

3D Alicia: fotogrammetria da drone per la creazione di un database geografico del centro storico di Salemi

G. Sammartano¹, F. Chiabrando¹, M. Cavicchioli¹, P. Russo²

¹ LabG4CH – Laboratorio di Geomatica per i Beni Culturali. Dipartimento di Architettura e Design (DAD) - Politecnico di Torino. Viale Mattioli 39, 10125 Torino (Italy)
filiberto.chiabrando@polito.it; giulia.sammartano@polito.it

² Geom. Paolo Russo, topografo. Trapani (TP) geometrapaolorusso@gmail.com

Parole chiave: fotogrammetria UAV, documentazione dei centri storici, 3D geodatabases, 3D GIS, DSM

L'elevato interesse verso il valore passato e futuro dei centri urbani storici si sviluppa a partire da una tendenza non certo contemporanea, ma si è recentemente sempre più consolidata sulla base degli scenari di allerta per rischio spopolamento e abbandono.

Alle manifestazioni di resilienza di quei territori in contrazione, delle cosiddette aree interne, dei piccoli e medi centri spesso di storico interesse, si associano piani, linee guida e strategie condivise messe in atto da enti locali e amministrazioni comunali e regionali, all'interno di un framework europeo di riferimento. Essi focalizzano l'attenzione sull'importanza della tutela e conservazione non solo dei tessuti storici e dei caratteri architettonici dei centri con le sue stratificazioni, ma anche della salvaguardia di quell'impianto urbano inserito all'interno di una cornice di valorizzazione territoriale antropica e paesaggistica [1].

In questo quadro, la misura, la documentazione e la corretta lettura di tali fenomeni urbani da un punto di vista geografico richiede una consapevolezza della complessità non solo storico-architettonica dell'organismo oggetto della documentazione, nonché della dimensione multi-temporale del suo *palinsesto* [2], ma anche una conoscenza completa ed aggiornata dal punto di vista geometrico-topografico.

Proprio in questo scenario si inserisce il progetto "*Riabitare Alicia. Studio di fattibilità per la riqualificazione della città antica di Salemi*" del Politecnico di Torino (resp. Prof. R. Dini) promosso da Fondazione Sicilia [3].

La ricerca qui proposta, come lavoro in itinere, vuole presentare i primi risultati di documentazione 3D e restituzione cartografica finalizzata alla strutturazione di un geodatabase 3D alla scala urbana (1:1000) per il borgo di Alicia, antica città di Salemi. Il borgo si situa nella provincia di Trapani, l'antica località di Halicyae, sviluppatasi in epoca normanna. Le colline del trapanese furono coinvolte negli eventi del terremoto nella valle del Belice del 1968. Il nucleo storico riportò ingenti danni e la città nuova, Salemi, venne fondata a nord-est, ai piedi del monte Rosa, con una nuova impronta urbanistica. [4] I resti del borgo di Alicia hanno mantenuto viva l'attenzione delle amministrazioni locali verso la conservazione e il recupero, e oggi è luogo attivo di eventi divulgativi manifestazioni culturali.

Non è tuttavia disponibile una documentazione aggiornata digitale della consistenza dell'eredità urbana, dei suoi ruderi e delle sue recenti trasformazioni, sotto forma di cartografia 3D realizzata secondo gli standard dei database geotopografici. [5,6]

La configurazione del nucleo abitato storico è complessa e dalla storia millenaria e presenta una morfologia ad acropoli e ad avvolgimento. I vicoli molto articolati del tessuto denso e compatto caratterizzano la longeva impronta islamica. Inoltre il territorio comunale è caratterizzato da un forte dislivello tra i 110m e i 750m slm (l'abitato dell'antica Halyciae si situa a circa 450 m slm), con pendenze comprese tra 10% e 30%. (Fig. 1)

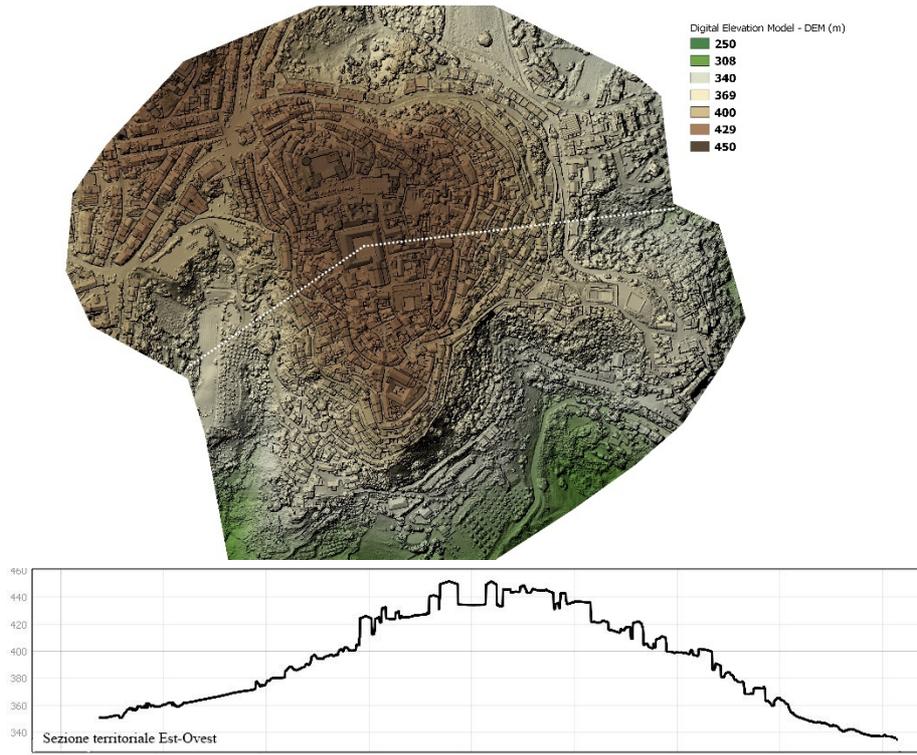


Fig. 1. Il DSM derivato dal volo fotogrammetrico da drone, e l'indicazione della sezione territoriale Est-Ovest sulla caratteristica collina del borgo di Salemi.

Le moderne tecniche della geomatica hanno sviluppato metodi di acquisizione e gestione dati multi-sensore e multi-scala per il popolamento, l'aggiornamento e la condivisione di database geografici [6]. La ricerca in ambito cartografico alla scala urbana si è ormai diretta verso la gestione tridimensionale degli oggetti, e non più solo 2.5D, tramite la generazione di database di tipo 3D city model, secondo linguaggi condivisi e standard europei e quindi nazionali [7]. L'implementazione concreta però, di tali indirizzi tramite il recepimento e l'attuazione fino al livello comunale è nondimeno soggetto solitamente a variabili empiriche determinanti e vincolanti che rallentano o non rendono sempre possibile e aggiornata la disponibilità della cartografia urbana, specie per i piccoli medi centri.

La disponibilità di tecnologie come la fotogrammetria da drone, gioca un ruolo chiave. Essa infatti è ormai riconosciuta nella ricerca così come nella pratica produttiva, efficace, speditiva e sostenibile, oltre che sempre più di costo contenuto per la sua disponibilità sul mercato [8,9,10].

Le tecniche fotogrammetriche digitali basate su algoritmi *Structure-from-Motion* (SfM) e *dense matching* [11], in integrazione con l'approccio topografico di misura e controllo delle accuratezze per la validazione dei prodotti [12], può diventare uno strumento efficace in tale direzione anche per la cartografia a scala urbana (1:500-1:1000). Infatti, la ricerca si sta direzionando piuttosto sull'usabilità e adattabilità di dati metrici da drone di tipo metrico e radiometrico (nuvole di punti, ortofoto, mesh) in termini di sistemi multi-sensore e scala/risoluzione, verso la generazione e strutturazione di modelli urbani con componente tridimensionale.

Per questo, la creazione e/o l'aggiornamento cartografico digitale, supportato dalla modellazione 3D reality-based è cruciale nel supporto delle azioni di conservazione, valorizzazione dell'identità spaziale e degli interventi progettuali nella preesistenza.

La ricerca condotta sul caso studio qui presentata vuole condividere i primi risultati di documentazione 3D del borgo di Alicia, generati grazie ad una campagna di documentazione da piattaforma drone, alla quale è seguita la modellazione cartografica e la strutturazione di un geodatabase 3D alla scala urbana (1:500) dell'edificato e della viabilità dell'intero borgo, e delle aree di ruderi degli eventi sismici del 1968.

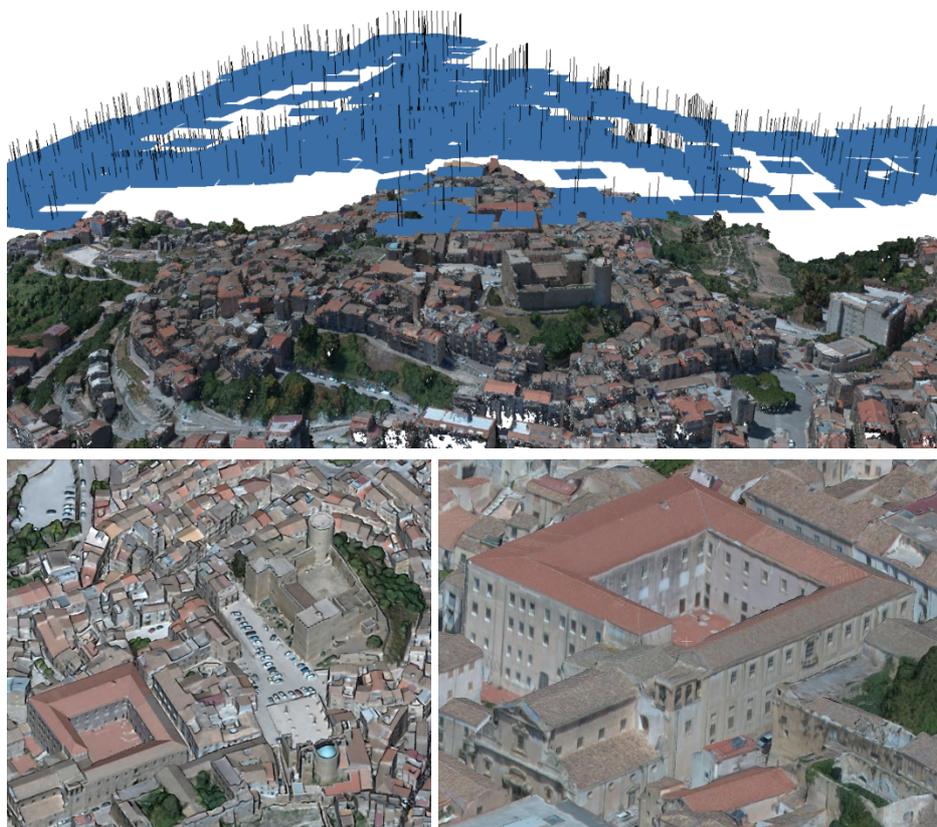


Fig. 2. Blocco fotogrammetrico orientato. Modello 3D del centro storico di Salemi, il castello normanno, i resti della ex-Chiesa Madre Di Salemi, con vista ravvicinata sul palazzo del Collegio dei Gesuiti.

La fase di acquisizione dati ha previsto innanzitutto la pianificazione di un volo a blocchi fotogrammetrici nadirali e, parallelamente, la misura di un congruo set di punti topografici distribuiti con omogeneità sul terreno, materializzati tramite marker a contrasto. Il sistema di riferimento utilizzato è armonizzato con lo standard corrente UTM-ETRF2000.

La pianificazione ha seguito i prerequisiti di scala e quindi di dettaglio nonché di controllo metrico: la quota di volo di circa 120m e l'impiego del sensore con focale 8.8mm ha permesso di raggiungere un GSD medio di circa 3cm. (Fig. 2) Il controllo metrico verificato è stato sui (24) GCPs=0.011m e sui (12) CPs=0.028m.

L'ortofoto RGB e il modello denso di superficie DSM (Digital Surface Model) sono stati i prodotti metrici 3D di partenza per la costruzione delle geometrie di base a supporto del database cartografico 3D [6,12]. In una prima fase, la generazione vettoriale ha riguardato inizialmente gli strati dell'edificato (unità volumetriche, edifici, coperture, particolari architettonici, edifici minori) e le aree della viabilità (stradale secondaria e principale, pedonale), secondo una struttura semplificata del BDTRE Regione Piemonte.



Fig. 3. Alcuni step della costruzione delle geometrie per LOD0 e LOD1 del geodatabase 3D e una visualizzazione di alcuni degli elementi cartografici generati

Particolare attenzione è stata posta anche alle informazioni orografiche relative alla modellazione del terreno. Infatti la conformazione del borgo, la morfologia dell'edificato e della viabilità interna hanno reso complessa la perimetrazione e modellazione degli elementi di viabilità, nonché la conformazione dell'attacco a terra degli edifici e quindi degli attributi geometrici relativi alle unità volumetriche. Infatti il DSM è caratterizzato da una forte rumorosità della nuvola di punti in corrispondenza dei canyon, ovvero nelle zone di prossimità tra le fasce di isolati paralleli. **Fig. 4**

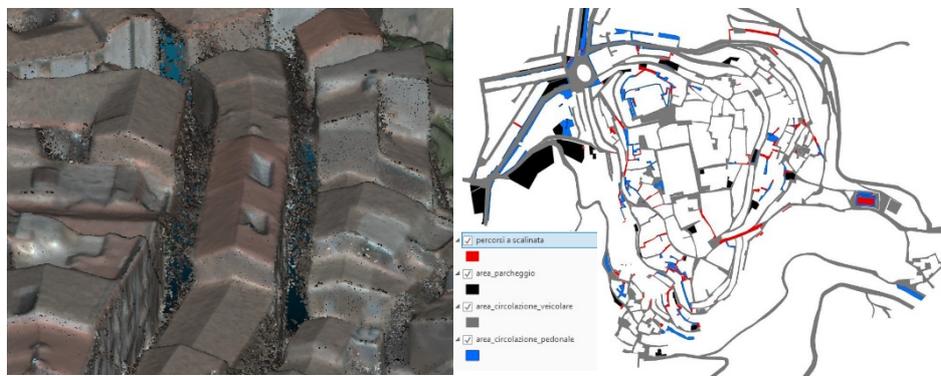


Fig. 4. La criticità dei *canyon* urbani, rumorosità della nuvola e ricostruzione della superficie 3D triangolata e texturizzata. Digitalizzazione degli elementi cartografici riferiti alla viabilità: aree di parcheggio, area di circolazione veicolare e pedonale, in particolare percorsi a scalinate.

Per questo è stata oggetto di sperimentazione l'integrazione delle informazioni topografiche derivate dai voli da drone relative al terreno e in gran parte legate agli elementi antropici e della vegetazione, insieme ai dati relativi ai punti quotati estratti da una cartografia urbana storica in scala 1:500 risalente al 1989 disponibile in formato digitalizzato e messa a disposizione dall'ufficio tecnico del Comune di Salemi **Fig. 5.** Dalla ricchezza di informazioni di tale documento cartografico sono stati estratti i valori relativi ai punti quotati del terreno e delle coperture per verificare la congruenza con le attuali geometrie. Il supporto di questi dati relativi al fitto reticolo di strade e vicoli è stato fondamentale in riferimento alla criticità sopra introdotta del dato DSM derivato dalle elaborazioni fotogrammetriche.

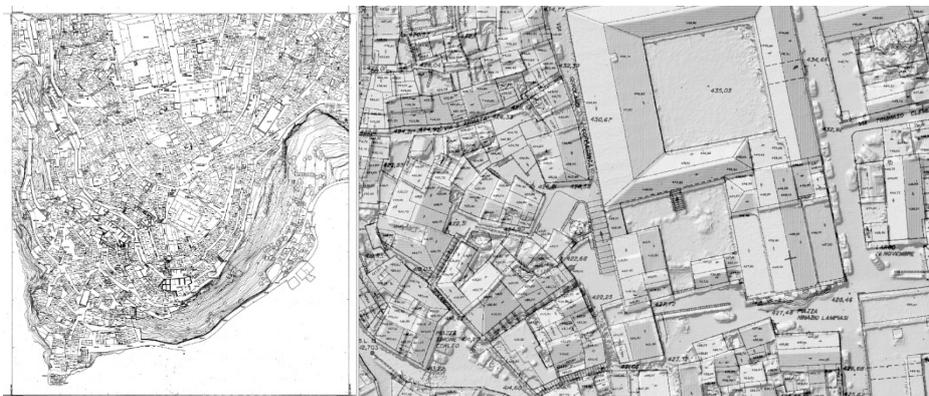


Fig. 5. Georeferenziazione della cartografia storica raster in fogli di mappa (1989) con i dati relativi alla topografia del terreno, sovrapposta al DSM da drone.

Successivamente per la generazione di un modello del terreno DTM (Digital Terrain Model) è stata condotta in via sperimentale un'integrazione tra le due informazioni. (**Fig. 6**). Sono stati testati differenti approcci all'estrazione del dato relativo al terreno quali il *bare earth surface*, l'interpolazione di superficie continua e separazione degli oggetti. Sono in fase di confronto e

validazione i due DTM generati con calcolo di *Kriging* e *Natural neighbor interpolation*, in particolare modo nella valutazione della loro efficacia nell'applicazione al dato fotogrammetrico estratto da drone in tale contesto topografico e morfologico complesso.

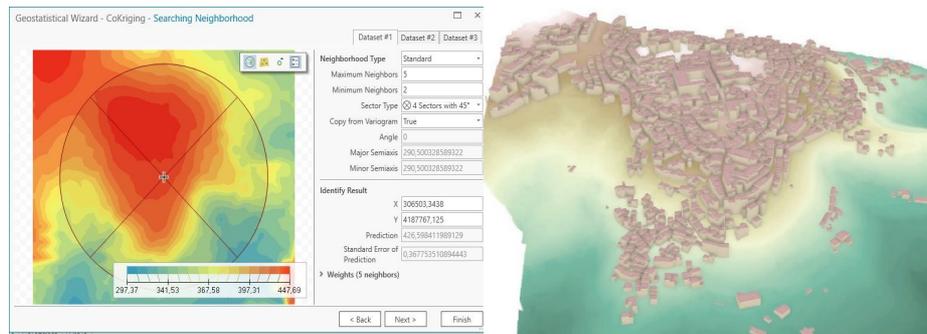


Fig. 6. Sperimentazione algoritmo *Kriging* ed estrazione DTM con edifici 3D

Gli aspetti metodologici e tecnici di questa prima parte della ricerca saranno approfonditi nelle direzioni prospettate dalla ricerca, con preciso riferimento all'adattabilità e validazione dei dati metrici da drone ed all'arricchimento del database cartografico. La sperimentazione si orienterà verso una comparazione con la generazione di oggetti 3D urbani basata sull'uso di nuvole di punti [13] anche attraverso sistemi che sfruttano il concetto di parametrizzazione e di LOD nella concezione appartenente al paradigma dei 3D city models (Fig. 7) [14], e verso quell'approccio che si colloca a cavallo del mondo GIS e modelli BIM a scala urbana, il cosiddetto DIM (District Information Modeling) o LIM (Landscape Information Modeling) [15].

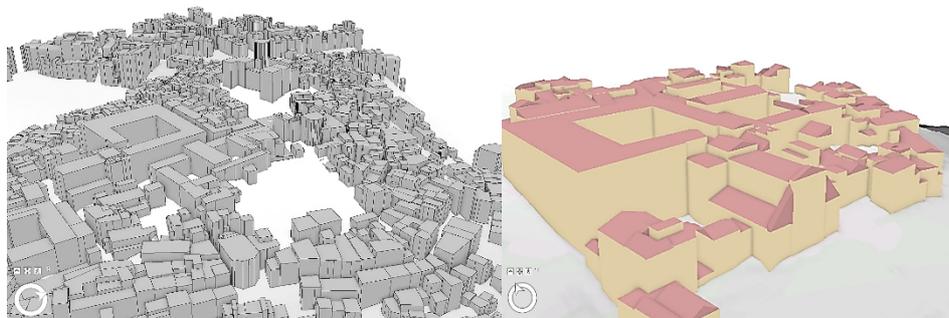


Fig. 7. Generazione del modello urbano secondo LOD1 e LOD2.

Riferimenti bibliografici

1. La Strategia Nazionale per le Aree Interne (SNAI), <https://www.agenziacoesione.gov.it/strategia-nazionale-aree-interne/>
2. P. A. Croset, "Salemi e il suo territorio" in Casabella, n. 536, giu. 1987, pp.18-31.
3. Basile, G., Caridi, A. *Terroir - Nuovi scenari per il centro storico di Salemi, tra architettura, storia e sviluppo locale*. Relatori: Rel. Roberto Dini, Silvia Tedesco. Politecnico di Torino,

- Corso di laurea magistrale in Architettura Costruzione Città, Corso di laurea magistrale in Architettura Per Il Progetto Sostenibile, 2020
4. NTA Piano Paesaggistico Regione Siciliana 2016, da: <http://www.regione.sicilia.it/beniculturali/dirbenicult/bca/ptpr/sitr.html>
 5. Mazzi, C., (2013), Censimento dei DB Geotopografici regionali: stato di attuazione del DM 10/11/2011, *GeoMedia* 17 (1). <https://doi.org/10.48258/geo.v17i1.247>
 6. Corongiu, M., Rossi, M., Galetto, R., & Spalla, A. (2006). Cartografia numerica per i database topografici e il 3D City Model dei centri storici. *Bollettino Della Società Italiana Di Fotogrammetria e Topografia*, 3, 45–68.
 7. INSPIRE - INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe - Infrastruttura per l'Informazione Territoriale in Europa. <https://inspire.ec.europa.eu/>
 8. Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling – current status and future perspectives –. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-1
 9. Teppati Losè, L., Chiabrando, F., & Giulio Tonolo, F. (2020). Boosting the Timeliness of UAV Large Scale Mapping. *Direct Georeferencing Approaches: Operational Strategies and Best Practices*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10), 578. <https://doi.org/10.3390/ijgi9100578>
 10. Palanirajan, H. K., Alsadik, B., Nex, F., & Oude Elberink, S.. Efficient flight planning for building façade 3D reconstruction. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W13, 495–502 (2019).
 11. Remondino, F., Spera, M. G., Nocerino, E., Menna, F., & Nex, F. (2014). State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record*, 29(146), 144–166. <https://doi.org/10.1111/phor.12063>
 12. Brovelli, M. A., Cina, A., Crespi, M., Lingua, A., Manzano, A., & Garretti, L. (2009). *Ortoimmagini E Modelli Altimetrici a Grande Scala-Linee Guida* (CISIS (ed.))
 13. Spanò, A., Chiabrando, F., Dezzani, L., & Prencipe, A. Digital Segusio: from models generation to urban reconstruction. *Virtual Archaeology Review*, 7(15), 87 (2016).
 14. Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2842–2889. <https://doi.org/10.3390/ijgi4042842>
 15. Ramírez Eudave, R., & Ferreira, T. M. (2020). On the suitability of a unified GIS-BIM-HBIM framework for cataloguing and assessing vulnerability in Historic Urban Landscapes: a critical review. *International Journal of Geographical Information Science*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1844208>

#AsitaAcademy2021