

Immagini aeree oblique per la pubblica amministrazione. L'esempio di Treviso

Stefano Climastone ^(a), Nadia Poles ^(a), Daniela Poli ^(b), Kjersti Moe ^(b),
Roberto Meneghetti ^(a), Marcello Missaglia ^(a), Marco Sartori ^(a)

^(a) Comune di Treviso, Settore I.C.T., Smart City e Patrimonio, Treviso, sit@comune.treviso.it

^(b) Vermessung AVT-ZT-GmbH, Imst, Austria, d.poli@terra-messflug.at

Introduzione

Per i comuni, e le pubbliche amministrazioni in generale, le immagini aeree oblique stanno diventando un supporto essenziale per l'estrazione di informazioni geospaziali e tematiche con un livello di completezza ben superiore a quello fornito dalle sole immagini nadirali. Se le camere oblique erano inizialmente utilizzate soprattutto per applicazioni che non richiedevano elevati requisiti di accuratezza geometrica (es. visualizzazione di edifici a 360°, tessitura di modelli di città 3D, misure di altezze in monoplotting), oggi l'evoluzione delle camere stesse (migliore risoluzione radiometrica e geometrica) e l'adattamento dei software tradizionali hanno reso possibile l'impiego delle immagini oblique per l'estrazione di prodotti 3D con accuratezze note (Rupnik et al., 2015) e di migliorare l'estrazione automatica degli edifici (Moe et al., 2016, Poli et al., 2016). In tale contesto l'articolo presenta un esempio ben riuscito non solo di acquisizione di un volo obliquo e generazione dei relativi prodotti geospaziali 2D e 3D, ma anche di integrazione di tali prodotti nel Sistema Informativo Territoriale di un Comune italiano ed il suo impiego per una migliore gestione della domanda di informazione geografica da parte del Comune stesso e di professionisti ed operatori esterni. Nel 2018, infatti, il Comune di Treviso ha acquisito dalla ditta AVT / Terra Messflug un volo obliquo e i prodotti derivanti dal medesimo, quali le ortofoto di precisione in colore vero e falso colore, la nuvola di punti 3D ottenuta con *dense image matching*, il modello digitale della superficie e la *mesh* 3D, oltre al software GEOBLY per la visualizzazione e la misurazione nelle immagini oblique, descritti nelle prossime sezioni. Il Comune ha poi implementato il caricamento dei prodotti nel proprio applicativo webGIS sviluppando alcune funzioni accessorie per la loro analisi e consultazione, come mostrato di seguito.

Volo fotogrammetrico obliquo

La ripresa aerofotogrammetrica sul Comune di Treviso è stata eseguita il 15 Giugno 2018 tra le 9:30 e le 12:30 (UTC) in condizioni meteorologiche ottimali e con inclinazione dei raggi del sole sull'orizzonte mai inferiore a 30°. Il volo ha incluso 30 strisciate volate in direzione Est – Ovest rispetto al sistema di riferimento Fuso12, a quota 4.000 piedi circa, con ricoprimento tra le immagini lungo la stessa strisciata dell'80%, ricoprimento tra strisciate adiacenti del 60% e valore massimo della dimensione geometrica del pixel al suolo (GSD) di

8 cm, per un totale di 1888 acquisizioni e 6905 immagini (nadirali e oblique, Figura 1). Le riprese aeree sono state eseguite con la camera fotogrammetrica digitale obliqua UltraCam Osprey Mark 3 Prime (UC-OM3p) della ditta Vexcel Imaging International GmbH, composta da cinque sensori ottici digitali CCD di tipo *frame*, di cui uno orientato in direzione verticale per acquisire immagini nadirali, e quattro inclinati in avanti, indietro, verso destra e verso sinistra rispetto la direzione di volo. Ogni sensore è a matrice rettangolare con dimensioni 13470 X 8670 pixel, dimensione fisica del pixel pari a 5.2 m e profondità 12 bit per canale. La camera nadirale ha lunghezza focale 80 mm, apertura $F=1/5.6$ e acquisisce le bande del rosso, verde, blu e infrarosso vicino (RGBI); le quattro camere oblique hanno lunghezza focale 120 mm e acquisiscono le bande del rosso, verde, blu (RGB) nelle direzioni oblique. L'inclinazione delle camere oblique è pari a 45° circa, ottimizzata all'acquisizione di immagini oblique in ambiente urbano.

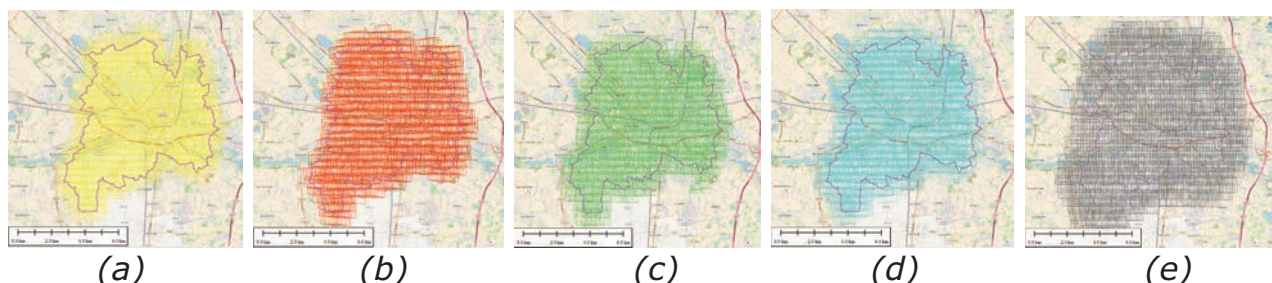


Figura 1. Impronte a terra delle immagini con direzione di vista (a) Nord, (b) Est, (c) Sud, (d) Ovest e (e) nadirale.

La triangolazione aerea (TA) è stata eseguita in modalità digitale semi-automatica con il software Match-AT (Match-AT, 2019). Rispetto alla TA di un volo nadirale, la TA di un volo obliquo è più complessa ed è eseguita in modo sequenziali. Inizialmente è stata calcolata la TA delle sole immagini nadirali, con input: a) i parametri iniziali dell'orientamento esterno delle immagini nadirali, corrispondenti ai parametri di orientamento dei centri di presa ottenuti dall'elaborazione dei dati GNSS/IMU; b) l'orientamento interno della camera nadirale dal certificato di calibrazione; c) le coordinate immagine e terreno dei punti di appoggio. Successivamente sono stati stimati i parametri iniziali dell'orientamento esterno delle immagini oblique applicando una rototraslazione a partire dall'orientamento esterno delle immagini nadirali. La rototraslazione include la traslazione dalla camera nadirale alle camere oblique (shift) e la rotazione dalla camera nadirale alle camere oblique secondo i parametri di orientamento relativi tra le camere. Infine è stata calcolata la TA finale sulle 6905 immagini nadirali e oblique e sono stati stimati i parametri di orientamento esterno di tutte le immagini. Sono stati eseguiti alcuni test variando la distribuzione dei punti di appoggio e di controllo per controllare la stabilità del blocco fotogrammetrico.

Modellazione 3D

La superficie del Comune di Treviso è stata modellata attraverso il metodo di correlazione automatica (*dense image matching* - DIM) delle immagini nadirali e oblique con il software SURE Aerial della ditta nFRAME (SURE, 2019). Il

risultato è una nuvola di punti 3D georeferenziata che è stata poi ricampionata a densità di 100 punti /m². A partire dalla nuvola di punti 3D sono stati prodotti il modello digitale della superficie (DSM) con griglia 10 cm e la *mesh* in formato OSBG. La Figura 2 mostra due zoom del DSM nel centro storico di Treviso, con il profilo delle quote lungo una sezione e su una struttura complessa di grandi dimensioni (ospedale). Il DSM è stato analizzato visivamente in zone con copertura differente (centro storico, caratterizzato da elevata densità di edifici, zone verdi urbane, zone industriali, zone di circolazione). Il DSM modella le diverse zone in modo dettagliato e consente di individuare chiaramente i dettagli sopra i tetti, come abbaini, comignoli, etc., singole auto e singoli elementi arborei. Grazie alla vista multi-dimensionale, anche i tetti con struttura complessa (es. ospedale) risultavano modellati in modo completo. Errori nel DSM sono stati riscontrati in presenza di veicoli o mezzi in movimento (es. treni) o in corrispondenza di corsi d'acqua. In generale i risultati sono molto soddisfacenti, soprattutto se si considera che la procedura è completamente automatizzata.

Le ortofoto di precisione, o *true-orthophotos*, sono state ottenute proiettando le immagini sul DSM, invece che sul DTM, pertanto risultano rettificata non solo rispetto al terreno, ma anche ai volumi su di esso; dal punto di vista visivo, esse non presentano l'effetto di *building leaning*, tipico delle ortofoto generate con il solo DTM. Figura 3 mostra un dettaglio nell'ortofoto di precisione in corrispondenza di edifici alti circa 40 m. Le ortofoto di precisione hanno GSD 10 cm e informazione spettrale in colore vero (bande RGB) e in falso colore (bande NIR, R, G) (Figura 4).

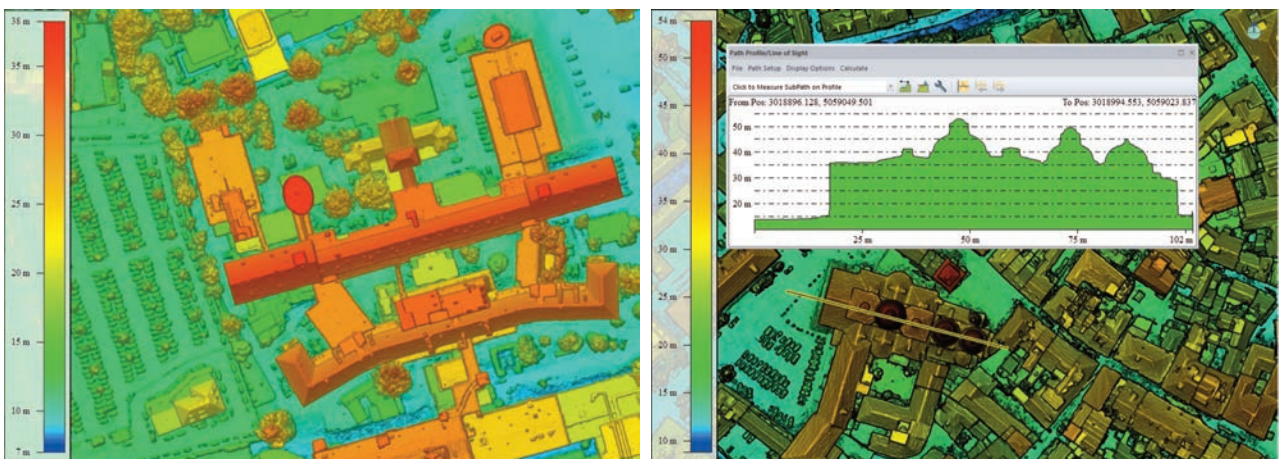


Figura 2. DSM del Comune di Treviso, zoom su ospedale (sinistra), scala 1:1.000 e sul centro storico (destra) con profilo delle quote.

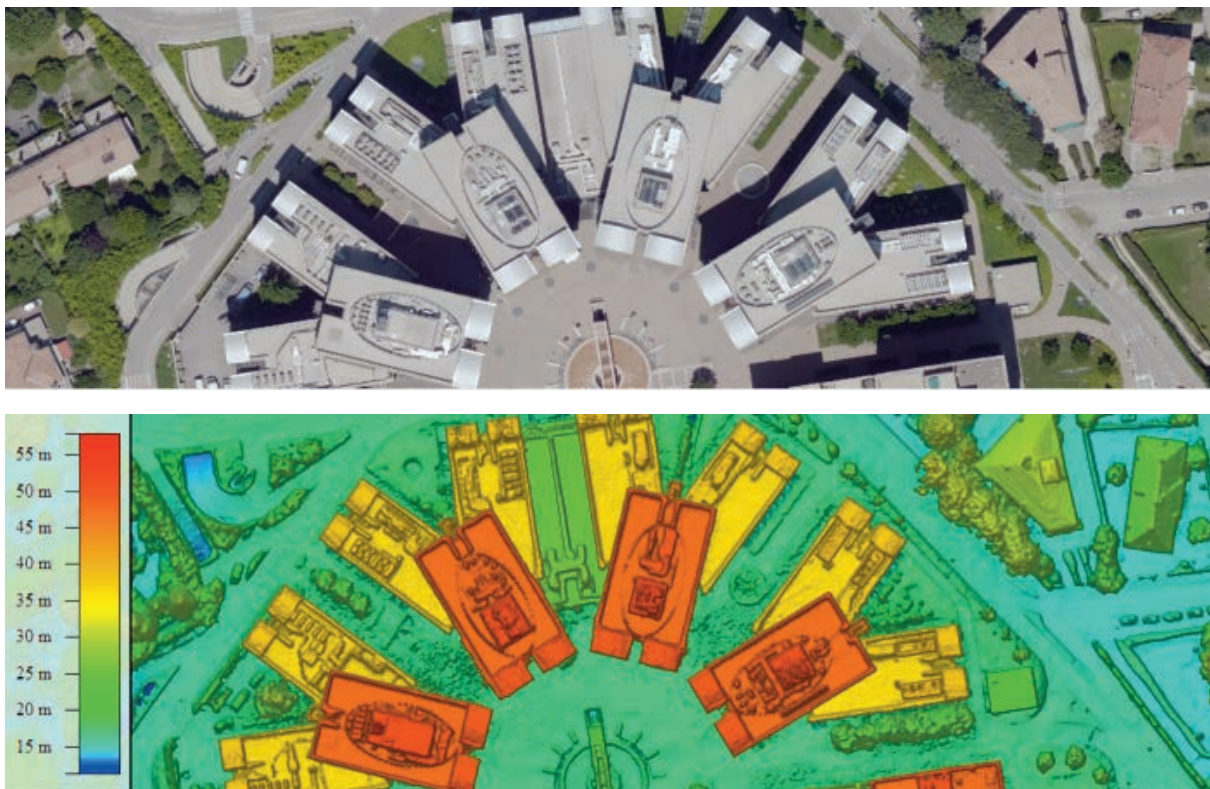


Figura 3. Ortofoto di precisione del Comune di Treviso, zoom in corrispondenza di edifici alti circa 40 m, e corrispondente parte di DSM, scala 1:1.000.



Figura 4. Ortofoto di precisione del Comune di Treviso in falso colore, zoom in zona rurale, scala 1:1.000.

Integrazione nel S.I.T. del Comune di Treviso

La struttura che si dedica all'implementazione del Sistema Informativo Territoriale del Comune di Treviso, schematizzata in Figura 5, è ampiamente consolidata a "regia centrale", poiché in grado di fornire numerosi servizi di analisi e consultazione del territorio. Tale struttura consente la totale gestione di tutte le informazioni e i dati prodotti dai vari settori dell'Ente.



Figura 5. Schema della rete di servizi e settori del Servizio S.I.T. del Comune di Treviso.

Il Servizio S.I.T. ha da anni come obiettivo l'implementazione della consultazione dei dati geospaziali attraverso lo sviluppo di procedure e funzioni nell'applicativo Web-GIS in dotazione dall'Ente; crede fortemente che anche i nuovi prodotti e servizi, sempre più innovativi rispetto alle funzioni standard già presenti nel Web-GIS, debbano essere divulgati. Infatti, molto spesso, tali prodotti sono a beneficio di ristrette fasce di utenti specializzati nel settore geomatico. La prerogativa è di diffondere ad una collettività sempre più ampia la conoscenza di strumenti, evitando il rischio della mancata divulgazione o inutilizzo degli stessi, favorendo la possibilità di sfruttare la loro potenzialità e impiegarli in altre applicazioni ed ambiti di lavoro. La ricchezza di informazioni derivante, permette di dare una migliore risposta e gestione alla crescente domanda di informazione. In questo contesto i prodotti generati dal volo obliquo eseguito nel 2018 sono stati importati nel geoportale cartografico e a breve saranno rese disponibili alcune funzionalità specifiche per il loro utilizzo, tra cui:

- 1) la funzione "profilo modello superficie", che consente all'utente di disegnare nel territorio una linea o polilinea ed avere come risultato il profilo delle quote, intersecando il DSM e recuperando il valore dell'altimetria (Figura 6).

*Sviluppo nel web-gis Platform PA con interrogazione del dsm
 Profilo Modello Superficie DSM (Digital Surface Model), con definizione a 50cm del territorio di Treviso*

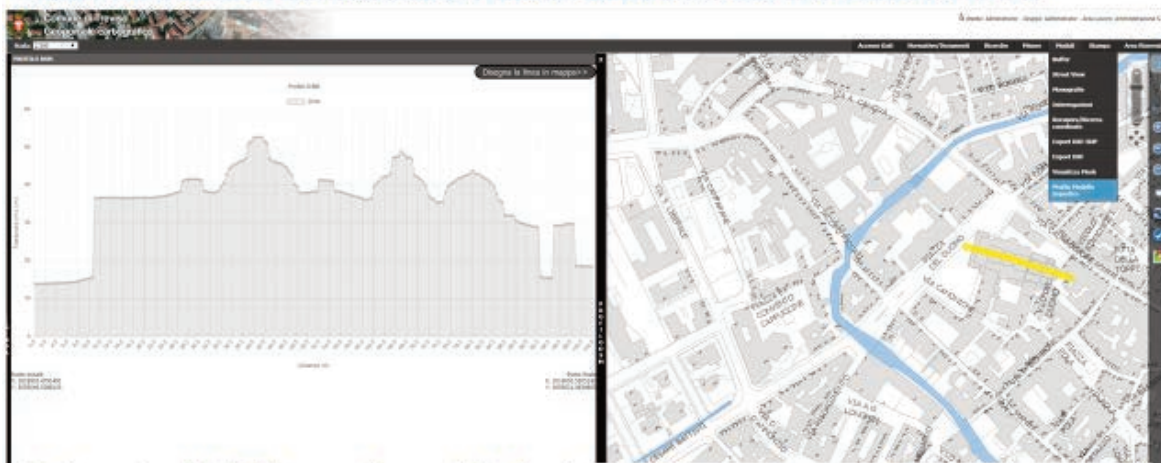


Figura 6. Esempio di applicazione della funzione "Profilo modello superficie".

- 2) la visualizzazione della Mesh 3D, con sviluppo della funzionalità di selezione dell'area di interesse (Figura 7).



Figura 7. Esempio di applicazione della funzione "Visualizzazione Mesh 3D".

- 3) il confronto tra le ortofoto in colore vero e falso colore (Figura 8);

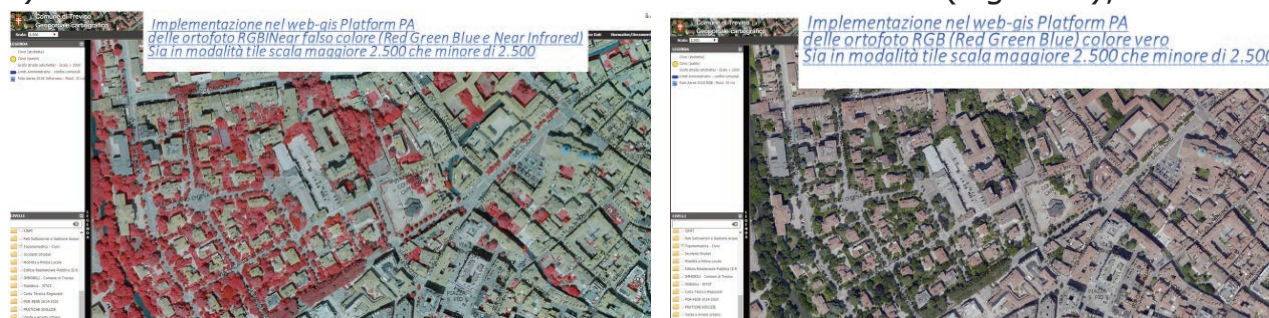


Figura 8. Esempio di visualizzazione dell'ortofoto in falso colore (sinistra) e colore vero (destra).

- 4) l'accesso al software Geobly-light per la visualizzazione e misurazione delle ortofoto oblique. Il software, distribuito da AVT e sviluppato in collaborazione con l'unità 3DOM della Fondazione Bruno Kessler (FBK) di Trento, permette di muoversi nelle immagini, zoomare in avanti e in indietro delle immagini nadirali e oblique, eseguire misure di altezze, lunghezze, perimetri e aree, e visualizzare vettori 3D nelle immagini nadirali e oblique, ed esportare le misure effettuate.



Figura 9. Software Geobly-light e misura dell'altezza di un edificio.

Conclusioni

Lo scopo del presente articolo era di riportare l'esperienza innovativa intrapresa dal Servizio S.I.T. del Comune di Treviso che ha acquisito un volo obliquo per ottenere immagini aeree su ogni punto del territorio comunale da cinque direzioni di vista differenti (Nord, Est, Sud, Ovest, verticale) e i prodotti derivati, quali il modello 3D del territorio comunale sotto forma di DSM a 10 cm di risoluzione, la mesh3D e l'ortofoto di precisione con GSD 10 cm. Inoltre è in corso la restituzione con realizzazione della nuova CTRN (Carta Tecnica Regionale) e GDBT (geo-database topografico) a scala 1:2.000 e 1:5.000. L'aspetto innovativo del progetto è che le immagini oblique, i prodotti derivati ed alcune funzionalità sviluppate ad-hoc per il loro utilizzo saranno messi a disposizione nel WebGIS per essere fruiti da operatori nel settore geomatico e non. Le immagini oblique e il software Geobly-Light permettono di eseguire misure metriche accurate anche sulle facciate degli edifici, mentre il DSM

permette, tra le varie applicazioni, il calcolo dei volumi dell'edificato o la visualizzazione dei profili degli edifici o la lettura della quota. Gli strumenti implementati sono essenziali poiché supportano l'azione quotidiana dell'apparato dedicato ai dati territoriali, in particolare per lo svolgimento dei compiti istituzionali di ogni settore della Pubblica Amministrazione (P.A.), come per esempio Attività Edilizia, Pianificazione Territoriale e Urbanistica, Protezione Civile e Lavori Pubblici; inoltre allo stesso tempo sono a beneficio sia delle imprese che dei professionisti, i quali possono ricavare informazioni metriche necessarie per lo sviluppo dei loro progetti. Dal punto di vista della P.A. la forza che ne deriva determina una maggiore completezza ed efficacia nel dare risposte, attraverso un sistema composto di tecnologie, organizzazione generale e capacità professionali.

Riferimenti bibliografici

- Match-AT (2019). www.trimble.com (ultimo accesso Ottobre 2019).
- Moe, K., Toschi, I., Poli, D., Lago, F., Schreiner, C., Legat, K. and Remondino, F. (2016). "Changing the Production Pipeline - Use of Oblique Aerial Cameras for Mapping Purposes", *Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, XLI-B4: 631-637.
- Poli, D., Toschi, I., Moe, K., Lago, F., Remondino, F., Legat, K., Schreiner, C., (2016). Fotogrammetria con immagini aeree oblique - sviluppi e prodotti innovativi. Atti XX Conferenza Nazionale ASITA, Cagliari.
- Rupnik, E., Nex, F., Toschi, I. Remondino, F. (2015). "Aerial multi-camera systems: Accuracy and block triangulation issues", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101: 233-246.
- SURE (2019). <https://www.nframes.com/products/sure-aerial/> (ultimo accesso Ottobre 2019).