Dal mondo reale alla realtà virtuale. Orientamento nelle scuole superiori attraverso il rilievo 3D

Giulia Fiorini, Anna Forte, Alessandro Lambertini, Gabriele Bitelli

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Abstract. Si presenta un laboratorio di orientamento rivolto a studenti di licei scientifici, dedicato al rilievo con tecniche geomatiche e alla creazione di modelli digitali. Attraverso fotogrammetria, laser scanning e realtà virtuale, gli studenti hanno acquisito e integrato dati spaziali relativi a un cantiere reale. Questionari finali indicano il gradimento e l'efficacia percepita dell'esperienza nel rendere più accessibili i contenuti della geomatica e nel favorire l'orientamento tecnico-scientifico.

Parole chiave: Orientamento tecnico-scientifico, Laboratorio, Didattica della Geomatica, Rilievo 3D.

1 Introduzione

La geomatica offre un contesto concreto per collegare le conoscenze matematiche e fisiche della scuola secondaria alla rappresentazione e all'analisi dello spazio. Un percorso di orientamento basato su un rilievo reale permette di rendere visibili le scelte che precedono la produzione di un modello tridimensionale e il rapporto tra misura, elaborazione e impiego del risultato. La didattica attiva costituisce un riferimento per questa impostazione: gli studi in ambito universitario STEM ne documentano i benefici, pur in contesti diversi da un breve laboratorio rivolto alle scuole superiori [1,2].

Il laboratorio «Il rilievo 3D dal mondo reale ai gemelli digitali esplorati in realtà virtuale», svolto presso il DICAM dell'Università di Bologna, si rivolge agli studenti dei licei scientifici. L'obiettivo è avvicinarli alle applicazioni della geomatica nell'ingegneria civile e ambientale, seguendo una sequenza operativa riconoscibile, dalla progettazione dell'acquisizione alla fruizione del modello. L'integrazione di fotogrammetria e scansione laser consente inoltre di introdurre la complementarità tra dati e rappresentazioni, tema consolidato nella documentazione tridimensionale [3].

Il contributo descrive l'organizzazione del percorso, i prodotti utilizzati e gli esiti qualitativi della valutazione. Il caso di un cantiere edile universitario collega l'esperienza di misura a un intervento di trasformazione dello spazio. L'interesse scientifico e didattico risiede nella continuità tra le fasi del processo e nella possibilità di discuterne i limiti, evitando che la sola efficacia visiva del modello venga assunta come indicatore di qualità metrica o di apprendimento.

2 Materiali e metodi

Il caso di studio è un cantiere attivo nel plesso universitario storico della Facoltà di Ingegneria in Bologna, relativo alla realizzazione di una vasca di raccolta e stoccaggio delle acque (Fig. 1). La presenza dello scavo, degli edifici e delle sistemazioni circostanti permette di collegare l'osservazione diretta alla lettura della geometria del sito. Il contesto in trasformazione di un cantiere attivo offre anche l'occasione di introdurre il monitoraggio multitemporale come possibile applicazione di rilievi ripetuti.



Fig. 1. Il cantiere utilizzato come caso studio del laboratorio.

2.1 Articolazione del percorso

Il laboratorio si è articolato in quattro distinti moduli, per complessive 12 ore, organizzati secondo il processo di costruzione di un modello 3D. La sequenza ha associato a ciascuna fase operativa uno specifico obiettivo conoscitivo. Il primo modulo ha introdotto i principi della geomatica e le applicazioni del rilievo tridimensionale. La progettazione dell'acquisizione sul caso studio ha messo in relazione la finalità del rilievo con la scelta dei dati necessari a descrivere lo spazio osservato.

Il secondo modulo ha riguardato la raccolta delle immagini e dei dati metrici. L'impiego della fotogrammetria digitale e del laser scanning terrestre ha consentito di presentare due diverse modalità di acquisizione e di collegare le osservazioni condotte sul campo ai dati successivamente elaborati. Inoltre, tecniche GNSS sono state impiegate per l'inquadramento geodetico del rilievo.

Il terzo modulo è stato dedicato all'elaborazione dei dati e alla generazione di diversi prodotti digitali, sia tridimensionali, come nuvole di punti e modelli mesh, sia bidimensionali, come ortofoto e DEM georeferenziati. Il quarto modulo, infine, ha riguardato la visualizzazione di questi prodotti mediante strumenti di realtà virtuale e aumentata, affiancata dall'osservazione di modelli fisici stampati in 3D. Il passaggio tra le diverse forme di rappresentazione ha reso esplicito il legame tra il dato acquisito e le differenti modalità di visualizzazione dei prodotti digitali ottenuti.

3 Acquisizione ed elaborazione dei dati

Le immagini acquisite sul campo sono state impiegate, nella seconda parte del laboratorio, in un flusso di lavoro di fotogrammetria MVS-SfM (Multi-View Stereo Structure from Motion). Nei procedimenti basati sulla SfM, la corrispondenza tra punti riconoscibili in più immagini ha permesso di stimare la posizione delle camere e la struttura della scena [4]. Questo principio ha consentito di collegare l'attività fotografica ai concetti di prospettiva, ridondanza delle osservazioni e ricostruzione spaziale, favorendo la comprensione del significato delle successive operazioni software (fig. 2).

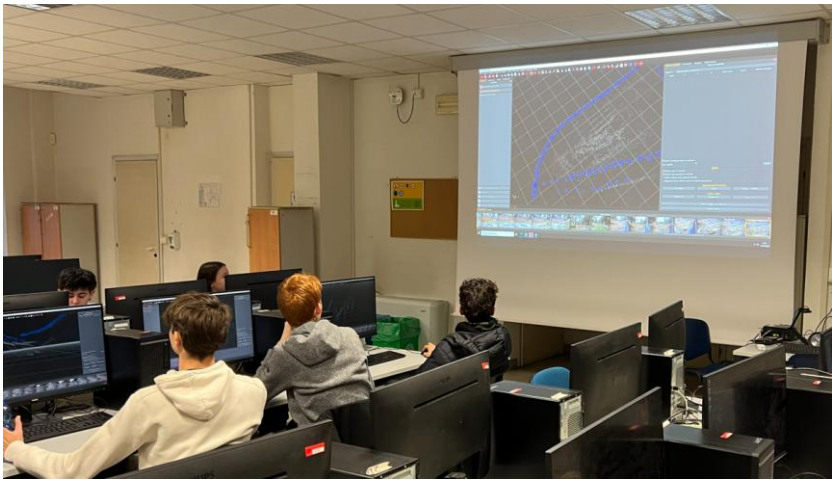

Fig. 2. Comprensione degli elementi base della fotogrammetria in ambiente SfM

Il laser scanning terrestre ha invece introdotto un diverso principio di misura, basato sull'acquisizione di punti sulla superficie degli oggetti. Il confronto con la fotogrammetria ha permesso di discutere il rapporto tra geometria e informazione visiva, nonché il ruolo delle zone non osservate.

In termini metodologici, l'integrazione di dati provenienti da sensori differenti (Fig. 3) ha richiesto l'adozione di un riferimento spaziale coerente, garantito da una rete di punti con coordinate espresse in sistemi di riferimento globali e da controlli sulla compatibilità e coerenza dei dati [3].

Nel percorso di orientamento, questi aspetti hanno fornito riferimenti utili per interpretare il processo di rilievo anche nella prospettiva dell'integrazione di dati acquisiti mediante sistemi differenti, caratterizzati da diversi principi fisici e geometrici di misura. Hanno inoltre consentito di evidenziare il ruolo dei sistemi di riferimento geodetici nei processi di georeferenziazione e integrazione multisensore, nonché di introdurre concetti fondamentali per la valutazione della qualità del dato, quali accuratezza e verifica metrica, risoluzione e scala di rappresentazione.

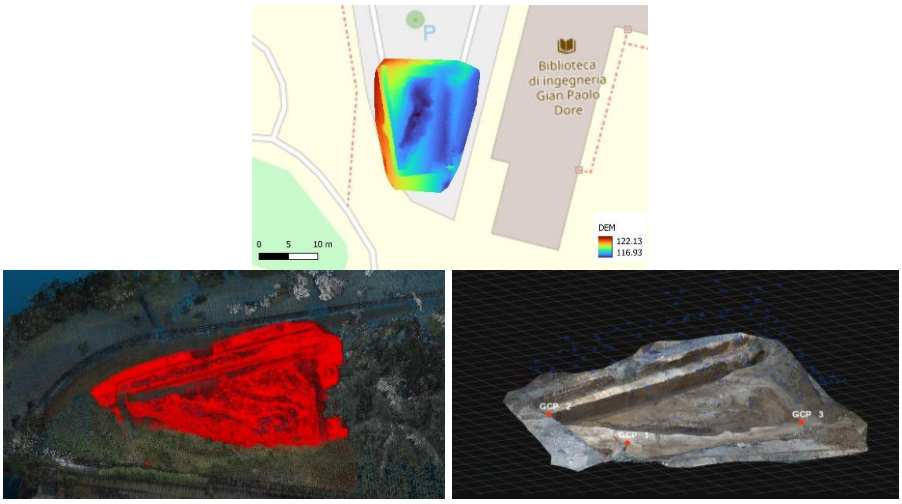

Fig. 3. Prodotti del rilievo: DEM dell'area di scavo in ambiente GIS (basemap: OpenStreetMap; RDN2008 / UTM 32N; altezze ellissoidiche). In basso, dettaglio della nuvola fotogrammetrica (rosso) co-registrata con la nuvola TLS del contesto di scavo e, a destra, mesh texturizzata da rilievo fotogrammetrico

3.1 Visualizzazione e valutazione dell'esperienza

La fase conclusiva si è invece concentrata sulla visualizzazione dei modelli digitali, grazie alla fruizione mediante visori per la Realtà Virtuale e Mista (VR e MR) e all'osservazione di stampe 3D. La scena virtuale e l'utilizzo del visore in prossimità del caso studio sono illustrati in Fig. 4. La scena a sinistra è stata ricostruita in software di rendering utilizzando i modelli ottenuti durante il laboratorio e il contesto della zona esterna alla facoltà di Ingegneria. È stata poi implementata, tramite animazioni, anche la visualizzazione immersiva del cambiamento geometrico del sito, utilizzando un modello 3D derivato da rilievi eseguiti in una fase precedente. Questo video immersivo tridimensionale è stato fruito tramite VR. L'esperienza di Realtà Mista, invece, si è avvalsa dell'uso di visori che permettono la modalità *pass-through*, in cui elementi virtuali (in questo caso, il modello del cantiere relativo alla fase precedente) vengono visualizzati immersivamente e simultaneamente sulla scena reale.

Oggetti stampati in 3D, già in possesso del gruppo di Geomatica del DICAM e non prodotti in questo contesto, hanno invece permesso di presentare una forma tangibile di visualizzazione e fruizione di oggetti tridimensionali ricostruiti con tecniche di

rilievo. Le diverse modalità di fruizione proposte hanno quindi offerto diverse modalità di lettura delle forme e delle relazioni spaziali. Il loro valore didattico dipende dalle attività proposte: la ricerca sull'apprendimento immersivo evidenzia il ruolo della presenza, della motivazione e del carico cognitivo, insieme a quello della progettazione didattica [5].



Fig. 4. A sinistra una scena della esperienza di Realtà Virtuale creata a partire dai dati raccolti e l'utilizzo del visore per la Realtà Mista presso il sito reale a destra.

La valutazione dell'attività è stata condotta mediante questionari anonimi. Gli esiti sono esaminati sul piano del gradimento espresso e dell'efficacia percepita delle attività. Queste informazioni hanno permesso di descrivere la ricezione del laboratorio e hanno fornito indicazioni per la sua revisione; vanno tuttavia distinte dalla misurazione delle conoscenze acquisite.

4 Risultati e Discussione

Il percorso ha integrato l'acquisizione di immagini e dati metrici con le successive fasi di elaborazione, modellazione e visualizzazione immersiva. I prodotti ottenuti, quali ortofoto, nuvole di punti e scene virtuali, documentano diversi livelli di restituzione del caso di studio e rendono osservabile la trasformazione dei dati acquisiti in un modello digitale esplorabile. La continuità dell'oggetto analizzato ha rappresentato il principale elemento di integrazione didattica, consentendo di ricondurre strumenti e attività a un unico processo di conoscenza e interpretazione dello spazio.

Al termine dell'esperienza, la maggior parte dei partecipanti ha espresso una valutazione molto positiva o positiva. Le fasi di elaborazione dei dati e di visualizzazione immersiva sono risultate particolarmente apprezzate, suggerendo che la possibilità di seguire il passaggio dalle misure al modello costituisca uno degli aspetti più coinvolgenti del laboratorio. Tale riscontro conferma l'interesse del percorso come proposta di orientamento tecnico-scientifico.

L'esperienza ha inoltre permesso di presentare la geomatica come un processo di costruzione e interpretazione dell'informazione spaziale. Il riferimento al cantiere ha reso esplicito il legame con l'ingegneria civile e ambientale, sebbene i medesimi principi possano essere applicati alla documentazione di siti archeologici, del

patrimonio costruito e di contesti ambientali dinamici. Il modello rilevato costituisce infine una base geometrica utile per introdurre il concetto di gemello digitale. Quest'ultimo richiede tuttavia l'integrazione di ulteriori informazioni descrittive, funzionali e temporali, nonché la definizione di relazioni aggiornabili con il sistema fisico rappresentato [6].

5 Conclusioni

In conclusione, il laboratorio di orientamento proposto ha mostrato le potenzialità di un approccio integrato, capace di collegare rilievo, elaborazione e visualizzazione all'interno di un'esperienza didattica unitaria. Il gradimento espresso dai partecipanti evidenzia in particolare l'efficacia delle attività che rendono visibile ed esplorabile la trasformazione del dato metrico. La valutazione condotta riguarda tuttavia soprattutto il livello di apprezzamento e non consente di misurare un effettivo incremento delle competenze o eventuali ricadute sulle scelte formative. Inoltre, l'interesse per gli strumenti non coincide necessariamente con la comprensione del processo metodologico. Le applicazioni future potrebbero pertanto integrare i questionari con brevi prove iniziali e finali e con attività di lettura critica dei prodotti del rilievo. Ciò permetterebbe di distinguere più chiaramente il coinvolgimento suscitato dalle tecnologie dall'acquisizione di conoscenze e capacità interpretative.

Riferimenti bibliografici

1. Bastawrous, A., Forte, A., Lambertini, A. et al. Integrating geomatics and mixed reality for heritage visualization and experiential learning in an educational context. Appl Geomat 18, 117 (2026). https://doi.org/10.1007/s12518-026-00755-6
2. Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M.P.: Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences 111(23), 8410–8415 (2014). https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
3. Remondino, F.: Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. Remote Sensing 3(6), 1104–1138 (2011). https://doi.org/10.3390/rs3061104
4. Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M.: "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology 179, 300–314 (2012). https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021
5. Makransky, G., Petersen, G.B.: The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. Educational Psychology Review 33, 937–958 (2021). https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2
6. Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., Rezgui, Y.: Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. Automation in Construction 114, 103179 (2020). https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179