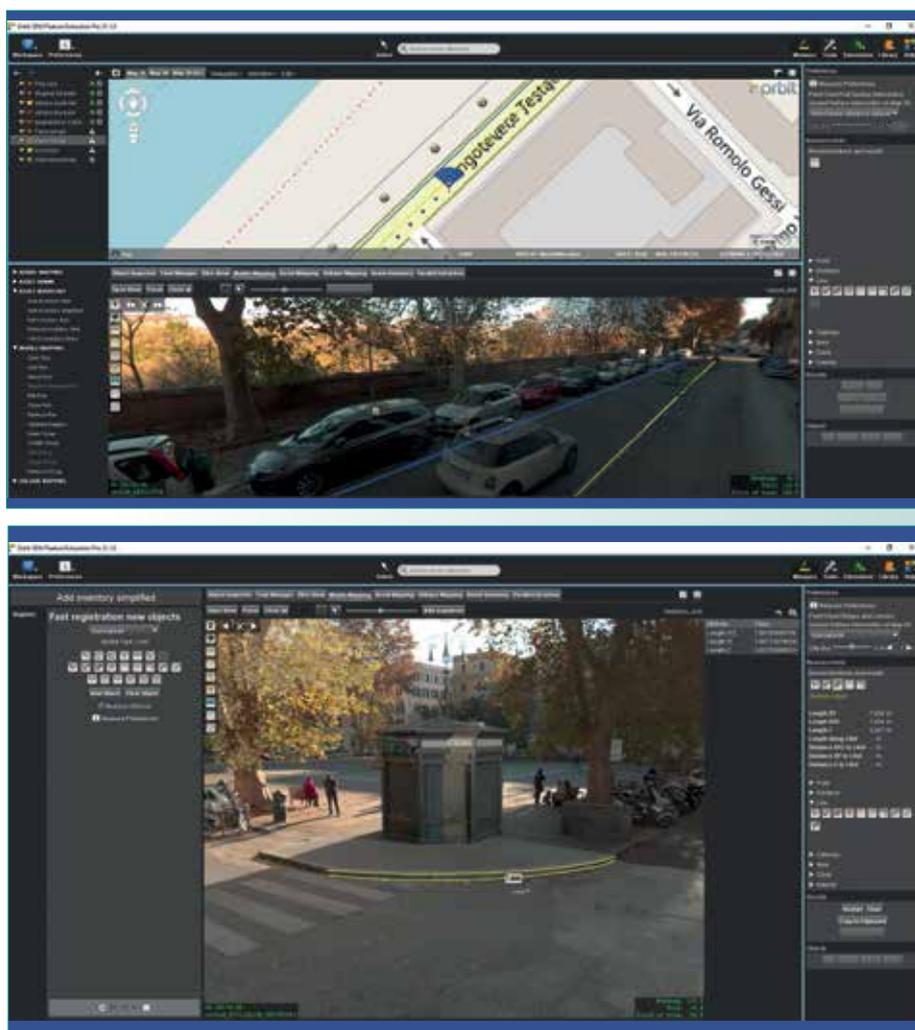


Fig. 5 e 6 – Orbit 3DM, individuazione automatica della segnaletica a terra e dei marciapiedi.

#### PAROLE CHIAVE

RILIEVO; LASERSCANNER MOBILE; MOBILE MAPPING; SMART-CITIES; POINTCLOUD; ORBIT3DM; RIEGL

#### ABSTRACT

For some years we have been hearing about “Smart Cities”, and this concept is rapidly evolving towards that of a digital twin that can support the modification, construction and evolution of the city. In order to develop this model we need a computer support suitable for simulation: the “mobile vehicle laserscanner” is today the technology that best suits this type of application, since it allows the survey through spherical photographic sensors and lidar of millions of points per second, resulting among the most suitable means for the massive mapping of the city. With this technology it is possible to acquire geospatial information from the ground at a scale suitable for most of the needs of urban applications at speeds typical of urban traffic, as has been highlighted by the survey carried out by GRS for the Municipality of Rome. GRS is an engineering, geodesy and non-

destructive investigation technology company based in Rome, which has been employing laserscanner technology since the dawn of this technology.

In the case study examined, the survey was carried out by means of the high-performance and latest-generation Riegl VMQ-1HA mobile laserscanner system, equipped with a Ladybug 5+ camera for the generation of panoramic photos and the coloring of the point cloud.

The survey was carried out in 3 characteristic districts of the city of Rome, namely some main streets of Testaccio, Trastevere and EUR and generated a cloud of points with an extension of about 30,000 square meters with a road development of about 1.4 km, for a significant time of about three hours.

Once the acquisition is completed, carried out at a speed similar to that of vehicular traffic, the individual clouds acquired by the instrument are processed on a PC, using the instrument's return software, such as Riegl RiPROCESS. In the following we experimented with different ways of returning the cloud, for example

through the Orbit 3DM Feature Extraction software, which thanks to its ability to automatically and semi-automatically classification, it recognize the objects of which the point cloud is composed. For this reason it was possible to create a specific database for each category of two- or three-dimensional object.

The laser survey and the subsequent stacking of what is physically present is the founding pillar for any development of digital-twin and ultimately of smart city. The integration of the different new generation technologies will help the offices in charge in carrying out the best choices both in terms of safety for the city, and in terms of traffic management and any type of emergency.

#### AUTORE

ING. MARCO SANTONI  
MARCO.SANTONI@GRSGROUP.EU  
ARCH. FLAVIA BORGIOLO  
F.BORGIOLO@GRSGROUP.EU  
GRS