

Misure a dismisura: problematiche e spunti di riflessione sul rilievo urbano

Adriana Marra
Ilaria Trizio
Alessio Cordisco
Marco Giallonardo
Marco Saccucci
Francesca Savini

Abstract

La razionalizzazione del processo di acquisizione multi-livello dei dati, sin dalle prime operazioni e quindi durante la campagna di rilievo, svolta in contemporanea alla compilazione di apposite schede catalografiche, consente un maggior controllo sulle fasi successive di restituzione e di analisi e una ottimizzazione della grande quantità di dati prodotti con il processo di conoscenza. Sulla base di questo assunto viene proposta una procedura che, attraverso l'acquisizione simultanea dei dati, sia quelli geometrici derivati dal rilievo strumentale che quelli informativi derivati dall'analisi multi-livello del patrimonio costruito, facilita il flusso di lavoro degli operatori sul campo, riducendo i tempi nelle successive fasi di gestione delle informazioni. L'aspetto innovativo risiede nell'utilizzo di tecniche di Realtà Aumentata per facilitare la schedatura in situ attraverso assets digitali che indicano l'oggetto da rilevare e da catalogare e che si sovrappongono allo spazio fisico reale. La procedura è stata messa a punto nell'ambito di un progetto volto a digitalizzare il centro storico dell'Aquila; in questa sede si presentano i risultati di una sperimentazione condotta in occasione di una recente campagna di rilievo urbano, volta a testare la validità della procedura proposta.

Parole chiave

Rilievo urbano, gestione dati, Realtà Aumentata, SLAM, patrimonio costruito.



Infografica per la gestione real-time di multi-data.
Elaborazione degli autori.

Introduzione

La documentazione del patrimonio costruito è un'attività connessa alla rappresentazione digitale 3D dei manufatti che spazia dalle nuvole di punti fino ai modelli informativi tra i quali gli HBIM (*Heritage Building Information Modelling*).

La diffusione di strumenti per il rilievo 3D, l'accessibilità in termini economici e la facilità di utilizzo di attrezzature e sensori per l'acquisizione di dati geometrici e spaziali, hanno portato a un aumento nella creazione di dati, tanto da dover affrontare nuove sfide di ricerca, come ad esempio quella rappresentata dalla gestione dei *big-data*. Sebbene siano disponibili standard codificati sia per il rilievo che per il post-processamento dei dati e per la creazione di repliche digitali [Sammartano, Spanò 2018; Parrinello 2021; Hernández et al. 2023], mancano processi e approcci operativi codificati in grado di mettere a sistema, in tempo reale, dati di natura geometrica con quelli di carattere semantico.

Pertanto, il lavoro illustrato in questa sede propone una standardizzazione del processo di acquisizione multi-livello dei dati, geometrici e informativi, sin dalle prime fasi di acquisizione durante la campagna di rilievo. Il raccordo tra le due tipologie di dato è favorito, nelle fasi di analisi per la conoscenza del patrimonio costruito, dal ricorso a Identificativi Univoci e a tecniche di Realtà Aumentata.

Il lavoro fa parte delle attività che il team porta avanti all'interno del laboratorio "InnResLab", nell'ambito delle attività del progetto "SICURA - Casa delle Tecnologie Emergenti L'Aquila (CTE-SICURA)", nel *Sub-Task* finalizzato alla sperimentazione di tecnologie digitali per la gestione del costruito storico. Tra le attività previste si inserisce la digitalizzazione della città dell'Aquila, attraverso la quale si sta realizzando una replica digitale multi-livello del centro storico, che parte dall'acquisizione generale per arrivare ad approfondimenti con *focus* su edifici campione. Gli obiettivi previsti dal progetto aprono a sfide interessanti e invitano ad approfondire il tema della misura, in questa sede intesa come attività finalizzata ad ampliare la conoscenza dei fenomeni attraverso procedure di rilevamento integrato, e su quello della dismisura, intesa come enorme produzione di dati durante la fase di acquisizione e conseguente difficoltà di gestione durante le fasi successive. In quest'ottica i temi della misura e dismisura risultano strettamente interconnessi ed entrambi legati alle fasi di acquisizione e conoscenza, con dei risvolti problematici nelle fasi successive, di organizzazione, analisi e gestione dei *Big Data*.

Rilievo architettonico e catalogazione sul campo: breve stato dell'arte

La conoscenza del patrimonio storico costruito si esplica attraverso fasi sequenziali e interconnesse che permettono di ottenere informazioni sulle caratteristiche geometrico-dimensionali, sui caratteri tipologici e morfologici di un'opera per documentarla adeguatamente e favorirne l'analisi, la conservazione e valorizzazione [Parrinello 2021]. Strumento fondamentale per la conoscenza e successiva restituzione dei manufatti è il rilievo, che permette di documentare e comprendere una realtà articolata e stratificata analizzandola in tutti i suoi aspetti. L'attività di catalogazione, intesa non solo quale processo di inventariazione ma anche punto di partenza per la comprensione formale e culturale del patrimonio, si affianca al rilievo come strumento complesso di conoscenza che permette di acquisire informazioni diversificate su categorie eterogenee di beni con un approccio multi-livello ad approfondimento crescente [Miele 2011] [1].

Il processo di digitalizzazione del patrimonio ha portato alla definizione di procedure consolidate nell'ambito del rilievo digitale 3D, basato sull'integrazione di tecniche multi-sensore e strumenti quali laser scanner o fotocamere digitali anche montate su sistemi a pilotaggio remoto [Sammartano, Spanò 2018; Attenni et al. 2021; Marra et al. 2022], che hanno permesso di superare i limiti dei metodi del rilievo tradizionale offrendo nuove possibilità e strumenti per la rappresentazione e documentazione del patrimonio. La letteratura scientifica si è espressa anche in merito all'efficacia delle tecniche di rilievo speditivo basate su laser scanner mobile, evidenziando inoltre come tali sistemi, grazie alla tecnologia *Simultaneous*

Localization And Mapping (SLAM), permettano di acquisire una grande quantità di dati e di ottenere nuvole di punti da cui ricavare informazioni geometriche e spaziali con una precisione tra 1 e 5 cm [Chudá et al. 2020; Chio 2021].

Contestualmente, la diffusione di sistemi informativi digitali di catalogazione ha migliorato l'organizzazione e gestione dei dati. Lo sviluppo di standard e vocabolari condivisi ha facilitato la strutturazione dei dati per livelli di approfondimento differente e garantito l'accessibilità e condivisione delle informazioni [Miele 2011; Krizaj et al. 2022]. Particolarmente rilevante risulta essere il sistema informativo di catalogo (SIGECweb) dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) che ottimizza i processi di catalogazione, coerentemente agli standard catalografici dell'ICCD, assicurando la qualità della banca dati e la sua fruizione [2]. Di recente, l'ICCD ha definito un modello standardizzato (MODI – Modulo Informativo) per la raccolta delle informazioni del patrimonio culturale, non ancora individuato e catalogato come bene culturale, da utilizzare nelle attività di censimento, inventariazione o approfondimento specialistico. Questo modulo viene utilizzato per beni mobili e immobili e permette di raccogliere informazioni di varia natura, da quelle descrittive e tecnico-scientifiche per evidenziare i valori insiti nel manufatto, a quelle geografiche, che permettono di comprendere le relazioni tra il bene e il territorio, fino a quelle amministrative. Inoltre, grazie alla presenza di un codice identificativo, il modulo può essere gestito nel SIGECweb e collegato alle altre schede [Mancinelli 2015].

Il raccordo tra le diverse tipologie di dati è un tema attuale nel campo della ricerca e, sebbene vi siano maggiori sperimentazioni nell'ambito dell'integrazione nelle fasi di post-processing, vi sono interessanti applicazioni che ricorrono alle moderne tecniche di Realtà Aumentata, Realtà Virtuale e Realtà Mista [Savini et al. 2023; Stampfer 2023].

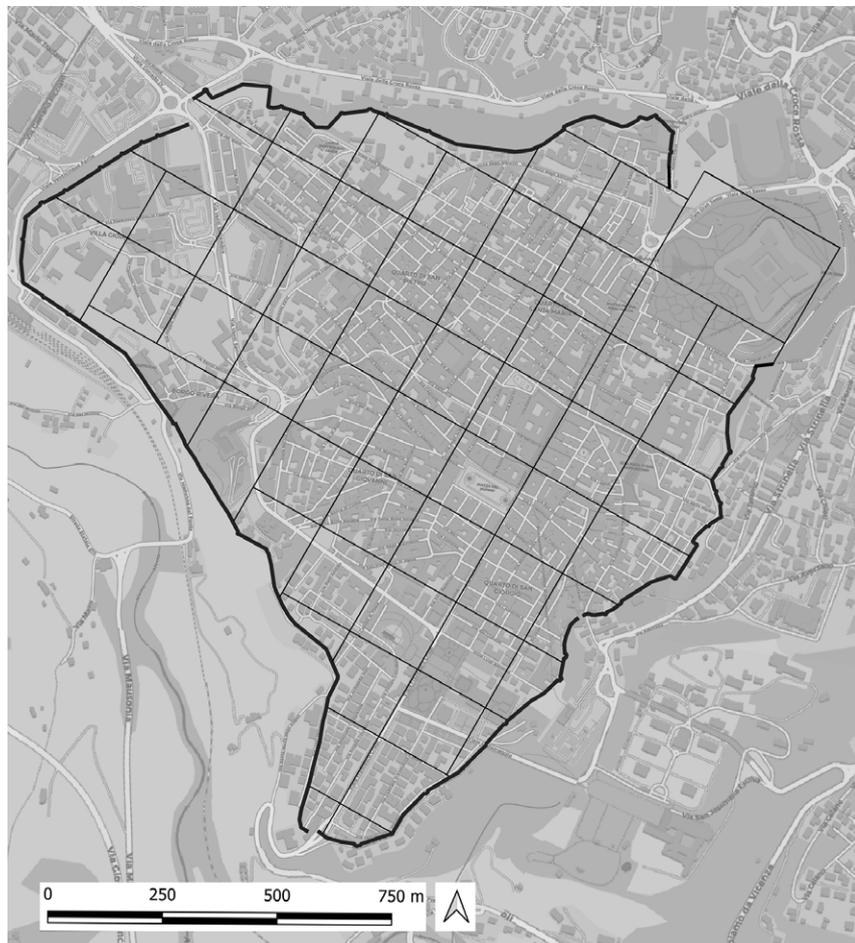


Fig. 1. Divisione in lotti della città dell'Aquila per le fasi di rilievo integrato. Elaborazione degli autori.

La riflessione su questi concetti ha portato a definire un *workflow* efficace per la conoscenza e rappresentazione del costruito storico, testato sul campo con la sperimentazione illustrata nel presente contributo. Nello specifico, la procedura intende approfondire la fase iniziale del processo di rilevamento integrando i multi-data in ambiente digitale.

Proposta di un *workflow* per l'acquisizione e gestione real-time di multi-data a scala urbana

A partire dalla premessa metodologica il *workflow* definito propone di implementare le operazioni volte a garantire la completa conoscenza del patrimonio costruito integrando i dati geometrici con quelli informativi ricorrendo a tecniche di Realtà Aumentata e all'utilizzo di Identificativi Univoci. Tali operazioni vengono implementate nelle fasi di: i) progettazione della campagna di rilievo; ii) acquisizione sul campo; iii) validazione e post-processamento dei dati.

La procedura è stata testata con una sperimentazione condotta su larga scala in ambito urbano, scegliendo come caso studio una porzione della città dell'Aquila.

Progettazione del rilievo e creazione dell'APP-AR. Nell'ambito del progetto volto alla digitalizzazione della città, condotto in modalità multi-livello, dalla scala urbana a quella dell'edificio, è stata progettata la campagna di acquisizione multi-sensore i cui output sono integrati grazie al sistema GNSS. Per facilitare le operazioni di rilievo, che si protrarranno nel tempo e che potranno essere effettuate da operatori differenti, la fase di progettazione ha previsto la suddivisione della città in lotti da rilevare in tempi differenti (fig. 1).

La fase di progettazione della campagna di rilievo è stata implementata con la creazione di un applicativo in AR che permette di collegare virtualmente la scheda del catalogo digitale allo spazio fisico reale da acquisire. Questo link è reso possibile attraverso l'utilizzo di coordinate geografiche nel formato decimale con latitudine e longitudine su base WGS 84-Pseudo-Mercator, che possono essere estrapolate in modalità manuale o con apposito plug-in dalle più note piattaforme geografiche, come, a titolo esemplificativo e non esaustivo, Open Street Map (OSM) [3]. L'APP-AR è stata realizzata con Unity Game Engine, [4] piattaforma che offre la possibilità di posizionare oggetti 3D nello spazio virtuale sulla base di punti geografici del mondo reale, grazie proprio alle coordinate geografiche. A tal proposito la geolocalizzazione dei punti da inserire in AR è stata realizzata ricorrendo a un editor di mappa web che dialoga con Unity e che facilita il posizionamento dei marcatori (fig. 2). I dati, sotto forma di coordinate geografiche, esportati in formato XML, sono stati importati nel Game Engine tramite i plug-in AR Foundation e AR+GPS Location, associandoli agli oggetti tridimensionali appositamente definiti (fig. 3).

Ogni asset digitale creato in ambiente virtuale è stato collegato, attraverso un URL, al

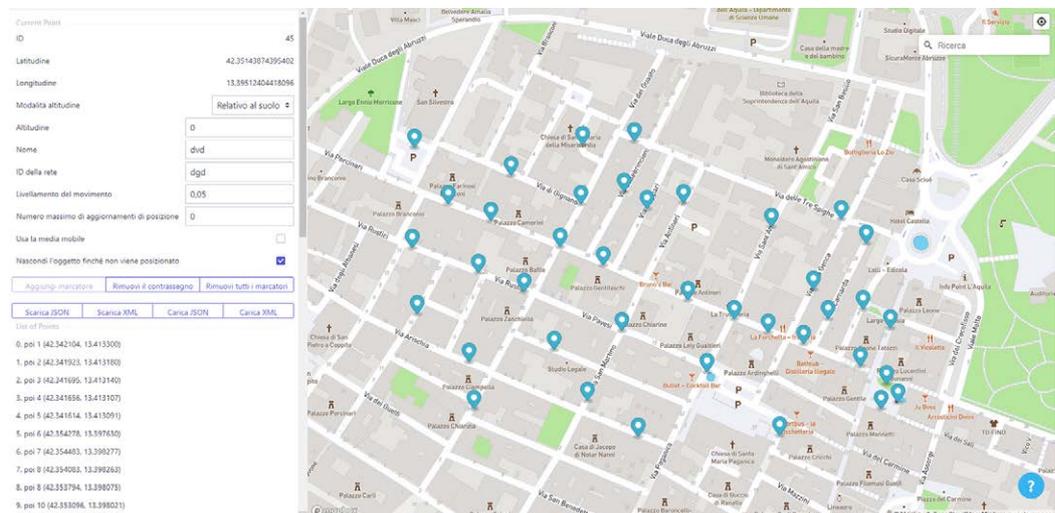


Fig. 2. Acquisizione delle coordinate geografiche per la Realtà Aumentata. Elaborazione degli autori.

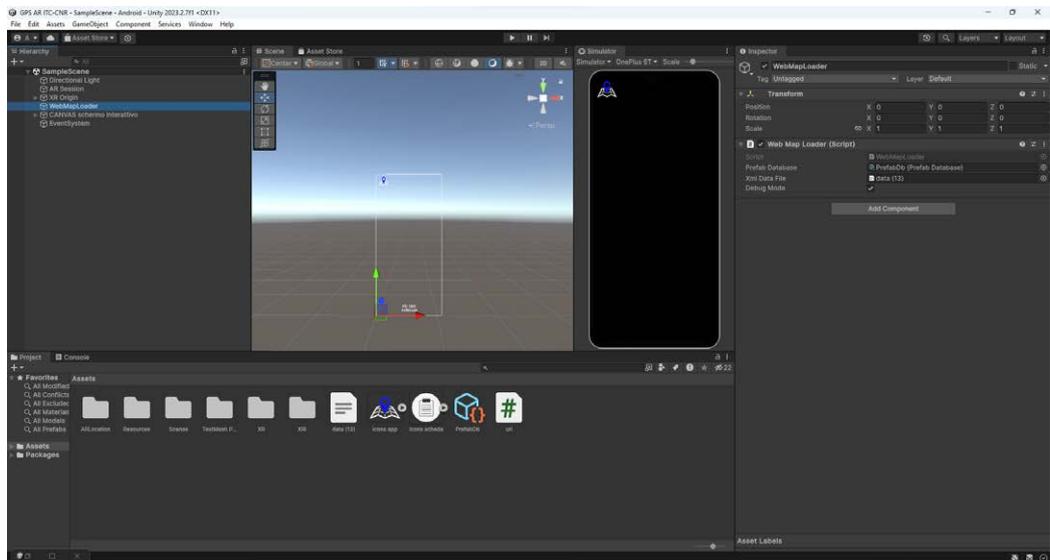


Fig. 3. Schermata della piattaforma Unity durante la fase di progettazione della APP in Realtà Aumentata. Elaborazione degli autori.

catalogo digitale accessibile tramite un pulsante che si sovrappone allo spazio fisico reale con la tecnica dell'AR. Nello specifico, il sistema progettato, attraverso la funzione di geolocalizzazione integrata nel dispositivo mobile, posiziona sull'oggetto da rilevare un pulsante interattivo che favorisce la compilazione sul campo della scheda di catalogo specifica e un altro che apre un block-notes.

Il passaggio conclusivo di questa fase prevede la creazione di una *build*, ovvero un pacchetto indipendente, che permette il funzionamento della APP da installare su diversi *device* per la visualizzazione in AR degli *asset* digitali.

Acquisizione dati. La campagna di rilievo è stata avviata a partire dal lotto su cui insiste la piazza principale della città. Per la sperimentazione in oggetto è stato utilizzato lo scanner mobile ZEB Horizon RT di GeoSLAM nella configurazione Backpack Vision. Tale configurazione integra lo SLAM con un ricevitore GNSS e-Survey permettendo di acquisire i dati (nuvola di punti e dati GNSS) in tempo reale. Il laser ha una portata di 100 m e consente

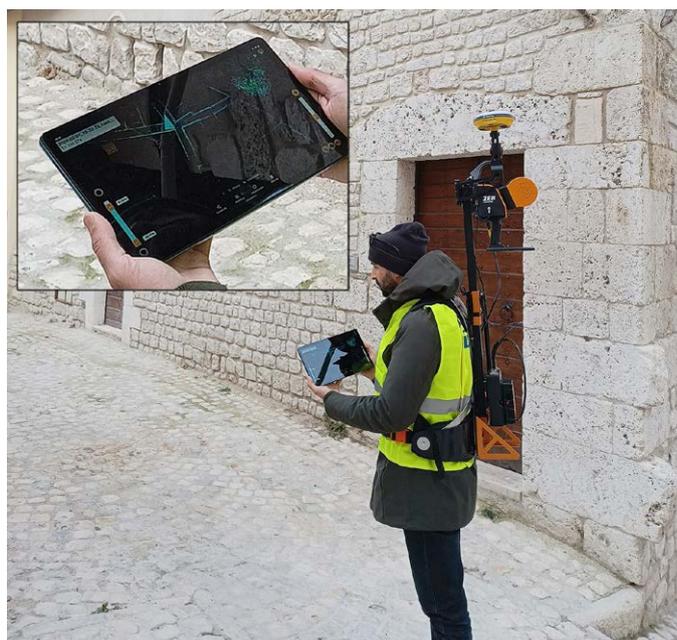


Fig. 4. Rilievo sul campo con SLAM e dettaglio del tablet con la visualizzazione della acquisizione in real-time. Elaborazione degli autori.

l'acquisizione di nuvole di punti di buona qualità (precisione 1-3 cm) grazie all'unità di misura inerziale al suo interno e alla tecnologia SLAM [Sammartano, Spanò 2018; Rinaudo, Scolamiero 2021]. L'integrazione dell'antenna GNSS permette di acquisire dati di posizione rispetto a un sistema di riferimento globale in modalità RTK associandoli direttamente alla nuvola di punti rilevata, che sarà così georiferita.

Il lotto in oggetto è stato acquisito con 3 scansioni che hanno permesso di rilevare un'area di circa 30.000 mq. Lo strumento utilizzato in fase di rilievo permette di controllare in tempo reale, direttamente sul tablet connesso tramite Wi-Fi al laser, il dato grezzo in associazione con la traiettoria dell'operatore (fig. 4). Alla chiusura di ogni singola scansione la nuvola di punti è stata scaricata sul dispositivo mobile e salvata sul cloud dedicato. a tabella sottostante riporta il riepilogo delle caratteristiche e la durata delle scansioni SLAM, nonché i tempi di processamento dati sul campo.

No. Scansione	Durata scansione	Nuvola di punti	Dimensioni nuvola di punti [MB]	Durata download file su dispositivo	Durata upload file su drive
Scan_01	8'19"	42.442.331	848	4'15"	8'30"
Scan_02	12'37"	34.750.937	695	3'30"	7'07"
Scan_03	9'38"	29.690.674	594	3'10"	6'03"

Nella sperimentazione un ruolo centrale è stato svolto dalla rete di quinta generazione, 5G [Chili 2020; Antonelli et al. 2018], che ha facilitato la trasmissione dei dati in upload per la fruizione simultanea da remoto dei diversi output.

Con il supporto digitale del tablet, è stato possibile compilare sul campo le schede esplicative di inventario ricorrendo alla APP-AR. Le informazioni qualitative, sia identificative che tipologiche del manufatto, sono state raccolte all'interno della scheda editabile del modulo MODI [Mancinelli 2015] che è stata rielaborata in un modulo condiviso in uno spazio di archiviazione online. La presenza del codice identificativo all'interno della scheda permette di trasferire, a valle di una fase di affinamento delle attività di conoscenza e analisi, le informazioni raccolte in un database più ampio.

La APP-AR ha facilitato le operazioni preliminari di conoscenza direttamente sul campo, poiché in prossimità degli edifici si attivano i pulsanti in Realtà Aumentata interattivi che collegano l'edificio al catalogo digitale (fig. 5).

Per facilitare l'annotazione di dati non contenuti all'interno della scheda di catalogo ministeriale, è invece disponibile il block-notes, che viene aperto tramite l'apposito pulsante, per



Fig. 5. APP AR per la compilazione del catalogo. Elaborazione degli autori.

implementare informazioni utili nella fase di post processamento delle nuvole (i.e., misure di controllo, informazioni GNSS, ecc.).

Validazione e processamento. Al termine del processo di acquisizione le nuvole di punti derivanti dalle attività di rilievo con ZEB Horizon RT sono state elaborate attraverso il servizio di cloud computing GeoSLAM Hub. Infatti, un operatore da remoto ha validato, in tempo reale, le operazioni sul campo elaborando in modalità *light*, ossia senza perfezionare il processo, le tre nuvole. In questo step è stata evidenziata una lacuna nella geometria dell'area, che è stata segnalata all'operatore sul campo favorendo l'integrazione dei dati con una nuova scansione (fig. 6).

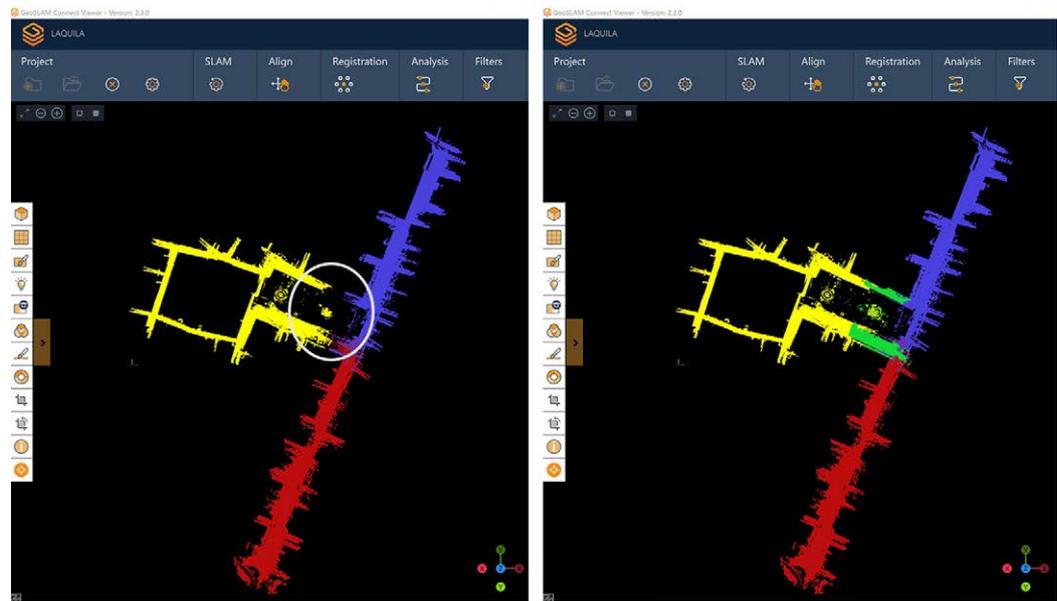


Fig. 6. Integrazione dati geometrici in tempo reale: nuvole di punti acquisite prima e dopo il processo di validazione. Elaborazione degli autori.

I dati raccolti con la compilazione della scheda MODI sono stati utilizzati durante la fase di post-processamento delle informazioni per la creazione di modelli semantici diversificati a seconda delle finalità, ad esempio creazione di *tour* virtuali per incentivare nuove modalità di fruizione del patrimonio culturale (fig. 7).

Inoltre, per la gestione del costruito storico è stata avviata la modellazione preliminare HBIM del costruito con un LOD B [5]. L'analisi simultanea della nuvola di punti e dei dati collezionati nella scheda MODI ha permesso una modellazione speditiva, simultaneamente alle fasi di acquisizione, delle facciate architettoniche che caratterizzano l'isolato oggetto di studio. Questa si caratterizza come propedeutica per approfondimenti futuri relativi all'analisi dei manufatti di interesse per i quali, una volta eseguito un rilievo digitale di precisione e una schedatura per la conoscenza approfondita, sarà possibile realizzare modelli HBIM con più alti livelli di dettaglio dal punto di vista geometrico e informativo.

Conclusioni

La procedura illustrata, che propone una nuova modalità di acquisizione dei dati sul campo, è finalizzata a un maggiore controllo delle fasi di acquisizione dei dati, ed è funzionale ad agevolare la successiva fase di post-processamento e di analisi delle informazioni. Ad affiancare le ormai consolidate fasi di rilievo integrato con operazioni sul campo per l'acquisizione multi-sensore vi sono oggetti digitali in sovrapposizione con lo spazio fisico reale, che si connettono con cataloghi e *repository online*, facilitando il flusso di lavoro degli operatori sul campo e riducendo i tempi nelle successive fasi di gestione dei dati per il processamento.

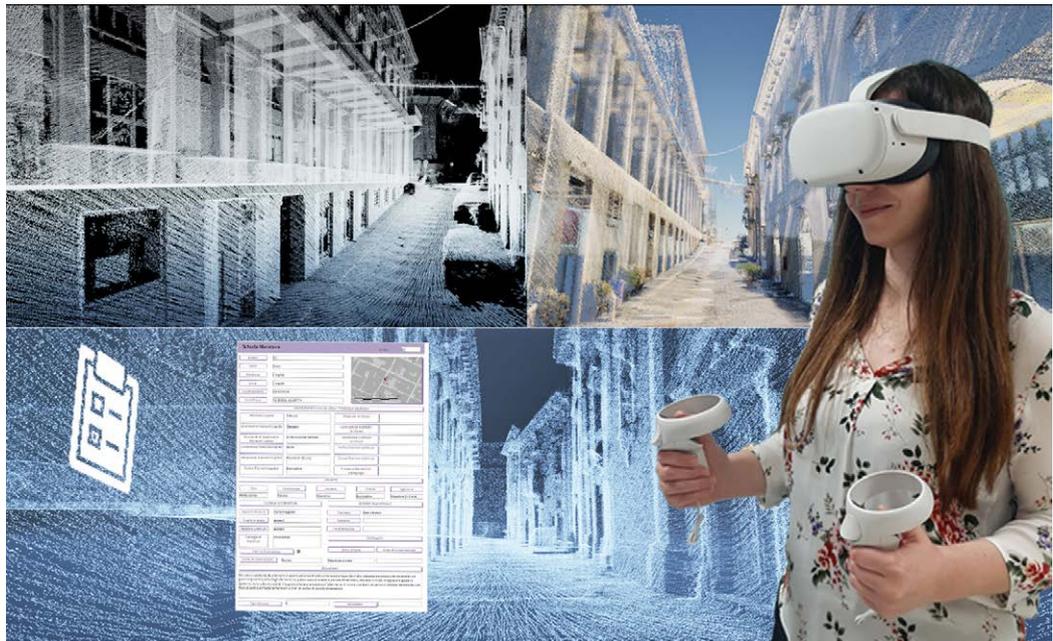


Fig. 7. Navigazione della nuvola di punti in ambiente digitale. Elaborazione degli autori.

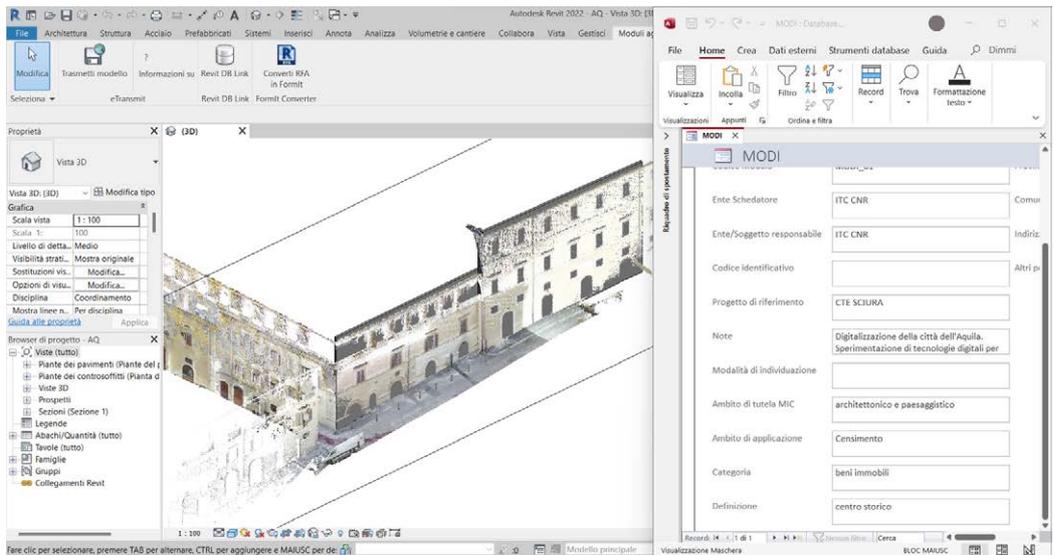


Fig. 8. Elaborazione di un HBIM con LOD 200 e confronto con i dati acquisiti in campo per definire il contenuto informativo. Elaborazione degli autori.

Punto di forza della procedura proposta risiede infatti nella possibilità di gestione simultanea della fase di acquisizione dei dati e di quella del loro controllo e validazione, in tempo reale tramite accesso da remoto, attraverso l'intervento di operatori con *expertise* differenti. Questa simultaneità consente parallelamente di gestire con maggior rigore le attività di misura, riducendo quindi la naturale ipertrofia dei dati che deriva dall'utilizzo delle tecnologie di rilevamento digitale, e contenendo di conseguenza la dismisura delle informazioni acquisite.

Note

- [1] <<http://www.iccd.beniculturali.it/it/Catalogazione>>
- [2] <<http://www.iccd.beniculturali.it/it/sigec-web>>

[3] <<https://opendatacommons.org/licenses/odbl/>>

[4] <https://unity.com/>

[5] <<https://store.uni.com/uni-11337-1-2017>>

Ringraziamenti e crediti

Il lavoro presentato in questa sede è inserito tra le attività portate avanti nell'ambito del progetto "SICURA - CASA INTELLIGENTE DELLE TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA CUP C19C20000520004 - Piano di investimenti per la diffusione della banda ultra larga FSC 2014-2020", finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE).

Si attribuiscono a Ilaria Trizio il paragrafo *Introduzione*, ad Adriana Marra il paragrafo *Rilievo architettonico e catalogazione sul campo: breve stato dell'arte* e a Francesca Savini il paragrafo *Proposta di un workflow per l'acquisizione e gestione real-time di multi-data a scala urbana*, mentre il paragrafo conclusivo è frutto di una riflessione congiunta degli autori. Si attribuiscono a Marco Giallonardo e Alessio Cordisco le fasi di acquisizione sul campo.

Riferimenti bibliografici

Antonelli C., et al. (2018). The city of L'Aquila as a living lab: The INCIPICT project and the 5G trial. In *2018 IEEE 5G World Forum (5GWF). Atti del 2018 IEEE 5G World Forum*. Silicon Valley, CA, USA, 9-11 luglio 2018, pp. 410-415. <doi: 10.1109/5GWF.2018.8517089> (consultato il 19 luglio 2024).

Attenti M., et al. (2021). The Flexibility of Massive Data Capture: Rapid 3D Documentation and the Fountains of Rome. In *Studies in Digital Heritage*, vol. 5, pp. 62-74.

Chili G. (2020). Il 5G in dieci punti. Il Mulino. In *Rivista trimestrale di cultura e di politica*, n. 5, pp. 881-890.

Chudá J., et al. (2020). The handheld mobile laser scanners as A Tool For Accurate Positioning Under Forest Canopy. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLIII-B1-2020, pp. 211-218.

Hernández L.A., Ferreyra C., Messina B. (2023). Processo di digitalizzazione in HBIM per la gestione ampliata del patrimonio culturale. La Lonja de Zaragoza/Digitization Process in HBIM for Extended Cultural Heritage Management. The Lonja de Zaragoza. In M. Cannella, A. Garozzo, S. Morena (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Palermo, 14-16 settembre 2023, pp. 707-726. Milano: FrancoAngeli.

Chio S.H. An Investigation on a Plane-Based Dynamic Calibration Method for the Handheld LiDAR Scanner. In *Sensors*, vol. 22, n. 1. <https://doi.org/10.3390/s22010369> (consultato il 5 febbraio 2024)

Krizaj L., et al. (2022). Controlled Terminology for Monuments, Museum and Gallery Objects: Preliminary Research on Vocabularies Reconciliation. Proceeding of 2020 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2022. Opatija, Croatia, 23-27 maggio 2022, pp. 660-665. Piscataway (NJ, USA): IEEE

Mancinelli M.L. (2015). *MODI – Modulo informativo. Versione 4.0. Strutturazione dei dati e norme di compilazione*. <http://www.iccd.beniculturali.it/it/ricercanormative/105/modi-modulo-informativo-4_00> (consultato il 15 febbraio 2024).

Marra A., et al. (2022). Multi-sensors acquisition for digital documentation. Application to a damaged area of Navelli village. In *DISEGNARECON*, vol. 15(29), pp. 29-1:15.

Miele F. (2011). La conservazione della memoria materiale e immateriale. Sistemi informativi di catalogo e territoriali in Campania. In *Archeologia e Calcolatori*, n. 22, pp. 7-34.

Parrinello S. (2021). The development of information systems for the construction of digital historical centers, the case study of Bethlehem. In *AIP Conference. Proceedings of International Conference On Construction Digitalisation For Sustainable Development: Transformation Through Innovation*. Hanoi, Vietnam, 24-25 November 2020, n. 2428, pp. 060002-1:11. Melville: AIP Publishing.

Rinaudo F., Scolamiero V. (2021). Comparison of multi-source data, integrated survey for complex architecture documentation. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLVI-M-1-2021, pp. 625-631.

Sammartano G., Spanò A. (2018). Point clouds by SLAM-based mobile mapping systems: accuracy and geometric content validation in multi-sensor survey and stand-alone acquisition. In *Applied Geomatics*, n. 10, pp. 317-339.

Savini F., et al. (2023). Mixed Reality procedures for the maintenance of existing bridges and retaining walls. In A. Strauss, K. Bergmeister (a cura di), *EUROSTRUCT 2023. Proceeding of EUROSTRUCT 2023 2nd Conference of the European Association on Quality Control and Structures*. Vienna, 25-27 settembre 2023, pp. 1382-1390. Ernest & Sohn. <<https://doi.org/10.1002/cepa.21110>> (consultato il 19 luglio 2024)

Stampfer L. (2023). Survey tool alignment for real-time Mixed Reality information model interaction in heritage recording. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLVIII-M-2-2023, pp. 1509-1518.

Autori

Adriana Marra, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, marra@itc.cnr.it

Ilaria Trizio, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, trizio@itc.cnr.it

Alessio Cordisco, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, cordisco@itc.cnr.it

Marco Giallonardo, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, marco.giallonardo@gmail.com

Marco Saccucci, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, saccucci@itc.cnr.it

Francesca Savini, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, savini@itc.cnr.it

Per citare questo capitolo: Adriana Marra, Ilaria Trizio, Alessio Cordisco, Marco Giallonardo, Marco Saccucci, Francesca Savini (2024). Misure a dismisura: problematiche e spunti di riflessione sul rilievo urbano/Measures out of measure: issues and reflections on urban surveying. In Bergamo F., Calandriello A., Ciamaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1715-1734.

Measures out of measure: issues and reflections on urban surveying

Adriana Marra
Ilaria Trizio
Alessio Cordisco
Marco Giallonardo
Marco Saccucci
Francesca Savini

Abstract

Rationalisation of the multi-level data acquisition process, from the very first operations and therefore during the survey campaign, carried out at the same time as the compilation of appropriate cataloguing sheets, allows greater control over the subsequent restitution and analysis phases and optimisation of the large quantity of data produced by the knowledge process. On the basis of this assumption, a procedure is proposed that, through the simultaneous acquisition of data, both the geometric data derived from the instrumental survey and the information data derived from the multi-level analysis of the built heritage, facilitates the workflow of the operators in the field, reducing the time in the subsequent phases of data management. An innovative aspect lies in the use of Augmented Reality techniques to facilitate in-situ cataloguing by means of digital assets indicating the object to be surveyed and catalogued that are superimposed on the real physical space. The procedure was developed as part of a project to digitise the historic centre of L'Aquila; the results of an experiment conducted during a recent urban survey campaign are presented here to test the validity of the proposed procedure.

Keywords

Urban survey, data management, Augmented Reality, SLAM, built heritage.



Infographics for real-time multi-data management. Elaboration by the authors.

Introduction

The widespread availability of 3D surveying tools, their affordability, and the ease of use of equipment and sensors for the acquisition of geometric and spatial data have led to an increase in data creation, necessitating the addressing of new research challenges such as big data management. Although codified standards are available for surveying, data post-processing, and the creation of digital replicas [Sammartano, Spanò 2018; Parrinello 2021; Hernández et al. 2023], there is a lack of codified processes and operational approaches capable of integrating geometric data with semantic data in real time.

Therefore, the work presented here proposes a standardization of the multi-level data acquisition process, both geometric and informative, from the early stages of data collection during the survey campaign. The connection between these two types of data is facilitated during the analysis phases for understanding the built heritage by using Unique Identifiers and Augmented Reality techniques.

This work is part of the activities carried out by the team within the “InnResLab” laboratory as part of the “SICURA - Casa delle Tecnologie Emergenti L’Aquila (CTE-SICURA)” project, in the Sub-Task aimed at experimenting with digital technologies for managing historical buildings. Among the planned activities is the digitization of the city of L’Aquila, through which a multi-level digital replica of the historic centre is being created, starting from general acquisition and reaching detailed studies with a focus on sample buildings.

The project’s goals present interesting challenges and invite deeper exploration of the concept of measure, here understood as an activity aimed at expanding knowledge of phenomena through integrated survey procedures, and the one of out of measure, understood as the massive production of data during the acquisition phase and the resulting difficulties in managing it during subsequent phases. In this perspective, the themes of measure and out of measure are closely interconnected and both linked to the acquisition and knowledge phases, with critical implications in the subsequent phases of Big Data organization, analysis, and management.

Architectural Survey and Field Cataloguing: A Brief State of the Art

The understanding of built historical heritage unfolds through sequential and interconnected phases that allow for obtaining information on the geometric-dimensional characteristics and the typological and morphological features of an artefact, in order to document it adequately and promote its analysis, conservation, and enhancement [Parrinello 2021].

A fundamental tool for the knowledge and subsequent representation of artefacts is the survey, which enables the documentation and understanding of a complex and stratified reality by analysing it in all its aspects. Cataloguing, understood not only as an inventory process but also as a starting point for the formal and cultural understanding of heritage, complements the survey as a complex tool of knowledge that allows for the acquisition of diverse information on heterogeneous categories of assets with a multi-level approach and increasing depth [Miele 2011] [1].

The digitization process of heritage has led to the definition of established procedures in the field of 3D digital surveying, based on the integration of multi-sensor techniques and tools such as laser scanners or digital cameras, even mounted on remotely piloted systems [Sammartano, Spanò 2018; Attenni et al. 2021; Marra et al. 2022]. These advancements have overcome the limitations of traditional survey methods, offering new possibilities and tools for the representation and documentation of heritage. Scientific literature has also discussed the effectiveness of rapid survey techniques based on mobile laser scanners, highlighting how such systems, thanks to Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) technology, allow for the acquisition of a large amount of data and the generation of point clouds from which geometric and spatial information can be extracted with an accuracy of 1 to 5 cm [Chudá et al. 2020; Chio 2021].

At the same time, the widespread use of digital cataloguing information systems has improved data organization and management. The development of shared standards and vocabularies has facilitated data structuring at different levels of detail, ensuring accessibility and sharing of information [Miele 2011; Krizaj et al. 2022]. Particularly relevant is the catalogue information system (SIGECweb) of the National Institute for Cataloguing and Documentation (ICCD), which optimizes cataloguing processes in accordance with ICCD standards, ensuring the quality of the database and its usability [2]. Recently, the ICCD has defined a standardized model (MODI – Informative Module) for collecting information on cultural heritage, which has not yet been identified and catalogued as cultural assets, and to be used in surveys, inventory, or detailed study activities. This module is used for both movable and immovable assets and provides for the collection of various types of information, from descriptive and technical-scientific data to highlight the inherent values of the artefact, to geographic one to understand the relationships between the asset and the territory, and administrative information. Additionally, the module can be managed within SIGECweb and linked to other records thanks to the presence of an identification code [Mancinelli 2015]. The integration of different types of data is a current topic in the field of research, and although there are more investigations in the post-processing integration phases, there are interesting applications that use modern techniques of Augmented Reality, Virtual Reality, and Mixed Reality [Savini et al. 2023; Stampfer 2023]. Reflection on these concepts has led to the definition of an effective workflow for the knowledge and representation of the historic built environment, tested in the field with the experimentation illustrated in this contribution. Specifically, the procedure aims to examine in-depth the initial phase of the survey process by integrating multi-data in a digital environment.

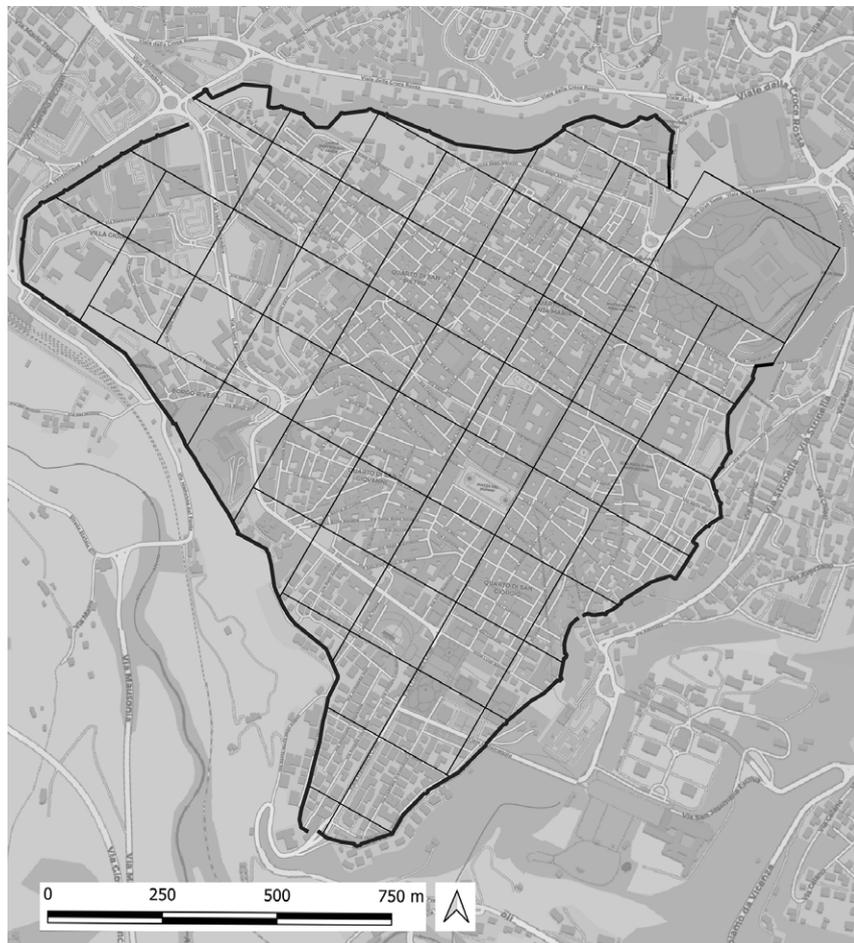


Fig. 1. Division of the L'Aquila city into parcels for the integrated survey phases. Elaboration of the authors.

Proposal for a Workflow for Real-Time Acquisition and Management of Multi-Data at Urban Scale

Based on the methodological premise, the defined workflow proposes to implement operations aimed at ensuring a comprehensive knowledge of the built heritage by integrating geometric data with informational one, using Augmented Reality (AR) techniques and Unique Identifiers. These operations are implemented in the following phases: i) survey campaign design; ii) field acquisition; iii) data validation and post-processing.

The procedure was tested with a large-scale experiment conducted in an urban environment, choosing a portion of the city of L'Aquila as a case study.

Survey Design and Creation of the AR APP. As part of the project aimed at digitizing the city, conducted from the urban scale to building one in a multi-level approach, a multi-sensor acquisition campaign was designed, with outputs integrated thanks to the GNSS system. To facilitate the survey operations that will be carried out over time and by different operators, the design phase included the division of the city into sections to be surveyed at different times (fig. 1).

The survey campaign design phase was implemented by creating an AR application that enables the virtual linking of the digital catalogue form to the real physical space to be acquired. This link is made possible through the use of geographical coordinates in decimal format with latitude and longitude based on WGS 84-Pseudo-Mercator; which can be manually extracted or with a specific plug-in from the most well-known geographic platforms, such as, for example, Open Street Map (OSM) [3].

The AR-APP was created with the Unity Game Engine [4], a platform that offers the possibility of placing 3D objects in virtual space based on real-world geographic points, thanks to geographical coordinates. For this purpose, the geolocation of the points to be placed in AR was realised using a web map editor that interacts with Unity and facilitates the placement of markers (fig. 2).

The data, in the form of geographic coordinates exported in XML format, were imported into the Game Engine via the "AR Foundation" and "AR+GPS Location" plug-ins, associating them with specifically defined 3D objects (fig. 3).

Each digital asset created in the virtual environment was linked via a URL to the digital catalogue accessible through a button that overlays the real physical space using AR techniques. Specifically, the designed system, through the geolocation function integrated into the mobile device, places an interactive button on the object to be surveyed and facilitates the on-site compilation of the specific catalogue form and another that opens a notepad.

The final step of this phase involves the creation of a build, which is an independent package that allows the APP to operate on various devices for the AR visualization of digital assets.

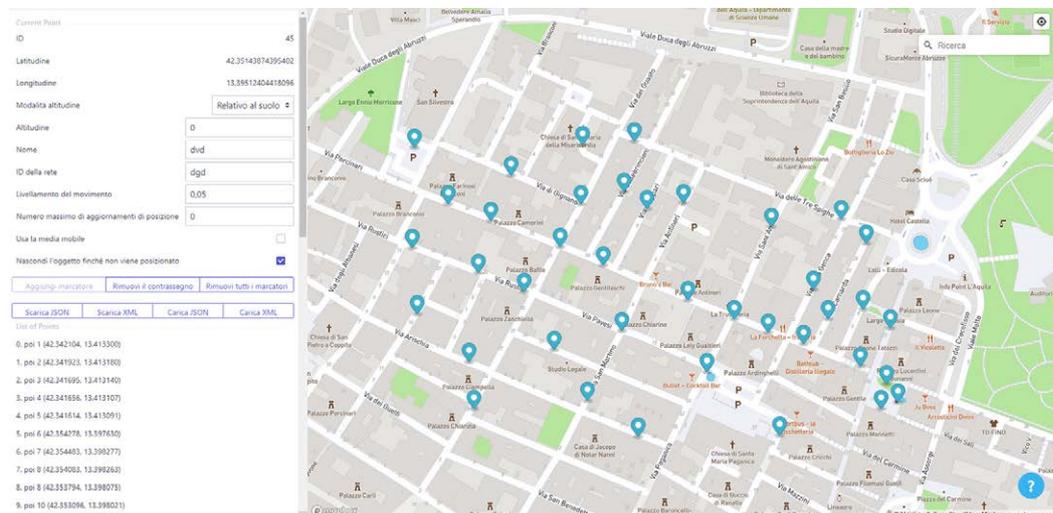


Fig. 2. Acquisition of geographical coordinates for Augmented Reality. Elaboration of the authors.



Fig. 3. Screenshot of the Unity platform during the design phase of the Augmented Reality APP. Elaboration of the authors.

Data Acquisition. The survey campaign began with the parcel on which the city's main square is located. For this experiment, the ZEB Horizon RT mobile scanner by GeoSLAM in the Backpack Vision configuration was used. This configuration integrates SLAM with a GNSS e-Survey receiver, allowing data (point cloud and GNSS data) acquisition in real-time. The laser has a range of 100 meters and enables the acquisition of high-quality point clouds (accuracy 1-3 cm) thanks to its internal inertial measurement unit and SLAM technology [Sammartano & Spanò, 2018; Rinaudo & Scolamiero, 2021]. The integration of the GNSS antenna permits the acquisition of positional data with respect to a global reference system in RTK mode, directly associating it with the captured point cloud, which will thus be geo-referenced.

The parcel in question was acquired with 3 scans, covering an area of approximately 30,000 square meters. The instrument used during the survey permitted checking in real-time the raw data in association with the operator's trajectory directly on the tablet connected via Wi-Fi to the laser (fig. 4).



Fig. 4. Field survey with SLAM and detail of the tablet displaying the real-time acquisition. Elaboration of the authors.

At the end of each single scan, the point cloud was downloaded to the mobile device and saved to the dedicated cloud. The table below summarises the characteristics and duration of the SLAM scans and data processing time in the field.

No. Scansione	Durata scansione	Nuvola di punti	Dimensioni nuvola di punti [MB]	Durata download file su dispositivo	Durata upload file su drive
Scan_01	8'19"	42.442.331	848	4'15"	8'30"
Scan_02	12'37"	34.750.937	695	3'30"	7'07"
Scan_03	9'38"	29.690.674	594	3'10"	6'03"

A central role in the experimentation was played by the fifth-generation network, 5G [Chili 2020; Antonelli et al. 2018], which facilitated data upload transmission for simultaneous remote access to the different outputs.

With the digital support of the tablet, it was possible to fill out the inventory field forms using the AR-APP. The qualitative information, both identifying and typological of the artefact, was collected within the editable form of the MODI module [Mancinelli 2015], which was reworked into a shared module in an online storage space. The presence of the unique identifier code within the sheet allows for the transfer of the collected information into a larger database after a refinement phase of the knowledge and analysis activities.

The AR-APP facilitated preliminary knowledge operations directly in the field, as interactive Augmented Reality buttons that link the building to the digital catalogue are activated near the buildings (fig. 5).

To facilitate the annotation of data not contained within the ministerial catalogue form, a notepad, which is opened via the appropriate button, is available to acquire useful information during the post-processing phase of the clouds (i.e., control measurements, GNSS information, etc.).

Validation and processing phase. At the end of the acquisition process, the point clouds resulting from the ZEB Horizon RT survey activities were processed through the GeoSLAM Hub cloud computing service. A remote operator validated the field operations in real-time by processing the three clouds in a light mode, meaning without perfecting the process. In this step, a gap in the area's geometry was highlighted, and the information was reported to the operator in situ, facilitating data integration with a new scan (fig. 6).



Fig. 5. AR APP for the catalogue filling. Elaboration of the authors.

The data collected using the MODI form were used during the post-processing phase to create semantic models diversified according to the purposes, such as creating virtual tours to encourage new ways of enjoying cultural heritage (fig. 7).

Additionally, for the management of historic buildings, preliminary HBIM modelling of the built environment was initiated with a LOD B [5]. The simultaneous analysis of the point cloud and the data collected in the MODI form facilitated the expedited modelling of the architectural facades characterizing the study area, in parallel with the acquisition phases (fig. 8). The expedited modelling serves as a preliminary step for future in-depth studies on the artefacts of interest, for which, after precise digital surveying and detailed cataloguing, it will be possible to create HBIM models with higher levels of geometric and informational detail.

Conclusions

The illustrated procedure, which proposes a new method of in-field data acquisition, aims for greater control over the data acquisition phases and facilitates the subsequent post-processing and analysis of information phases. Alongside the now well-established integrated survey phases with field multi-sensor acquisition operations, there are digital objects overlaying the physical real space, which connect with online catalogues and repositories. This facilitates the workflow of field operators and reduces the time needed in subsequent data management and processing phases.

The strength of the proposed procedure lies in the ability to simultaneously manage the data acquisition phase and their control and validation in real-time through remote access, involving operators with different expertise. This simultaneity allows for more rigorous management of measurement activities, thereby reducing the natural data hypertrophy that results from the use of digital surveying technologies, and consequently containing the out-of-measure of the information acquired.

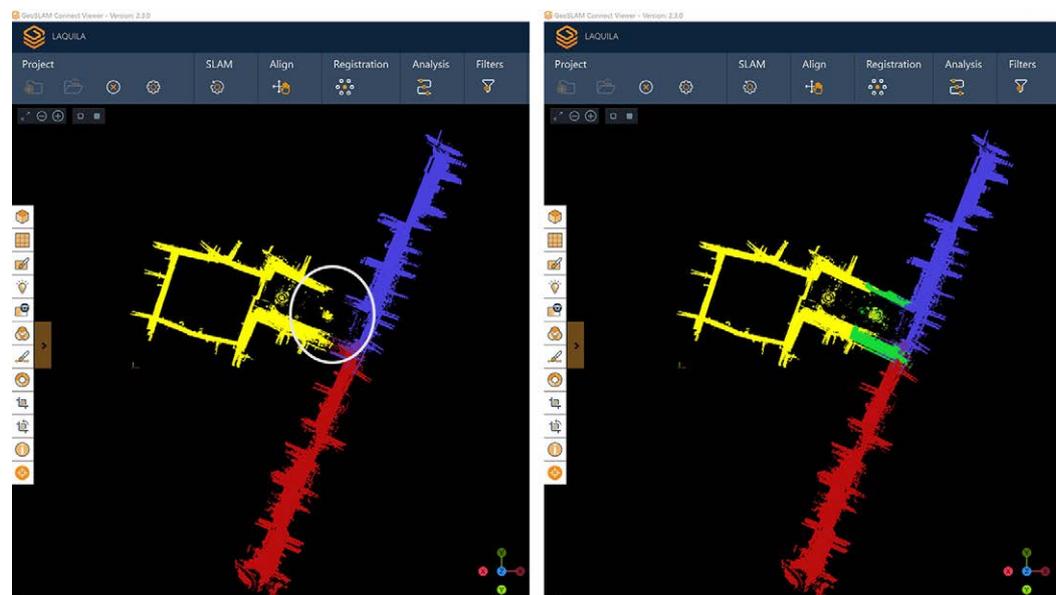


Fig. 6. Real-time geometric data integration: point clouds acquired before and after the validation process. Elaboration of the authors.

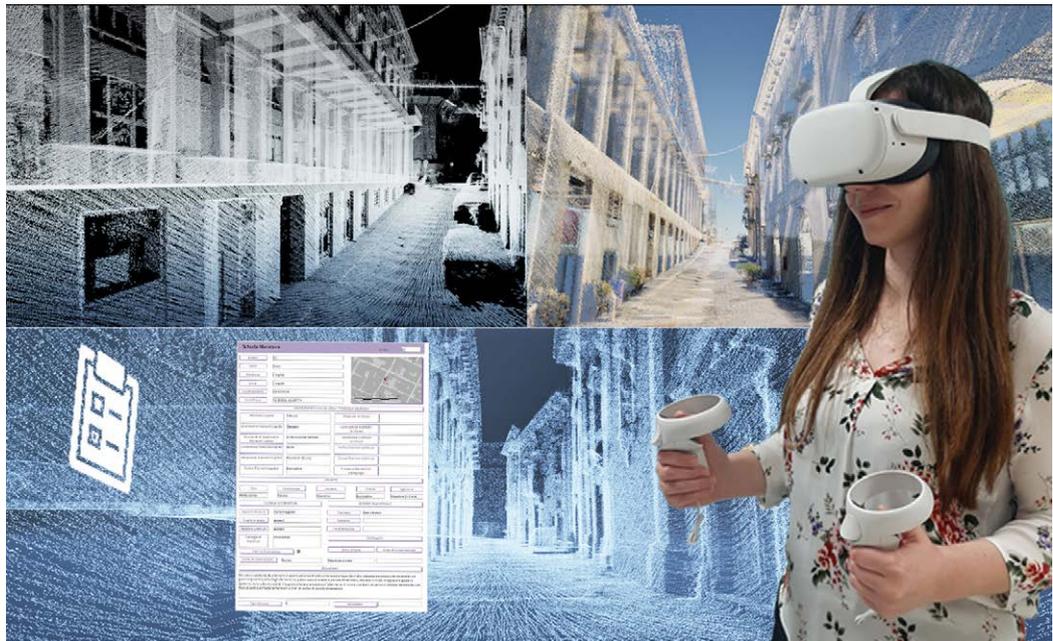


Fig. 7. Point clouds navigation in digital environments. Elaboration of the authors.

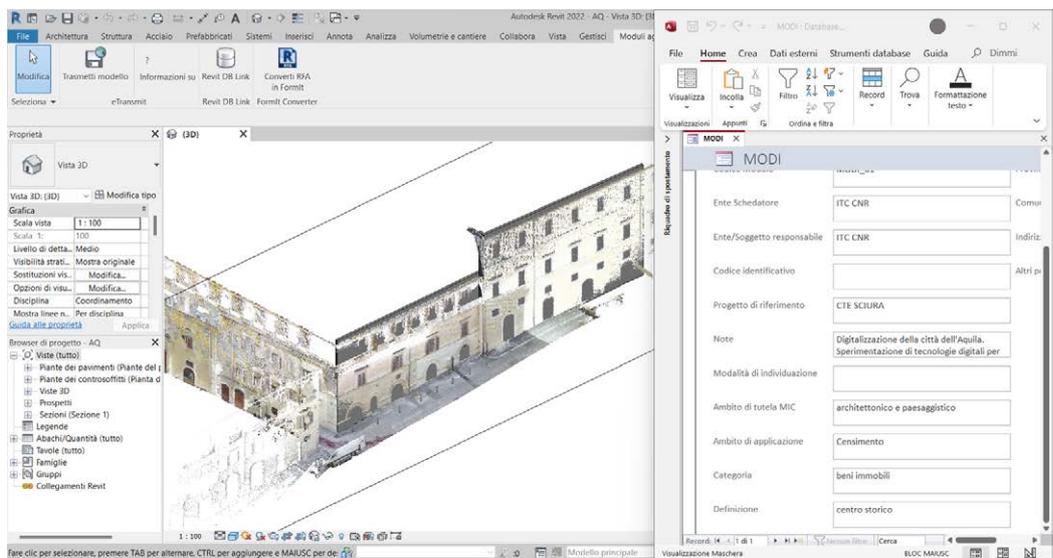


Fig. 8. Processing of an HBIM with LOD 200 and comparison with the data acquired in the field to define the information content. Elaboration of the authors.

Notes

- [1] <<http://www.iccd.beniculturali.it/it/Catalogazione>>
- [2] <<http://www.iccd.beniculturali.it/it/sigec-web>>
- [3] <<https://opendatacommons.org/licenses/odbl/>>
- [4] <https://unity.com/>
- [5] <<https://store.uni.com/uni-11337-1-2017>>

Acknowledgements and credits

The work presented here is part of the activities carried out within the project "SICURA - CASA INTELLIGENTE DELLE TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA CUP C19C20000520004 - Piano di investimenti per la diffusione della banda ultra larga

FSC 2014-2020", funded by the Ministry of Economic Development (MISE).

Ilaria Trizio wrote section *Introduction*, Adriana Marra wrote section *Architectural Survey and Field Cataloguing: A Brief State of the Art*, and Francesca Savini wrote section *Proposal for a Workflow for Real-Time Acquisition and Management of Multi-Data at Urban Scale*. The concluding paragraph is the result of a joint reflection by the authors. Marco Giallonardo and Alessio Cordisco are responsible for the in-field acquisition phases.

References

Antonelli C., et al. (2018). The city of L'Aquila as a living lab: The INCIPICT project and the 5G trial. In *2018 IEEE 5G World Forum (5GWF). Atti del 2018 IEEE 5G World Forum*. Silicon Valley, CA, USA, 9-11 luglio 2018, pp. 410-415. <doi: 10.1109/5GWF.2018.8517089> (consultato il 19 luglio 2024).

Attenti M., et al. (2021). The Flexibility of Massive Data Capture: Rapid 3D Documentation and the Fountains of Rome. In *Studies in Digital Heritage*, vol. 5, pp. 62-74.

Chili G. (2020). Il 5G in dieci punti. Il Mulino. In *Rivista trimestrale di cultura e di politica*, n. 5, pp. 881-890.

Chudá J., et al. (2020). The handheld mobile laser scanners as A Tool For Accurate Positioning Under Forest Canopy. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLIII-B1-2020, pp. 211-218.

Hernández L.A., Ferreyra C., Messina B. (2023). Processo di digitalizzazione in HBIM per la gestione ampliata del patrimonio culturale. La Lonja de Zaragoza/Digitization Process in HBIM for Extended Cultural Heritage Management. The Lonja de Zaragoza. In M. Cannella, A. Garozzo, S. Morena (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Palermo, 14-16 settembre 2023, pp. 707-726. Milano: FrancoAngeli.

Chio S.H. An Investigation on a Plane-Based Dynamic Calibration Method for the Handheld LiDAR Scanner. In *Sensors*, vol. 22, n. 1. <https://doi.org/10.3390/s22010369> (consultato il 5 febbraio 2024)

Krizaj L., et al. (2022). Controlled Terminology for Monuments, Museum and Gallery Objects: Preliminary Research on Vocabularies Reconciliation. Proceeding of 2020 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2022. Opatija, Croatia, 23-27 May 2022, pp. 660-665. Piscataway (NJ, USA): IEEE

Mancinelli M.L. (2015). *MODI – Modulo informativo. Versione 4.0. Strutturazione dei dati e norme di compilazione*. <http://www.iccd.beniculturali.it/ricercanormative/105/modi-modulo-informativo-4_00> (consultato il 15 febbraio 2024).

Marra A., et al. (2022). Multi-sensors acquisition for digital documentation. Application to a damaged area of Navelli village. In *DISEGNARECON*, vol. 15(29), pp. 29-1:15.

Miele F. (2011). La conservazione della memoria materiale e immateriale. Sistemi informativi di catalogo e territoriali in Campania. In *Archeologia e Calcolatori*, n. 22, pp. 7-34.

Parrinello S. (2021). The development of information systems for the construction of digital historical centers, the case study of Bethlehem. In *AIP Conference. Proceedings of International Conference On Construction Digitalisation For Sustainable Development: Transformation Through Innovation*. Hanoi, Vietnam, 24-25 November 2020, n. 2428, pp. 060002-1:11. Melville: AIP Publishing.

Rinaudo F., Scolamiero V. (2021). Comparison of multi-source data, integrated survey for complex architecture documentation. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLVI-M-1-2021, pp. 625-631.

Sammartano G., Spanò A. (2018). Point clouds by SLAM-based mobile mapping systems: accuracy and geometric content validation in multisensor survey and stand-alone acquisition. In *Applied Geomatics*, n. 10, pp. 317-339.

Savini F., et al. (2023). Mixed Reality procedures for the maintenance of existing bridges and retaining walls. In A. Strauss, K. Bergmeister (a cura di), *EUROSTRUCT 2023. Proceeding of EUROSTRUCT 2023 2nd Conference of the European Association on Quality Control and Structures*. Vienna, 25-27 September 2023, pp. 1382-1390. Ernest & Sohn. <<https://doi.org/10.1002/cepa.21110>> (consultato il 19 luglio 2024)

Stampfer L. (2023). Survey tool alignment for real-time Mixed Reality information model interaction in heritage recording. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLVIII-M-2-2023, pp. 1509-1518.

Authors

Adriana Marra, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, marra@itc.cnr.it

Ilaria Trizio, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, trizio@itc.cnr.it

Alessio Cordisco, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, cordisco@itc.cnr.it

Marco Giallonardo, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, marco.giallonardo@gmail.com

Marco Saccucci, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, saccucci@itc.cnr.it

Francesca Savini, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, savini@itc.cnr.it

To cite this chapter: Adriana Marra, Ilaria Trizio, Alessio Cordisco, Marco Giallonardo, Marco Saccucci, Francesca Savini (2024). Misure a dismisura: problematiche e spunti di riflessione sul rilievo urbano/Measures out of measure: issues and reflections on urban surveying. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.), *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1715-1734.