

## REALIZZAZIONE DEL CATASTO DELLE STRADE DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Adriano Facchin (Digital Rilievi s.r.l.); Massimo Rumor (3DGIS s.r.l.) Sara Di Menna (Helica s.r.l.)

### **La fase di rilievo**

La fase di rilievo è stata caratterizzata da un insieme di attività, coordinate fra loro in maniera tale da fornire tutti gli elementi necessari alla successiva restituzione. Il progetto esecutivo ha avuto lo scopo di definire in dettaglio le tempistiche e le singole fasi operative anche in funzione delle indicazioni impartite dalla Direzione Lavori.

Il rilievo ad alto rendimento è stato effettuato iniziando alla progressiva 0+00 di ogni singola strada, effettuando il percorso di andata con progressive crescenti. Il percorso di ritorno è stato realizzato immediatamente dopo, nella stessa giornata o al massimo nella giornata lavorativa seguente. Il rilievo non è stato mai interrotto se non per cause di forza maggiore (cattive condizioni del traffico, eventi meteo improvvisi ecc.) ed in questi casi è stato ripetuto per l'intera strada o per una porzione di strada non inferiore a 20 km. Per quanto riguarda le rotonde, esse sono state percorse interamente (un giro completo) sia durante il rilievo in andata che durante il rilievo in ritorno.

La velocità di acquisizione è stata inferiore o uguale a  $\approx 30$  km/h, per cui a tale velocità, che corrisponde a 8,3 m/sec, con una frequenza di rotazione dello scanner pari a 100 hz, sono state rilevate sezioni con *line spacing* massimo pari a 8,3 cm. I punti lungo la sezione hanno una interdistanza (calcolata a 2,5 metri dal fuoco del laser) di 0,8 cm. densità della nuvola è stata mediamente di circa 2.300 pts/mq. Il laser utilizzato è un *full circle* per cui, in galleria, non ci sono state zone occluse al rilievo. La frequenza di scatto delle immagini è stata impostata ogni 2,5 metri di percorso del veicolo. Il rilievo delle coordinate è stato effettuato dal sistema GNSS/INS e il relativo tracciato calcolato in *Post Processing* ad una frequenza di 100 Hz.

Per il rilievo MMS sono state utilizzate tutte le stazioni Master della rete regionale A. Marussi. Il software di calcolo della traiettoria ha consentito di utilizzare il posizionamento di una o più multibase virtuali lungo il tracciato, per cui è stato possibile effettuare il rilievo completo delle varie strade senza doverlo interrompere per eccessiva distanza dalla base. In questo modo il progetto non è stato

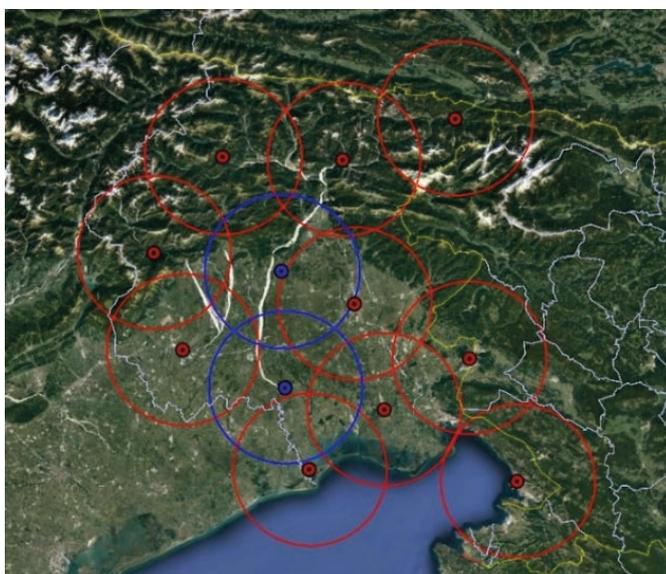


Figura 1: Copertura Rete GNSS a 20 km

condizionato dalla localizzazione delle stazioni Master ed il rilievo della strada ha potuto essere condotto in maniera continuativa senza interruzioni, per tutta la sua estensione. Per mantenere la distanza massima dalla base inferiore a 20 km e migliorare così la qualità del rilievo, sono stati istituiti 2 punti integrativi, uno in zona San Daniele Del Friuli ed uno in zona Madrisio. Le coordinate di tali punti sono state determinate a partire dalla rete regionale con sessioni di misura "statica" di almeno 60 minuti. Nella figura presentata sopra si vede tracciata la copertura a 20 km della rete regionale con l'integrazione prevista.

Come parte migliorativa del progetto, è stato realizzato anche un volo LiDAR e fotogrammetrico su tutta la rete stradale oggetto del servizio. L'acquisizione di dati LiDAR e fotogrammetrici, ripresi dall'alto, è stata molto utile alla definizione di tutti quegli attributi che generalmente dal rilievo ad alto rendimento risultano di difficile determinazione, quali ad esempio l'altezza delle scarpate (in rilevato) e la presenza del fosso di guardia, sia in trincea che in rilevato.

La pianificazione della ripresa aerea ha tenuto conto delle principali caratteristiche del territorio preso in esame, ovvero:

- gli aspetti morfologici: circa il 60% dell'area oggetto di rilievo è caratterizzata da territorio pianeggiante mentre il restante 40% è costituito da zone montuose.
- La presenza di centri abitati presenti sul territorio
- La presenza di aree interdette al volo o che hanno necessitato di specifiche autorizzazioni;
- Lo stato di servizio delle stazioni di riferimento a terra delle Reti GNSS della Regione.

Il rilievo è stato eseguito in modalità "corridoio", a cavallo cioè dell'asse stradale.

I dati restituiti sono tutti in formato "aperto" e visibile in chiaro, sia per quanto riguarda la traiettoria, per i file di georeferenziazione delle immagini che per i file delle coordinate di scatto delle videocamere, questi sono stati memorizzati in formato ASCII. Le nuvole di punti processate sono state poi trattate utilizzando sia un formato interno che il formato LAS.

Il primo passaggio di calcolo è costituito dalla risoluzione della traiettoria del veicolo calcolata ad una frequenza di 100 Hz che contiene, oltre alle 3 coordinate piano altimetriche, anche i valori di assetto del veicolo (*roll*, *pitch* e *heading*) per ogni punto. La traiettoria è stata verificata in 2 modalità, la prima attraverso la verifica sui *ground control point* (GCP) e la seconda attraverso la verifica reciproca dei due percorsi di andata e ritorno. Dato che il limite di accuratezza fissato è stato di 20 cm piano altimetrici, qualora dai controlli risultasse una traiettoria fuori tolleranza, essa è stata ricalcolata vincolandola sui Ground Control Point. Una volta definita la traiettoria finale è stata effettuata la georeferenziazione delle nuvole di punti e delle immagini.

L'estrazione delle informazioni necessarie al CDS è avvenuta in 2 fasi: la prima ha riguardato l'estrazione delle informazioni metriche mentre la seconda ha riguardato l'inserimento degli attributi per i singoli eventi. Per l'estrazione delle

informazioni metriche si sono utilizzate esclusivamente le nuvole di punti poiché più dettagliate e precise delle immagini e si è proceduto mediante un apposito software di visualizzazione 3D di concezione fotogrammetrica. Sono stati disegnati tutti gli elementi puntuali e i vettori necessari ad ottenere le misure richieste. Di grande utilità in questa fase sono stati i rilievi LiDAR Aerei che hanno consentito una restituzione completa degli elementi anche là dove il rilievo MMS non fosse stato sufficiente.

L'acquisizione contemporanea di dato fotografico e LiDAR da piattaforma

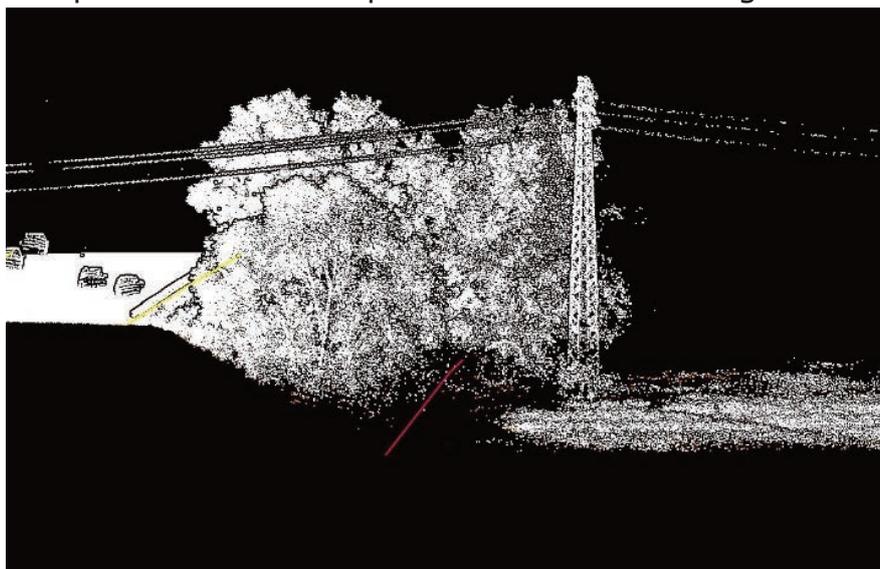


Figura 2: Dati Lidar solo da MMS

aviotrasportata non solo ha migliorato e completato il dato di partenza, ma ha reso possibile la definizione, e quindi la restituzione, di elementi che altrimenti non sarebbero stati apprezzati utilizzando esclusivamente un dato acquisito su strada. A titolo di esempio si considerino

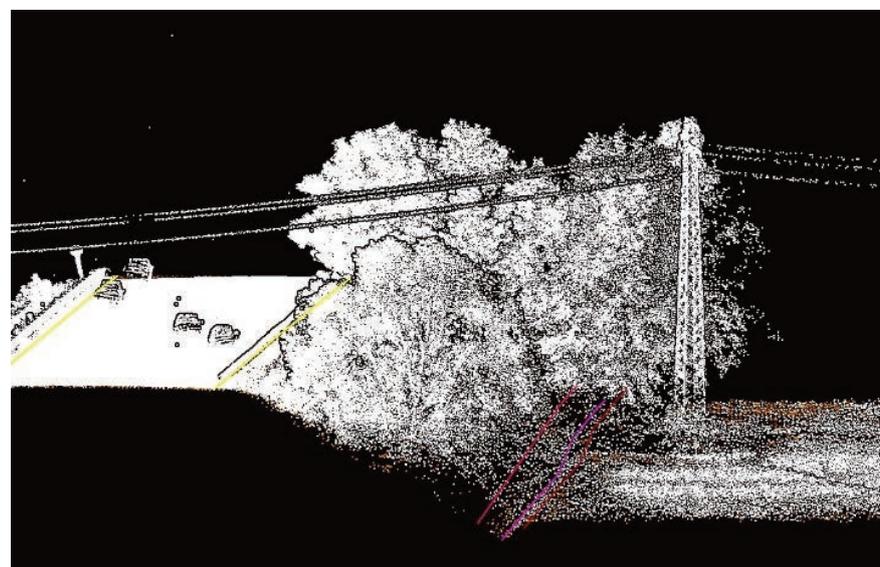


Figura 3: Dati Lidar da MMS + Lidar Aereo

le due immagini a fianco.

Nell'ambito della restituzione dei dati che poi hanno costituito i differenti livelli del DataBase Geografico, è stato possibile non solo stabilire l'andamento plano-altimetrico e le caratteristiche geometriche del corpo stradale in tutti i suoi elementi, ma anche

restituire informazioni relative alla segnaletica verticale, all'illuminazione stradale e molto altro. La combinazione dei due dataset ha permesso di avere un rilievo praticamente privo di zone d'ombra.

I controlli eseguiti sulla restituzione, siano essi stati di tipo formale, topologico e semantico, hanno consentito di massimizzare la qualità del dato restituito

sotto forma di DataBase.

È stato effettuato inoltre il rilievo per l'analisi dello stato di deformazione superficiale mediante confronto della superficie rilevata della pavimentazione con un piano ideale pavimentato.

Da questa elaborazione è stata prodotta una mappa delle deformazioni dove sono state evidenziate con apposita scala di colori la posizione e la profondità di tali deformazioni. Per la restituzione della superficie di riferimento sono stati utilizzati gli elementi già definiti a livello di primitive grafiche, quali il profilo longitudinale in asse e le linee della segnaletica orizzontale laterale.

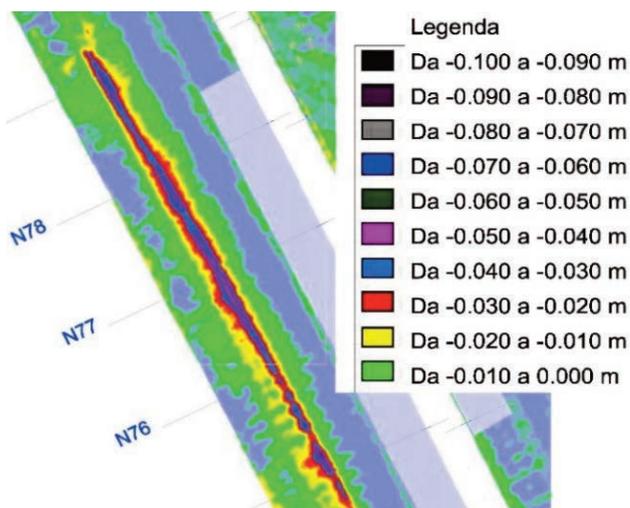


Figura 4 Mappa delle deformazioni superficiali

### Software webgis carto

*carto* è la piattaforma WebGIS sviluppata da 3DGIS per la pubblicazione e gestione dell'informazione territoriale e cartografica in particolare per la gestione del catasto strade.

*carto* è stato progettato per essere il punto di accesso alla cartografia, capace di integrarsi con molteplici sistemi, anche non spazialmente abilitati.

Il sistema informativo installato permette la completa gestione del Catasto Strade sia in fase di creazione che di aggiornamento.

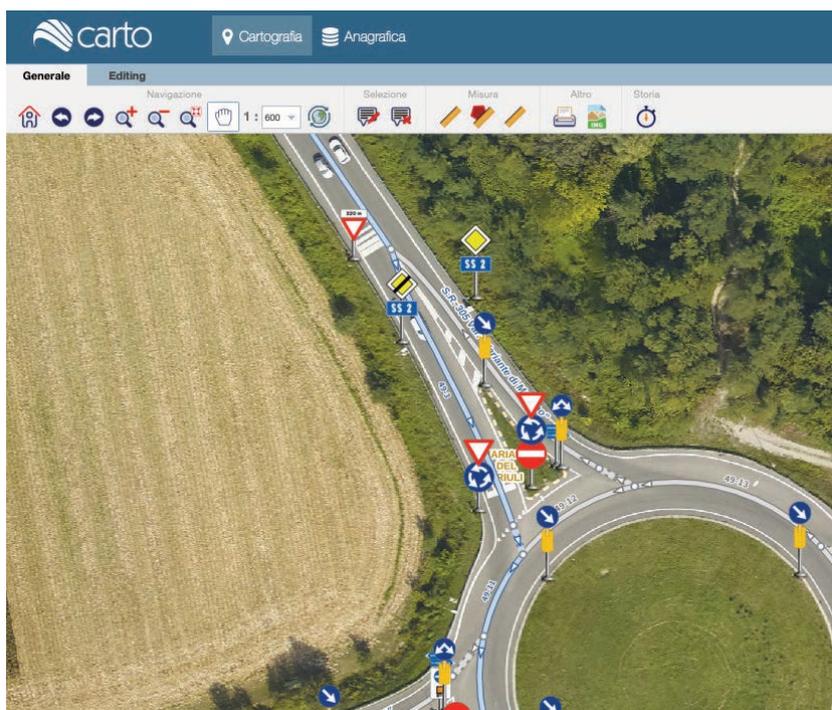


Figura 5 Dettaglio dell'applicazione web.

L'impostazione generale del software dà ampio spazio e importanza alla visualizzazione della cartografia, che riteniamo faciliti l'operatività e contribuisca alla comprensione di dati complessi.

Permette di visualizzare su cartografia ed anagrafica i dati organizzati in tematismi. Gli elementi possono essere consultati attraverso ricerche

alfanumeriche e spaziali ed esportati in formato ShapeFile, Excel o DXF. È possibile modificare la tematizzazione della cartografia e stampare la mappa in formato PDF comprensiva delle legende. I tematismi possono essere pubblicati verso l'esterno con un'interfaccia semplificata. I dati possono essere modificati sia per la componente alfanumerica che per quella spaziale anche da più di un utente grazie alle aree ad accesso esclusivo. Il dato può essere storicizzato consentendo la gestione del ciclo di vita dell'informazione. Ogni modifica ai dati può essere registrata attraverso la funzionalità di audit per verificare chi, quando e quale modifica è stata eseguita.

Il modulo consente infine la creazione e la modifica dinamica di nuovi elementi direttamente nella componente di amministrazione del sistema a partire da una tabella o da uno ShapeFile.

Con *carto* è possibile gestire il catasto strade attraverso la segmentazione dinamica. Vengono quindi gestiti tutti i manufatti e qualsiasi informazioni relativa alla viabilità ed alle sue adiacenze. Ogni evento sul grafo stradale è associato ad un tipo tra quelli previsti dal DM Catasto Strade oppure creato appositamente dalla sezione di amministrazione. È possibile gestire la segnaletica orizzontale come evento sul grafo sia lineare che puntuale.

La segnaletica verticale può essere classificata secondo i gruppi definiti dal Codice della Strada. La scheda di dettaglio del singolo segnale stradale offre la possibilità di visualizzare gli attributi, l'impianto collegato, i dati e le immagini rilevate. È possibile la gestione degli impianti pubblicitari, consentendone il censimento, la visualizzazione su mappa e l'editing della scheda anagrafica.

Il software consente infine la visualizzazione dei fotogrammi con la possibilità di viaggiare sul grafo ed avanzare automaticamente fotogramma per fotogramma nel verso dell'arco.

Il software permette di configurare e gestire le condizioni topologiche sui dati, in particolare quelle relative alla verifica di connessione del grafo (arco - arco, arco - nodo), intersezione, contenimento, disgiunzione, adiacenza.

Ad ogni aggiornamento e importazione dei dati *carto* esegue una validazione formale sui dati e un controllo sulla loro validità rispetto al modello dati.

*Carto* ha un modulo di analisi che rende possibile effettuare delle estrazioni di dati complesse e creare dei grafici associati ad esse.

Queste estrazioni possono essere salvate e programmate nel tempo ed inoltre possono essere utilizzate nei tematismi integrando ed arricchendo

Alla base dell'analisi vi è il concetto del modello che rappresenta la definizione delle operazioni che andranno effettuate sui dati definiti.

Dopo essere stato definito il modello viene eseguito dall'operatore oppure viene programmato per essere eseguito ciclicamente.

Il visualizzatore 3D è basato sul software *cityvu* e consente la visualizzazione degli scenari urbani via Web attraverso l'impiego di tecniche di streaming. Oltre alla visualizzazione LIDAR, lo strumento è stato impiegato con successo nell'ambito della visualizzazione di scenari urbani, sia per la pubblicazione di DBT 3D, che per la partecipazione civica e la valutazione dei progetti. Al fine di

ottimizzare la visualizzazione della stessa sui client e adeguare la scena alle performance dell'hardware sottostante, viene utilizzata una tecnica di streaming di cluster di punti basata sugli octree. Questo consente di variare il numero di punti visualizzati in base alla distanza e alle performance dell'hardware, consentendo la variazione del livello di dettaglio (LOD).

La visualizzazione della nuvola di punti supporta la vestizione per intensità, e RGB.

Il software consente la classificazione di nuovi oggetti dalla visualizzazione della nuvola di punti, e mette a disposizione strumenti per la misura sui dati di campo sulla nuvola di punti e sulla componente cartografica 2D.

Lo strumento consente la misurazione di distanze lineari attraverso l'impiego di linee spezzate. Ogni segmento della poli-linea contribuisce alla misura complessiva.

### **Software mobile carto.app**

3DGIS ha sviluppato una nuova applicazione mobile *carto.app* che rappresenta la naturale estensione di *carto* per l'utilizzo in mobilità dei dati e delle funzionalità.

La nuova applicazione per sistema operativo Android permette di visualizzare e interrogare il catasto strade caricato sull'applicativo web *carto*. Tramite l'applicazione è possibile creare una sessione di campagna per eseguire dei rilievi creando o modificando gli attributi segmentati del catasto strade assegnano anche immagini dalla fotocamera o dalla galleria.

L'applicazione mobile consente di rilevare la posizione attuale indicata dal sistema A-GPS integrato nel dispositivo.

L'operatore durante la sessione di campagna per il rilievo ha la possibilità di modificare manualmente la posizione indicata dall'applicazione, per compensare eventuali errori di posizionamento intrinseci del GPS.

*carto.app* permette di visualizzare e interrogare gli elementi stradali e tutti gli attributi segmentati caricati nell'applicazione web *carto*. La visualizzazione degli attributi segmentati, come per l'applicazione web, rispetta le impostazioni



Figura 6 Dettaglio dell'applicazione mobile.

di offset dell'elemento. È possibile inoltre aprire una sessione di campagna per il rilievo di nuovi attributi segmentati o la modifica di esistenti. Ogni attributo segmentato può essere modificato sia nella sua componente geometrica, andando ad agire nelle progressive relative iniziali e finali, sia nella sua componente alfanumerica, andando a modificare il valore dell'attributo o la relativa tipologica.

Quando una sessione di campagna viene chiusa può essere inviata all'applicativo web *carto* per la sua validazione ed eventuale applicazione alla banca dati.

La soluzione consente la profilazione degli utenti con accesso esclusivo all'applicazione mobile. In questo modo è possibile creare utenti per operatori esterni all'organizzazione, con permessi limitati solo alle attività richieste.



Figura 7 Dettaglio dell'applicazione mobile con la segnaletica.

