

Scan-to-BIM e Visual Scripting per la fruizione interattiva del patrimonio architettonico e dei metadati informativi

Andrea Lumini

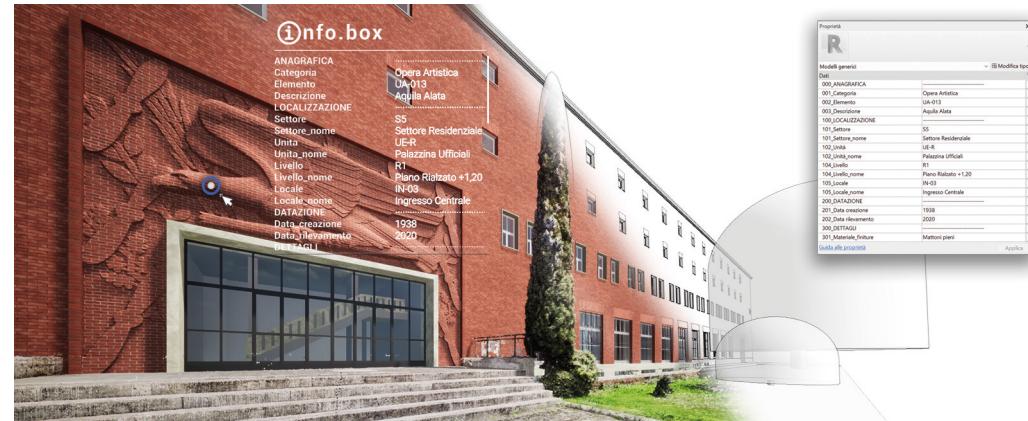
Abstract

Il *paper* intende proporre un approccio innovativo alla fruizione virtuale del Patrimonio Architettonico basato su modelli informativi HBIM e procedure di *Visual Scripting* all'interno di un ambiente VR interattivo. Queste tematiche vengono esplorate facendo riferimento al caso studio della Palazzina Ufficiali della Scuola di Guerra Aerea di Firenze, significativa opera di Raffaello Fagnoni e rilevante espressione di quel razionalismo rivisitato in chiave fiorentina.

Attraverso l'uso combinato di tecniche *Scan-to-BIM*, processi di *data-enrichment* e ambienti virtuali interattivi sviluppati all'interno di piattaforme di *game-engine*, la ricerca si pone l'obiettivo di sperimentare sistemi di fruizione virtuale *HBIM-to-XR* che permettano, a varie tipologie di utenti e per differenti finalità progettuali, sia un'esperienza immersiva di *ArchViz* percettivamente aderente alla realtà, sia innovative modalità di interrogazione diretta e in *real-time* dei metadati informativi HBIM. L'impiego di sistemi di *Visual Scripting* (VPL) consente inoltre di arricchire l'esperienza di fruizione virtuale con interfacce immersive personalizzate, trasformando il *digital-twin* da semplice replica geometrica a strumento narrativo delle informazioni HBIM. Il risultato è un ambiente virtuale dinamico che supera i limiti della rappresentazione statica, configurandosi come una forma contemporanea di *ékphrasis* digitale, in cui la descrizione architettonica si arricchisce di contenuti testuali e visuali attivabili durante l'esplorazione, a supporto della conoscenza, tutela, gestione e valorizzazione del Patrimonio Architettonico.

Parole chiave

Virtual Reality (VR), Visual Programming Language (VPL), Historical Building Information Modeling (HBIM), Digital Twin (DT), User Interface (UI).



La fruizione interattiva dei metadati informativi HBIM in ambiente VR (elaborazione grafica dell'autore).

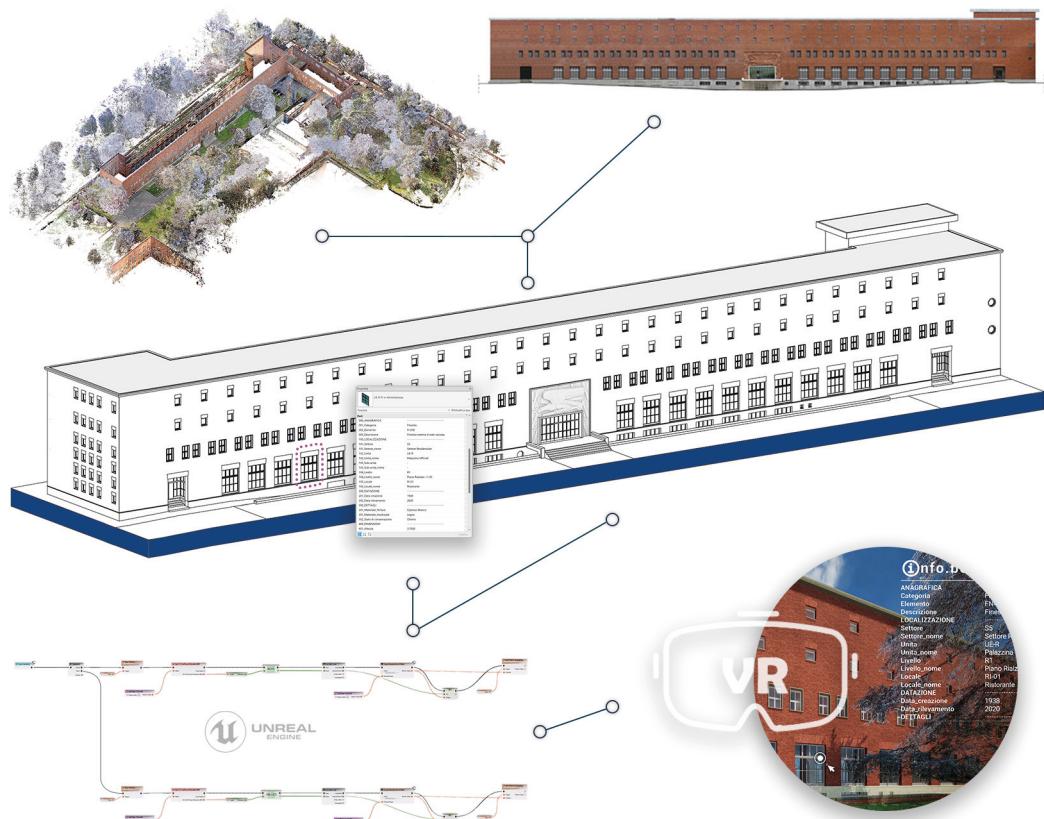
Introduzione

Nel framework dei processi BIM, la componente informativa è cruciale, poiché consente di identificare e rappresentare in modo univoco gli oggetti dei modelli, seguendo parametri che ne descrivono le caratteristiche.

Queste informazioni assumono un'importanza ancor più rilevante in progetti destinati alla documentazione HBIM del Patrimonio Architettonico, dove riflettono i dati eterogenei ottenuti dai rilievi digitali. I progressi delle ICT e delle applicazioni di VR e AR hanno tradotto poi i modelli BIM e HBIM in un'interfaccia virtuale per la localizzazione e l'interrogazione dei dati ad essi associati [Parrinello, Picchio 2023].

Tuttavia, come evidenziato dalla letteratura recente [Biagini, Ricci, Villoresi 2021; Banfi 2023], le piattaforme tradizionali di fruizione dei dati BIM presentano ancora limiti nella gestione di modelli complessi e informazioni specifiche, impedendo esperienze dinamiche e personalizzabili. Per superare queste criticità, il ricorso ai *game-engine* – come *Unreal Engine* o *Unity* – si è affermato sempre più come strategia efficace per navigare modelli BIM in Ambienti Virtuali Immersivi (IVE), offrendo livelli avanzati di interazione e una fruizione adattabile a diversi dispositivi, utenti e scopi. All'interno di questi scenari, la programmazione visuale (VPL) gioca inoltre un ruolo centrale nel configurare sistemi di interrogazione in tempo reale dei metadati BIM, al fine di rendere il *digital-twin* non solo navigabile, ma anche interrogabile e narrante [Banfi, Oreni 2025; Cera 2021].

Il presente *paper* si inserisce in questo contesto, esplorando nuove modalità di riscoperta della Palazzina Ufficiali della Scuola di Guerra Aerea di Firenze – significativa testimonianza di quel razionalismo rivisitato in chiave fiorentina, e il cui accesso fisico è purtroppo limitato dalla sua vocazione militare – attraverso un flusso di lavoro integrato che unisce rilievo digitale, processi *Scan-to-BIM*, VPL e VR. In tal senso, la ricerca si pone l'obiettivo di sviluppare un ambiente virtuale interattivo che permetta la fruizione immersiva dell'architettura combinata con l'interazione diretta con i metadati informativi associati agli oggetti BIM (fig. 1).



Il caso studio: la Palazzina Ufficiali della Scuola di Guerra Aerea di Firenze

La Scuola di Applicazione Aeronautica di Raffaello Fagnoni rappresenta il culmine della stagione progettuale fiorentina 1929-1938, caratterizzata da un'innovativa ricerca e mediazione tra modernità e contesto locale, insieme allo Stadio di Nervi e alla Stazione di Santa Maria Novella del Gruppo Toscano [Pagani 1984].

L'assetto razionalista di ogni fabbricato del complesso viene rivisitato in chiave fiorentina mediante il sapiente uso di materiali, serialità di elementi ben definiti e soluzioni compositive espressamente toscane. Tali aspetti, associate ad un'attenta cura negli arredi e nelle opere artistiche presenti, contraddistinguono in particolar modo quel fabbricato che lo storico Koenig qualifica come "il migliore di tutti", ovvero la Palazzina Ufficiali [Koenig 1968, p. 38]. Al suo sviluppo orizzontale e compatto di facciata, la cui superficie allungata in laterizio viene forata solo in corrispondenza delle ritmate finestre e del portale centrale, si contrappone il lato verso il parco delle Cascine, dove la volumetria, pur rimanendo incastonata fra due avancorpi imponenti, viene espressivamente movimentata da ampie e luminose portefinestre semicircolari al piano terra e dalle disposizioni diagonali a spina di pesce degli alloggi per gli Ufficiali agli ultimi piani (fig. 2) [Fagnoni 1938; Podestà 2006].

Queste caratteristiche compositive, associate ad una modularità dello schema strutturale interno, lo rendono quindi la sintesi architettonica più idonea per le sperimentazioni in ambito HBIM di questa ricerca.



Fig. 2. Vista prospettica della Palazzina Ufficiali dal lato verso il Parco delle Cascine (foto dell'autore).

Rilievo digitale integrato per una ricostruzione metrico-morfologica affidabile

Dal 2017, il complesso architettonico della Scuola di Guerra Aerea, oggi Istituto di Scienze Militari Aeronautiche (ISMA), è stato oggetto di campagne di documentazione metrico-morfologica condotte dal Laboratorio di Rilievo dell'Architettura (LRA) del Dipartimento di Architettura di Firenze, in collaborazione con l'amministrazione dell'Istituto. La digitalizzazione del complesso è stata affrontata con un approccio integrato basato su tecniche non invasive di acquisizione *reality-based*, combinando sistemi Terrestrial Laser Scanning (TLS) (fig. 3) con applicazioni fotogrammetriche *Structure from Motion* (SfM) per il rilievo di dettaglio [Bertocci, Bigongiari, Ricciarini 2024]. Questa integrazione ha permesso di ottenere due output principali: modelli 3D *high-poly* dettagliati per gli elementi di pregio e una nuvola di punti globale descrittiva dell'intero complesso. Parallelamente a queste tecniche digitali di acquisizioni dati, è stata inoltre portata avanti una significativa ricerca documentale relativa alle fonti archivistiche conservate all'Archivio di Stato di Firenze, facendo particolare riferimento ai carteggi descrittivi della fase progettuale e comprendenti numerosi elaborati grafici di dettaglio [Lumini 2023]. Nell'ambito delle sperimentazioni HBIM sulla Palazzina Ufficiali, la gestione dell'ingente mole di dati acquisiti dai rilievi range-based è stata ottimizzata preliminary attraverso Autodesk Recap Pro, suddividendo la nuvola di punti globale in 'regioni' ed estraendo solo la porzione relativa alle aree esterne e agli ambienti interni del fabbricato di studio. In tal modo, grazie all'interoperabilità con Autodesk Revit – il software di BIM-authoring scelto per il progetto – questo asset 3D è divenuto così un affidabile supporto metrico-morfologico per la successiva fase di modellazione Scan-to-BIM [Pancani, Bigongiari, Lumini 2024; Dell'Amico Sanseverino, Albertario 2024].



Fig. 3. Fasi di acquisizione dati mediante TLS e vista della nuvola di punti colorata della Palazzina Ufficiali (foto ed elaborazione grafica dell'autore).

Procedure Scan-to-BIM e *data-enrichment* informativo

L'approccio alla modellazione BIM di un'architettura esistente richiede fin dal principio compromessi e scelte operative mirate, bilanciando obiettivi e utilizzo finale del modello. In questo progetto, oltre alla ricostruzione geometrica digitale, l'attenzione è rivolta infatti anche alla fruizione virtuale dell'edificio e dei metadati informativi associati all'interno di un ambiente VR. Per questi motivi, talvolta si è fatto ricorso a procedimenti esterni alla metodologia BIM, come la gestione dei materiali e del *texturing* al di fuori di Revit, oppure l'impiego di modelli *mesh* fotogrammetrici per ottenere una maggiore aderenza geometrica rispetto all'oggetto reale. Sempre a livello preliminare, sono stati poi definiti i gradi di approfondimento da adottare per le successive operazioni di modellazione BIM. In particolare, per quanto riguarda il Livello di Sviluppo (LOD), in conformità alla normativa UNI 11337-4:2017 è stato stabilito di adottare il D, mentre dal punto di vista del Livello di Accuratezza, seguendo le specifiche dell'U.S. Institute of Building Documentation [USIBD 2025], è stato adottato il LOA20 (15-50 mm).

La fase successiva ha riguardato invece l'effettiva modellazione HBIM del complesso architettonico, basandosi sui dati acquisiti al fine di costruire un gemello digitale informativamente strutturato e geometricamente coerente. Per la traduzione in HBOMs [Bianconi et al. 2024] dei vari elementi presenti sono stati così previsti diversi approcci operativi a seconda della loro complessità morfologica: adattamento parametrico di famiglie di sistema per le categorie tecnologiche principali (muri, solai, coperture, scale, travi ecc), *editing* di famiglie parametriche nidificate per gli elementi particolari replicabili (pilastri, infissi, arredo, aperture ecc.) (fig. 4) ed inserimento di modelli *mesh* fotogrammetrici per elementi unici (come il bassorilievo in laterizio posto sul portale di facciata) (fig. 5A) [Parrinello, Dell'Amico 2021]. A supporto di questi processi *Scan-to-BIM*, è stato inoltre fondamentale il contributo dei documenti grafici raccolti durante la ricerca archivistica. Il confronto con gli elaborati originali di Fagnoni, redatti per il progetto esecutivo, ha infatti agevolato l'estrazione di dati essenziali sulla struttura degli elementi – come misure, stratigrafie interne, materiali e tipologie costruttive – che diversamente avrebbero necessitato di ulteriori analisi invasive.

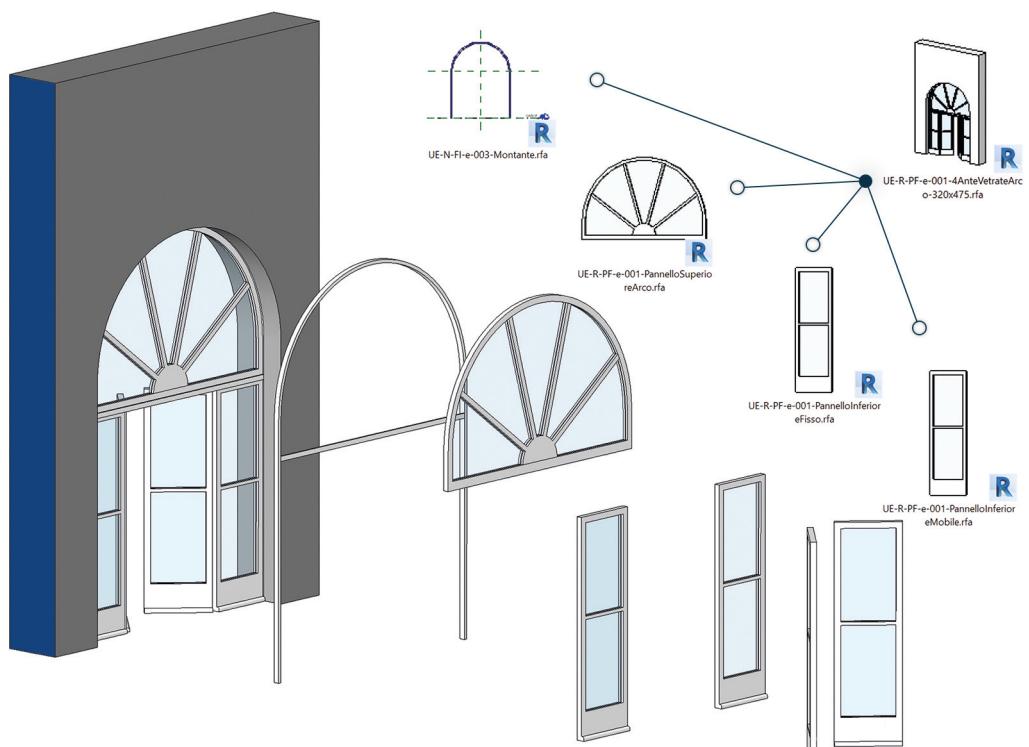


Fig. 4. Processi di modellazione HBIM per lo sviluppo di una famiglia nidificata (elaborazione grafica dell'autore).

A conclusione della fase di modellazione, al fine di certificare l'attendibilità geometrica del *digital-twin* sviluppato, è stato valutato il valore di deviazione tra il modello parametrico HBIM e quello numerico e reale relativo alla nuvola di punti, risultando conforme alla tolleranza prevista dal LOA20 (fig. 5B).

La ricostruzione virtuale del complesso, sviluppata secondo i principi HBIM, ha prodotto così un gemello digitale accurato, articolato in componenti architettoniche ben definite e configurato come un archivio dinamico di dati geometrici integrati con contenuti informativi eterogenei (fig. 5C) [Parrinello, Pettineo 2025].

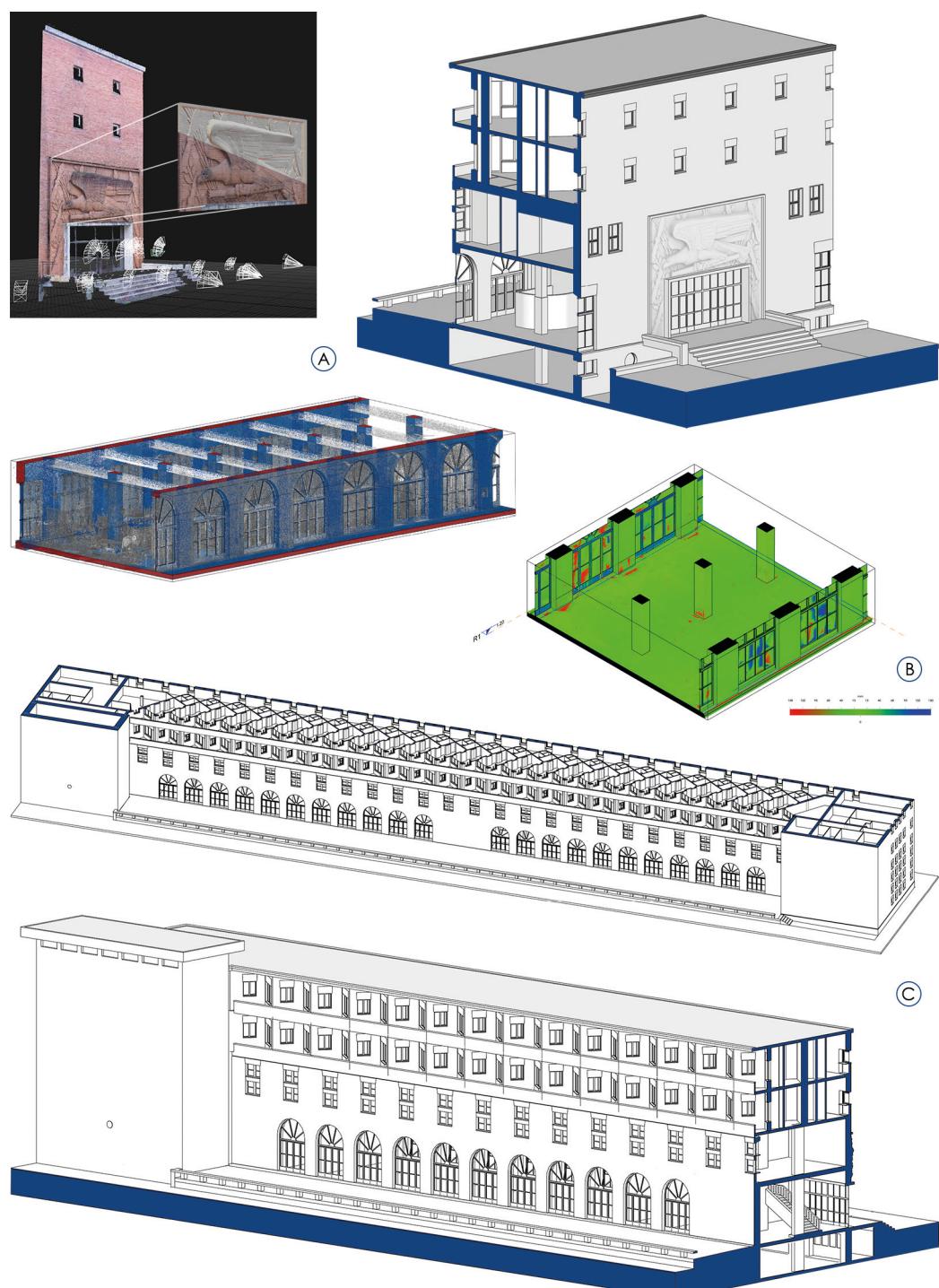


Fig. 5. Processi Scan-to-BIM e inserimento mesh fotogrammetrica (A); verifica degli scostamenti tra modello e nuvola di punti e valutazione del LOA (B); spaccati assonometrici del modello HBIM (C) (elaborazione grafica dell'autore).

In tal senso, in linea con precedenti sperimentazioni di *data-enrichment* informativo su modelli HBIM [Lumini 2023], è stato adottato un sistema di classificazione univoca per organizzare in modo strutturato e multiscalare le informazioni ambientali, architettoniche e tecnologiche degli elementi.

Questa struttura informativa è stata concepita non solo per ottimizzare la consultazione dei dati in ambiente BIM, ma soprattutto per agevolarne l'integrazione e la fruizione interattiva in piattaforme VR. A tal fine, sono stati definiti appositi parametri condivisi per ciascun elemento, classificati in cinque macro-categorie: anagrafica, localizzazione, datazione, dettagli e dimensioni. Tali parametri testuali – comprendenti informazioni come descrizioni, materiali e posizionamenti – consentono infatti non solo una descrizione puntuale degli elementi secondo criteri specifici, ma costituiscono anche la base informativa per l'interazione diretta con i metadati del modello in ambiente virtuale (fig. 6).

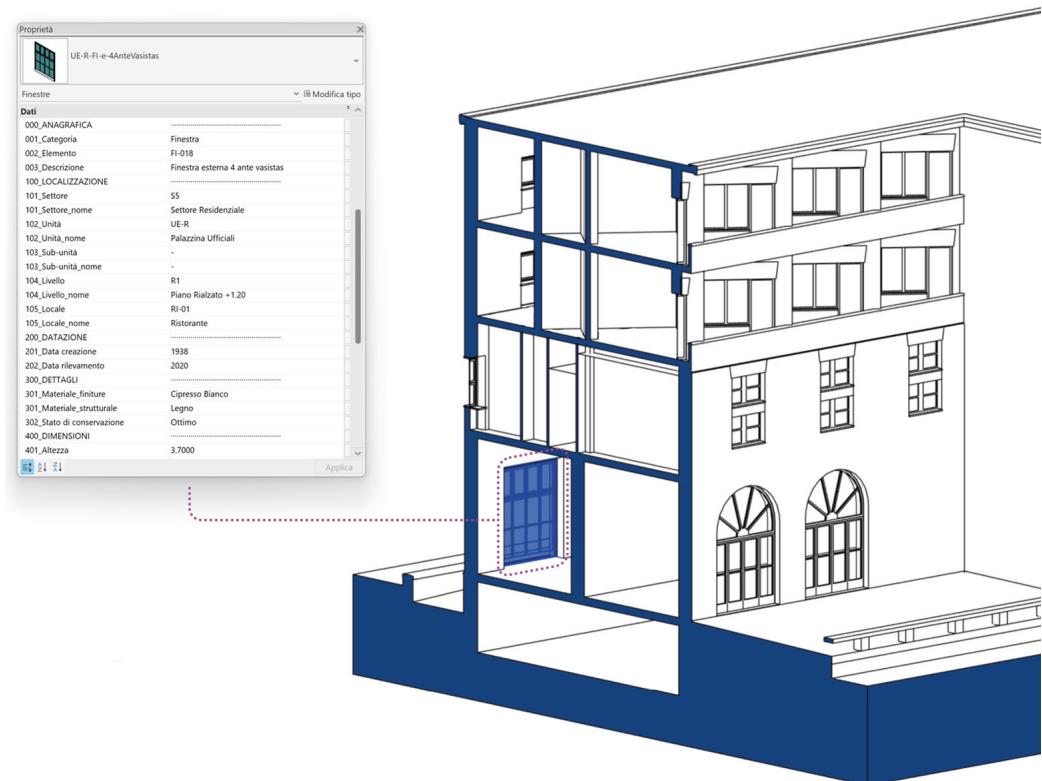


Fig. 6. Definizione del sistema di parametri con cui arricchire le informazioni relative ai vari HBOMs (elaborazione grafica dell'autore).

ArchViz del modello HBIM e interazione con i dati *range-based* per la creazione di un Ambiente Virtuale Interattivo

L'ampia banca dati prodotta da queste sperimentazioni HBIM ha successivamente indirizzato la ricerca verso lo sviluppo di procedure e soluzioni capaci di rendere i risultati della modellazione informativa accessibili e interattivi anche al di fuori del solo contesto operativo del BIM, orientando così lo studio verso l'impiego di motori grafici in grado di offrire, da un lato, una fruizione realistica e immersiva dell'architettura (ArchViz) all'interno di un *Interactive Virtual Environment* (IVE) e, dall'altro, la possibilità di consultare e interagire con i metadati informativi associati alle geometrie [Banfi 2023].

Per questi finalità sono state così sfruttate le potenzialità della piattaforma *Unreal Engine*, la quale non solo permette, tramite specifici plugin, l'interazione in uno stesso IVE di asset informativi BIM e dati *range-based*, ma mette anche a disposizione un efficace sistema di VPL con cui verranno portate avanti le sperimentazioni di *Visual Scripting* per la creazione di

una *User Interface* (UI) finalizzata alla fruizione dei metadati BIM. In primo luogo, il modello HBIM è stato collegato in Unreal Engine tramite il plugin *Datasmith Importer*, mantenendo sia le reali geometrie, sia i relativi parametri informativi. Successivamente, sfruttando i dati fotogrammetrici dei rilievi, sono state sviluppate texture fotorealistiche con cui le superfici del modello sono state mappate.

Questo flusso di lavoro dedicato all'ottimizzazione dei materiali ha migliorato in modo sostanziale la qualità percettiva e la resa ArchViz del modello BIM, permettendo di restituire una simulazione fedele della struttura reale, accurata tanto nella componente visiva quanto nell'integrazione dei dati informativi (fig. 7) [Lumini 2024].

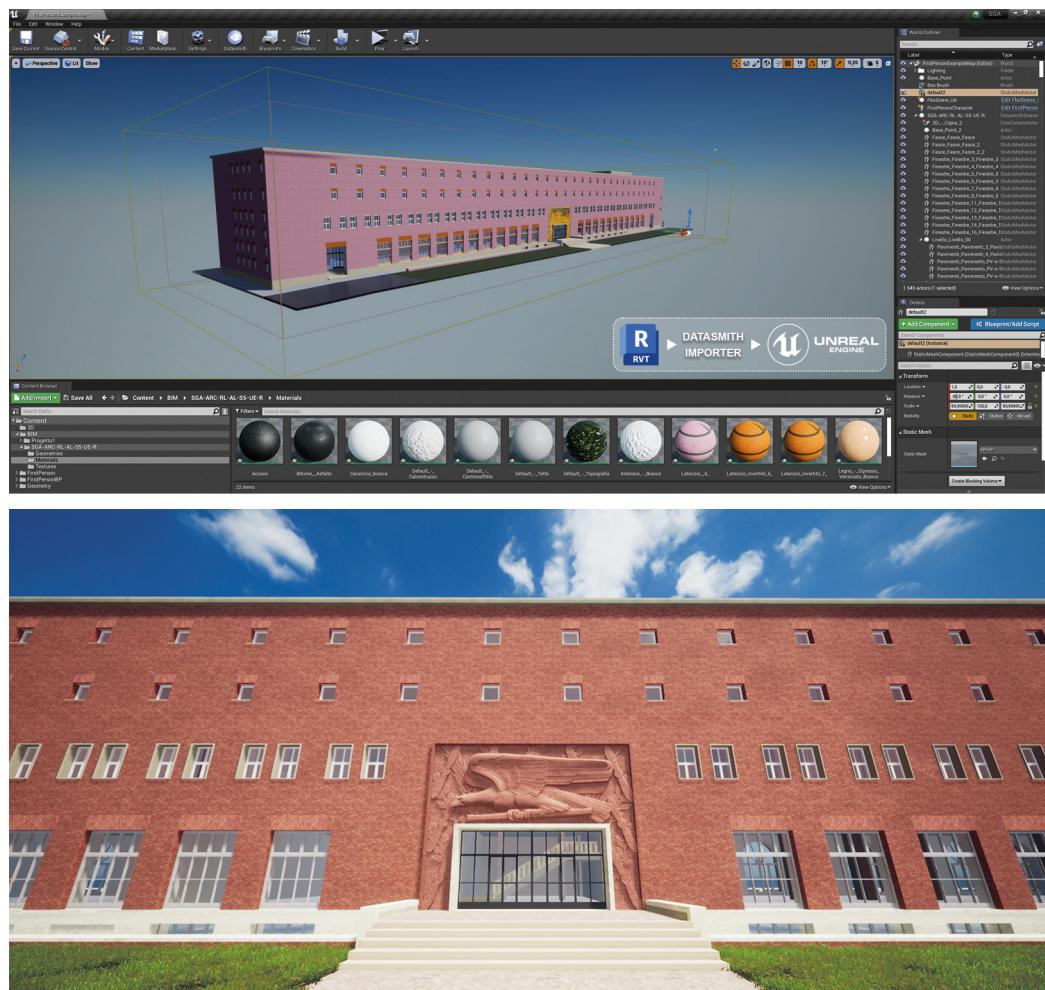


Fig. 7. Implementazione del modello HBIM all'interno di Unreal Engine e ottimizzazione visiva per l'ArchViz (elaborazione grafica dell'autore).

Il passo successivo ha riguardato invece la ricostruzione virtuale dell'ambiente che ospita l'opera architettonica attraverso l'utilizzo dei dati *range-based* derivati dai rilievi digitali, con l'obiettivo di ottenere una rappresentazione del contesto reale più fedele e immersiva. In particolare, dopo un'opportuna decimazione della nuvola di punti rimuovendo inoltre i dati relativi all'edificio a partire dal suo attacco a terra, è stata ottenuta una nuvola di punti altamente descrittiva degli spazi esterni che, attraverso il plugin *Lidar Point Cloud*, è stata integrata al modello HBIM.

Questa procedura ha consentito così di creare un ambiente virtuale nel quale l'utente può esplorare liberamente in VR, passando da un asset basato su nuvole di punti a uno composto da superfici modellate, ognuno dei quali a proprio modo estremamente efficaci nella sua rappresentazione della realtà (fig 8).



Fig. 8. Interazione all'interno di uno stesso Ambiente Virtuale tra nuvola di punti dei dati descrittivi degli aspetti ambientali ed il modello ottimizzato HBIM (elaborazione grafica dell'autore).

Visual Scripting per la fruizione interattiva dei metadati HBIM in ambiente VR

La ricerca si è successivamente concentrata sullo studio di modalità di lettura visiva dei metadati informativi associati agli asset dei modelli-database HBIM, sperimentandone programmazioni in *Visual Scripting* per la loro fruizione interattiva ed in *real-time*. Come detto in precedenza, quando un modello BIM di Revit viene importato in *Unreal Engine* tramite *Datasmith*, vengono trasferiti oltre alle geometrie dei vari componenti, anche i rispettivi parametri associati. Tuttavia, questi possono essere consultati solo selezionandoli e visualizzandone i contenuti informativi nel pannello 'Metadata' all'interno del 'Detail browser'. Per ottimizzare questa operazione, si è scelto di sfruttare il *Visual Scripting* per sviluppare un'interfaccia grafica dedicata, che consenta una lettura più intuitiva direttamente in ambiente VR [Cera 2021].

In particolare, per la gestione dei metadati e la creazione della UI su cui verranno visualizzati, è stato sfruttato il sistema di VPL nativo di *Unreal Engine*, il cosiddetto *Blueprints Visual Scripting*. Questo strumento non solo consente di strutturare task automatizzati basati su nodi grafici procedurali, come altri VPL (ad esempio *Dynamo*), ma permette anche di creare componenti interattivi (detti *widget*) utili per integrare la lettura dei metadati BIM nella progettazione della UI attraverso testi, pulsanti, menu, cursori, o come in questo caso, caselle informative [Banfi, Oreni 2025; Lo Turco et al. 2022].

Il passo successivo ha riguardato quindi la programmazione di tre diversi widget per l'interazione con i metadati: due testuali per collegare i parametri predisposti in Revit (*Keys*) ed i relativi valori (*Values*) e uno grafico per visualizzare l'asset informativo (*Infobox*).

Nella scheda 'Designer' di quest'ultimo è stata così progettata la componente grafica, strutturando gli oggetti che interagiranno con l'utente: una finestra principale con titolo, uno *scrollbox* e due caselle di testo che mostreranno i parametri e valori.

A tale scopo, i widget '*Keys*' e '*Values*' sono stati prima configurati per estrarre i dati dal pannello 'Metadata' e infine connessi alle rispettive caselle di testo dell'*Infobox*, garantendo così un'integrazione fluida delle informazioni (fig. 9). Completata la progettazione dell'interfaccia, è stata poi predisposta la modalità di fruizione dell'utente, ovvero in

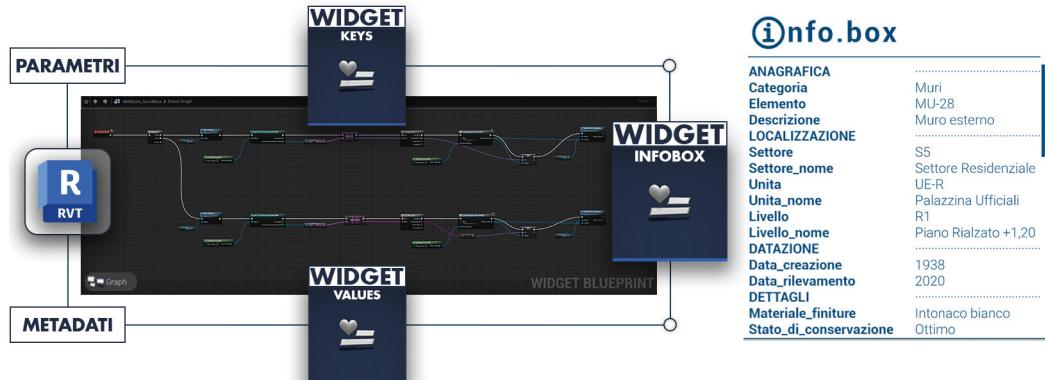
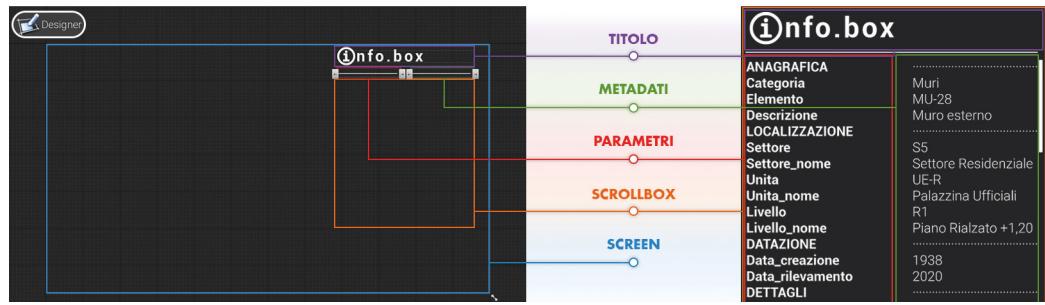


Fig. 9. Schema e processi di Visual Scripting per la creazione del sistema di fruizione interattiva dei metadati informativi HBIM (elaborazione grafica dell'autore).



prima persona (*FirstPersonCharacter*), e successivamente configurata la cosiddetta 'LineTrace' del target, settandola affinché la casella informativa si attivi automaticamente al click del cursore sui diversi asset BIM presenti nell'ambiente VR (fig. 10).

Questa programmazione avanzata in VPL ha così permesso di sviluppare una UI interattiva che, in un ambiente VR realistico, consente di interrogare e leggere puntualmente i metadati di qualsiasi asset informatizzato in HBIM, migliorando significativamente l'accessibilità e l'usabilità delle informazioni.

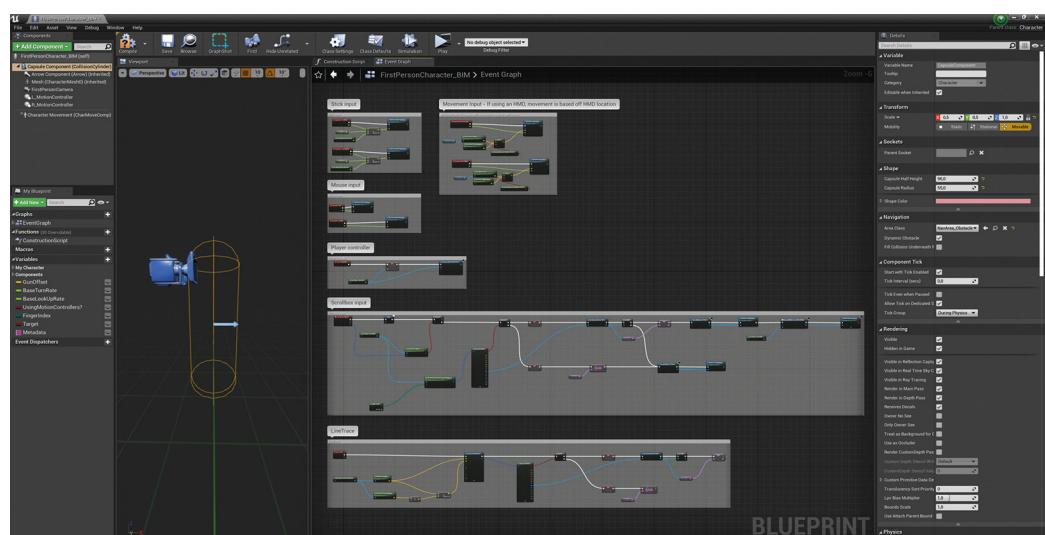


Fig. 10. Fasi di programmazione dei widget relativi al *FirstPersonCharacter* descrittivo del punto di vista dell'utente e al settaggio della *LineTrace* del target (elaborazione grafica dell'autore).

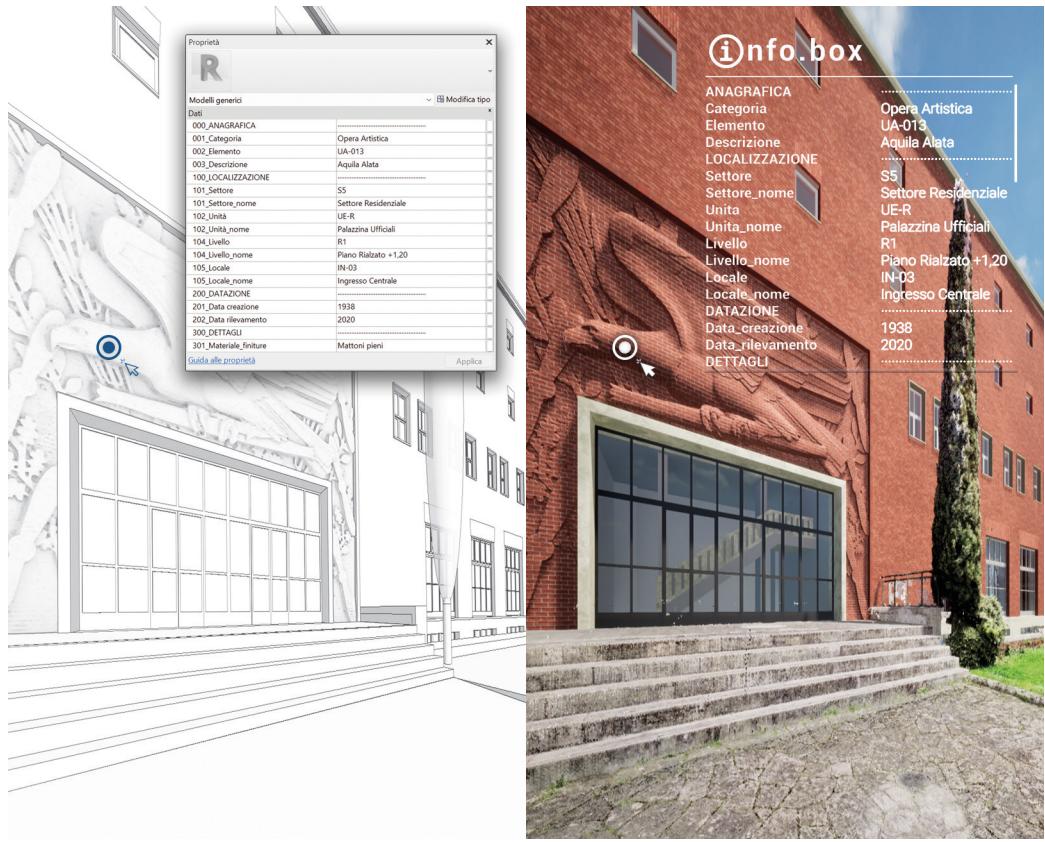


Fig. 11. Confronto tra le due modalità di interazione con i metadati informativi BIM: a sinistra, tradizionale all'interno di un ambiente BIM, a destra, esperienza di fruizione virtuale interattiva all'interno di un ambiente VR (elaborazione grafica dell'autore).

Conclusioni

Le esperienze condotte all'interno di questa ricerca hanno dunque consentito di sviluppare, partendo dal caso studio della Palazzina Ufficiali della Scuola di Guerra Aerea di Firenze, un flusso operativo replicabile orientato a superare la tradizionale funzione tecnica e gestionale dei modelli BIM, ottimizzandone la modalità di fruizione virtuale attraverso un avvicinamento ai principi dell'ArchViz.

L'integrazione tra dati acquisiti da rilievi digitali, modellazioni Scan-to-BIM, VR e VPL ha reso possibile la creazione di un ambiente immersivo in cui l'utente può non solo esplorare lo spazio architettonico, ma anche interagire in tempo reale con i metadati associati, accedendo così a una conoscenza stratificata e dinamica del bene culturale. In tal senso, è stato dimostrato come l'implementazione in piattaforme di game-engine e l'adozione di sistemi VPL incrementino significativamente le potenzialità di un processo BIM, soprattutto nell'ambito del Patrimonio Architettonico, trasformando il *digital-twin* in uno strumento attivo di narrazione e divulgazione, capace di coniugare precisione geometrica e ricchezza informativa. L'applicazione stand-alone sviluppata per il caso studio si distingue infatti per una flessibilità nella gestione e visualizzazione dei dati, adattandosi a diversi profili di utenza e livelli di approfondimento, e offrendo una fruizione accessibile e immersiva grazie a un'interfaccia interattiva che favorisce l'esplorazione partecipativa e la valorizzazione del patrimonio (fig. 11). In conclusione, i risultati di questa ricerca confermano come la descrizione del Patrimonio tramite modelli digitali avanzati – in cui geometrie, dati e narrazione si intrecciano – si configuri come una forma contemporanea di *ékphrasis* digitale. Una descrizione eloquente e multisensoriale, capace di potenziare l'esperienza conoscitiva attraverso la sinergia tra rappresentazione visuale e informazione testuale, apre nuove prospettive per la comunicazione, tutela, gestione e valorizzazione del Patrimonio Architettonico in chiave interattiva e multidisciplinare.

Crediti

I dati e i risultati di questo progetto di ricerca, portato avanti dal 2017 dal Laboratorio di Rilievo dell'Architettura (LRA) del Dipartimento di Architettura di Firenze in collaborazione con l'amministrazione dell'istituto, sotto la responsabilità scientifica del Prof. S. Bertocci ed il coordinamento scientifico del Dott. M. Ricciarini sono stati elaborati e finalizzati nell'ambito della tesi di dottorato di A. Lumini dal titolo *L'HBIM per la fruizione virtuale interattiva del Patrimonio Architettonico e dei metadati informativi. Il caso studio della Scuola di Guerra Aerea di Firenze*, Università di Firenze, XXXIV ciclo, 2023. Tutor: Prof. S. Bertocci.

Riferimenti bibliografici

- Banfi, F. (2023). *Virtual Heritage | from 3D modelling to HBIM and extended reality*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore.
- Banfi, F., Oreni, D. (2025). Unlocking the interactive potential of digital models with game engines and visual programming for inclusive VR and web-based museums. In *Virtual Archaeology Review*, n. 16 (32), pp. 44-70. <https://doi.org/10.4995/var.2024.22628>.
- Bertocci, S., Bigongiari, M., Ricciarini, M. (2024). Levantamientos y documentación del Nave Amerigo Vespucci. In *Mimesis, jasd* n. 4(2), pp. 7-14. <https://dx.doi.org/10.56205/mim.4-2.1>.
- Biagini, C., Ricci, Y., Villoresi, I. (2021). H-Bim to Virtual Reality: a New Tool for Historical Heritage. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.), *REPRESENTATION CHALLENGES Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*, pp. 347-351. Milano: FrancoAngeli. doi.org/10.3280/oa-686.55.
- Bianconi, F., Filippucci, M., Cerbai, C., Cornacchini, F., Bertocci, S. (2024). HBIM per connottare le informazioni. Ecosistemi Digitali per la conservazione del patrimonio architettonico della Basilica di Santa Maria degli Angeli. In *DN*, n. 14, pp. 46-58.
- Cera, V. (2021). L'interoperabilità tra software BIM e gaming. Una sperimentazione aperta per l'architettura storica. In A. Arena, M. Arena, D. Mediati, P. Raffa (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere*, 42° Convegno Internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione, Congresso dell'Unione Italiana per il Disegno, Reggio Calabria, 16-18 settembre 2021, pp. 2181-2198. Milano: FrancoAngeli. doi.org/10.3280/oa-693.122.
- Dell'Amico, A., Sanseverino, A., Albertario, S. (2024). Point Cloud Data Semantization for Parametric Scan-to-HBIM Modeling Procedures. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.), *Beyond Digital Representation Advanced Experiences in AR and AI for Cultural Heritage and Innovative Design*, pp. 515-533. Cham: Springer.
- Fagnoni, R. (1938). La scuola di Applicazione per la R. Aeronautica a Firenze. In *Architettura*, n. XVI, pp. 239-369.
- Koenig, G. K. (1968). *Architettura in Toscana, 1931-1968*. Torino: Eri.
- Lo Turco, M., Giovannini, E. C., Tomalini, A. (2022). Parametric and visual programming BIM applied to museums, linking container and content. In *ISPRS International Journal of Geo-Information*, n. 11 (7), 411, pp. 1-14. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070411>.
- Lumini, A. (2023). The integrated digital survey of the Florence Air Warfare School. HBIM-based protocols for documentation and information management. In *DISEGNARECON*, vol. 16, n. 30, pp. 1-15. <https://doi.org/10.20365/disgnarecon.30.2023.11>.
- Lumini, A. (2024). Multisensory VR experiences based on auralization and HBIM. The Teatro del Maggio in Florence. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.), *Advances in Representation. New AI and XR-Driven Transdisciplinarity*, pp. 607-625. Cham: Springer. <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-62963-1>.
- Paganini, C. (1984). La Scuola di Applicazione dell'Aeronautica Militare. In Società delle belle arti - circolo degli artisti - 'casa di Dante' (Eds.). *Tre architetture degli anni Trenta a Firenze*. Firenze: Lascialfari.
- Pancani, G., Bigongiari, M., Lumini, A. (2024). Sperimentazioni di modellazione HBIM reality-based per la documentazione e conservazione del Patrimonio Architettonico. Il caso studio della Pieve di Corsignano a Pienza. In T. Empler, A. Calderone, A. Fusinetti (Eds.), *Proceedings of 3D Modeling & BIM Workshop 2024. Nuove Evoluzioni*. Roma, 11-12 aprile 2024, pp. 283-297. Milano: DEI -Tipografia del Genio Civile.
- Parrinello, S., Dell'Amico, A. (2021). From survey to parametric models: HBIM systems for enrichment of cultural heritage management. In C. Bolognesi, D. Villa (Eds.), *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, pp. 89-107. Cham: Springer.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital strategies to enhance Cultural Heritage Routes: from integrated survey to digital twins of different European architectural scenarios. In *Drones*, n. 7(9), 576, pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/drones7090576>.
- Parrinello, S., Pettineo, A. (2025). Databases and information models for semantic and evolutionary analysis in fortified Cultural Heritage. In *Heritage*, n. 8(1), 29, pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/heritage8010029>.
- Podestà, G. (2006). *Istituto di Scienze Militari Aeronautiche. L'Architettura di Raffaello Fagnoni per la Scuola di Applicazione Aeronautica*. Firenze: Polistampa.
- USIBD - US. Institute of Building Documentation (2025). USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification, version 3.1. <https://usibd.org/level-of-accuracy>

Autore

Andrea Lumini, Università di Firenze, andrea.lumini@unifi.it

Per citare questo capitolo: Andrea Lumini (2025). Scan-to-BIM e Visual Scripting per la fruizione interattiva del patrimonio architettonico e dei metadati informativi. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *ékphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ékphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 3903-3926. DOI: 10.3280/oa-1430-c958.

Scan-to-BIM and Visual-Scripting for the Interactive Fruition of Architectural Heritage and Informative Metadata

Andrea Lumini

Abstract

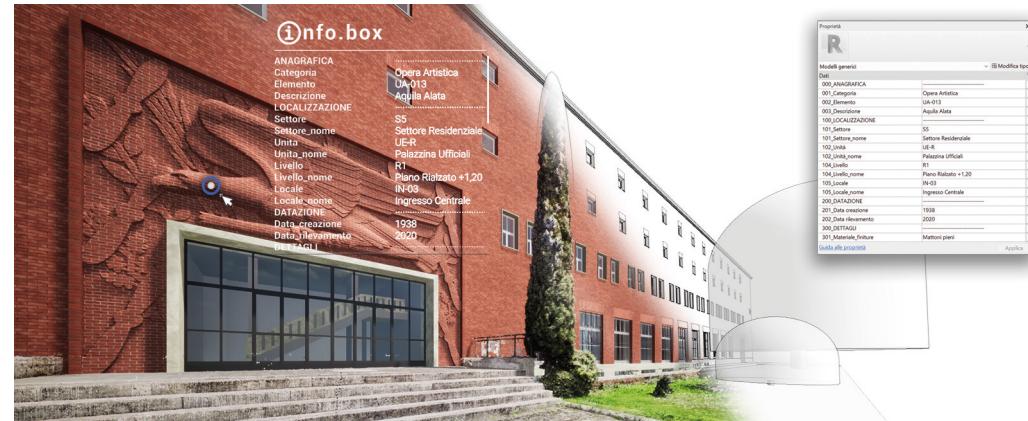
The present paper aims to propose an innovative approach to the virtual experience of Architectural Heritage, based on HBIM informative models and Visual Scripting procedures within an interactive VR environment. These topics are explored through the case study of the Palazzina Ufficiali of the Air War School in Florence, a significant work by Raffaello Fagnoni and a notable expression of rationalism reinterpreted in a Florentine key.

Through the combined use of Scan-to-BIM techniques, data enrichment processes, and interactive virtual environments developed within game engine platforms, the research aims to experiment with HBIM-to-XR virtual experience systems. These systems are designed to offer different types of users, for various design purposes, both an immersive ArchViz experience with a high level of perceptual realism and innovative ways to directly query HBIM informative metadata in real time.

The use of Visual Scripting (VPL) systems also allows for enhancing the virtual experience with customized immersive interfaces, transforming the digital twin from a simple geometric replica into a narrative tool for HBIM information. The result is a dynamic virtual environment that goes beyond the limitations of static representation, configuring itself as a contemporary form of digital *ékphrasis*, where architectural description is enriched with textual and visual content that can be activated during exploration, supporting the knowledge, protection, management, and enhancement of Architectural Heritage.

Keywords

Virtual Reality (VR), Visual Programming Language (VPL), Historical Building Information Modeling (HBIM), Digital Twin (DT), User Interface (UI).



Interactive fruition to HBIM informative metadata in a VR environment (graphic elaboration by the author).

Introduction

Within the BIM process framework, the informative component is crucial, as it allows for the unique identification and representation of model objects through parameters that describe their characteristics. This information becomes even more significant in projects aimed at the HBIM documentation of Architectural Heritage, where it reflects the heterogeneous data obtained from digital surveys. Advances in ICT and VR/AR applications have further transformed BIM and HBIM models into virtual interfaces for locating and querying the data associated with them [Parrinello, Picchio 2023].

However, as highlighted in recent literature [Biagini et al. 2021; Banfi 2023], traditional BIM data visualization platforms still present limitations in managing complex models and specific information, preventing dynamic and customizable experiences. To overcome these challenges, the use of game engines –such as *Unreal Engine* or *Unity*– has increasingly established itself as an effective strategy for navigating BIM models within Immersive Virtual Environments (IVEs), offering advanced levels of interaction and adaptable experiences across different devices, users, and purposes.

Within these contexts, Visual Programming Languages (VPL) also play a central role in configuring real-time metadata querying systems for BIM, with the aim of making the digital twin not only navigable but also queryable and narrative-driven [Banfi, Oreni 2025; Cera 2021].

This paper positions itself within this field, exploring new ways of rediscovering the Palazzina Ufficiali of the Air War School in Florence –a significant example of rationalism reinterpreted in the Florentine style, whose physical access is unfortunately limited due to its military use—through an integrated workflow combining digital surveying, Scan-to-BIM processes, VPL, and VR. In this sense, the research aims to develop an interactive virtual environment that enables an immersive experience of the architecture combined with direct interaction with the informative metadata associated with BIM objects (fig. 1).

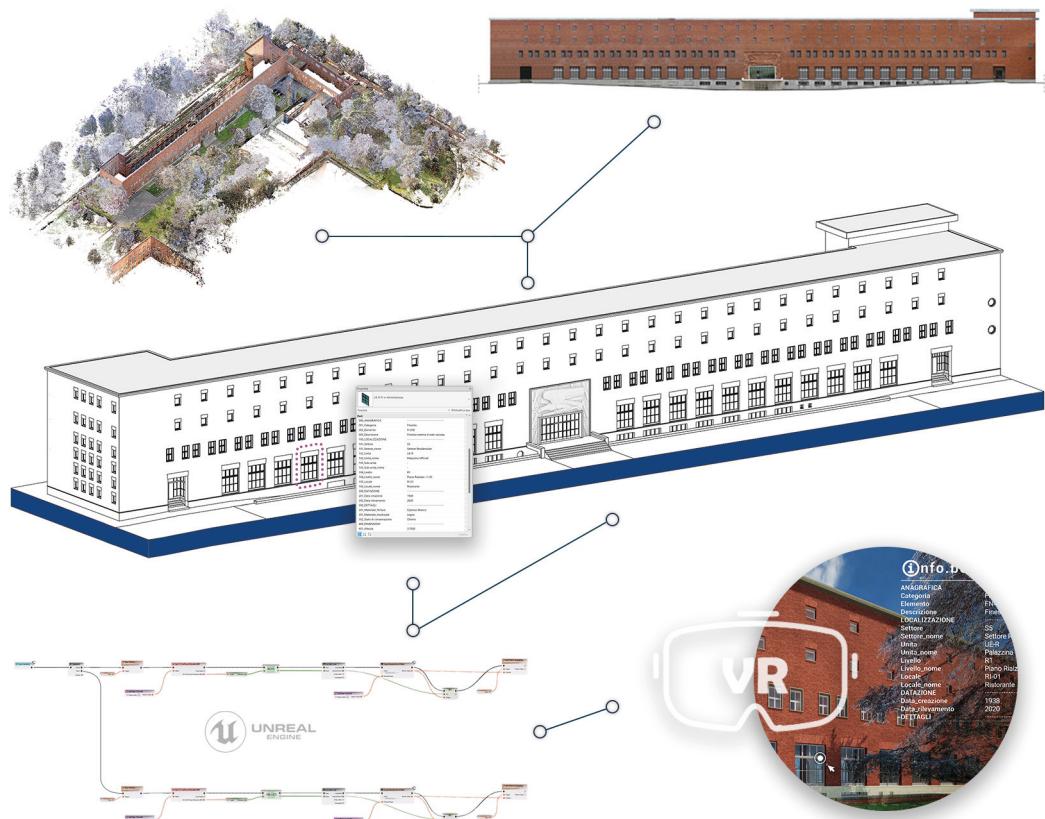


Fig. 1. Methodological workflow summary: from the integrated digital survey to the HBIM model and the development of an application for the interactive fruition of informative metadata through Visual Scripting (graphic elaboration by the author).

Case study: the Palazzina Ufficiali of the Air War School in Florence

The Scuola di Applicazione Aeronautica by Raffaello Fagnoni represents the culmination of Florence's design season between 1929 and 1938, characterized by innovative research and mediation between modernity and local context, alongside Nervi's Stadium and the Santa Maria Novella Station by the Gruppo Toscano [Pagani 1984].

The rationalist layout of each building within the complex is reinterpreted in a Florentine key through the skillful use of materials, the serial repetition of well-defined elements, and distinctly Tuscan compositional solutions. These features, together with careful attention to furnishings and integrated artworks, are particularly evident in the building that historian Koenig describes as "the best of all," namely the Palazzina Ufficiali [Koenig 1968, p. 38]. Its horizontal and compact façade, with an elongated brick surface punctuated only by the rhythmic sequence of windows and the central portal, contrasts with the side facing the *Parco delle Cascine*, where the volume –while framed between two imposing projecting wings– is dynamically articulated by large, bright semicircular French doors on the ground floor and by the diagonal herringbone arrangement of the officers' quarters on the upper floors (fig. 2) [Fagnoni 1938; Podestà 2006].

These compositional features, combined with the modularity of the internal structural scheme, make it the most suitable architectural synthesis for the HBIM experimentation developed in this research.



Fig. 2. Perspective view of the Palazzina Ufficiali from the side facing the *Parco delle Cascine* (photo by the author).

Integrated digital survey for a reliable metric-morphological reconstruction

Since 2017, the architectural complex of the Air War School, now the Institute of Aeronautical Military Sciences (Istituto di Scienze Militari Aeronautiche – ISMA), has been the subject of metric-morphological documentation campaigns conducted by the LRA laboratory of the Department of Architecture in Florence, in collaboration with the Institute's administration. The digitization of the complex was carried out through an integrated approach based on non-invasive reality-based acquisition techniques, combining Terrestrial Laser Scanning (TLS) systems (fig. 3) with Structure from Motion (SfM) photogrammetric applications for detailed surveys [Bertocci et al. 2024].

This integration made it possible to produce two main outputs: high-poly 3D models for the most valuable elements and a global point cloud describing the entire complex. Alongside these digital data acquisition techniques, significant archival research was also conducted, focusing on historical sources preserved at the *Archivio di Stato* of Florence, particularly regarding the descriptive correspondence from the design phase, which includes numerous detailed graphic drawings [Lumini 2023].

As part of the HBIM experimentation on the Palazzina Ufficiali, the management of the large amount of data acquired through range-based surveys was first optimized using Autodesk Recap Pro, segmenting the global point cloud into 'regions' and extracting only the portions related to the external areas and interior spaces of the case study building (fig. 3).

In this way, thanks to interoperability with Autodesk Revit –the chosen BIM-authoring software for the project– this 3D asset became a reliable metric-morphological support for the subsequent Scan-to-BIM modeling phase [Pancani et al. 2024; Dell'Amico et al. 2024].



Fig. 3. Data acquisition phases using TLS and view of the colored point cloud of the Palazzina Ufficiali (photo and graphic elaboration by the author).

Scan-to-BIM Procedures and informative data-enrichment

Approaching the BIM modeling of an existing building requires compromises and targeted operational choices from the outset, balancing the project goals and the intended use of the model. In this project, beyond the digital geometric reconstruction, particular attention was also dedicated to the virtual experience of the building and its associated informative metadata within a VR environment. For these reasons, external procedures to the BIM methodology were sometimes applied, such as managing materials and texturing outside of Revit or employing photogrammetric mesh models to achieve greater geometric accuracy with respect to the real object.

Preliminarily, the required levels of detail were defined for the subsequent BIM modeling processes. Specifically, regarding the Level of Development (LOD), in accordance with UNI 11337-4:2017, Level D was adopted. For the Level of Accuracy (LOA), following the specifications of the U.S. Institute of Building Documentation [USIBD 2025], LOA20 (15-50 mm) was applied.

The next phase involved the actual HBIM modeling of the architectural complex, based on the acquired data to build a digital twin that is both geometrically coherent and informatively structured. To translate the various elements into HBOMs [Bianconi et al. 2024], different operational approaches were adopted depending on their morphological complexity: parametric adaptation of system families for the main technological categories (walls, floors, roofs, stairs, beams, etc.), editing of nested parametric families for specific, replicable elements (pillars, windows, furniture, openings, etc.) (fig. 4), and insertion of photogrammetric mesh models for unique elements (such as the brick bas-relief on the main façade portal) (fig. 5A) [Parrinello, Dell'Amico 2021].

In support of these Scan-to-BIM processes, the contribution of the graphic documents gathered during the archival research was also crucial. Comparing Fagnoni's original executive project drawings facilitated the extraction of key data on the structural composition of the elements –such as dimensions, internal stratigraphy, materials, and construction types– which otherwise would have required further invasive investigations.

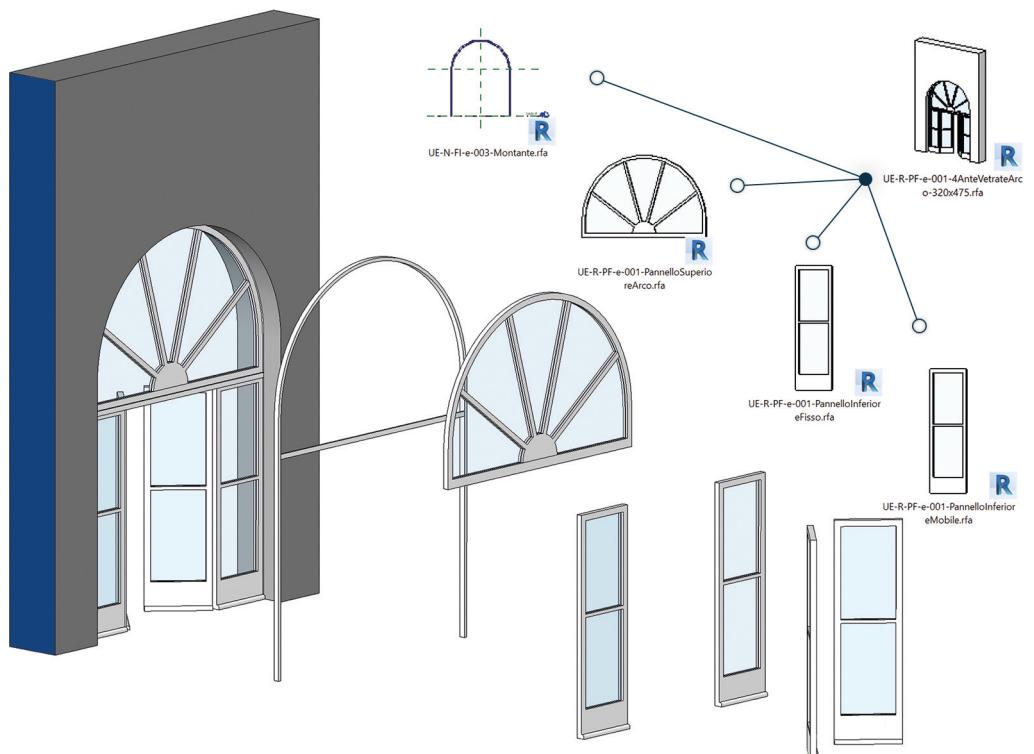


Fig. 4. HBIM modeling processes for the development of a nested family (graphic elaboration by the author).

At the conclusion of the modeling phase, in order to certify the geometric reliability of the developed digital twin, the deviation between the parametric HBIM model and the real numerical model from the point cloud was evaluated, confirming compliance with the LOA20 tolerance (fig. 5B).

The virtual reconstruction of the complex, developed according to HBIM principles, thus produced an accurate digital twin, articulated into well-defined architectural components and configured as a dynamic archive of geometric data integrated with heterogeneous informative content (fig. 5C) [Parrinello, Pettineo 2025].

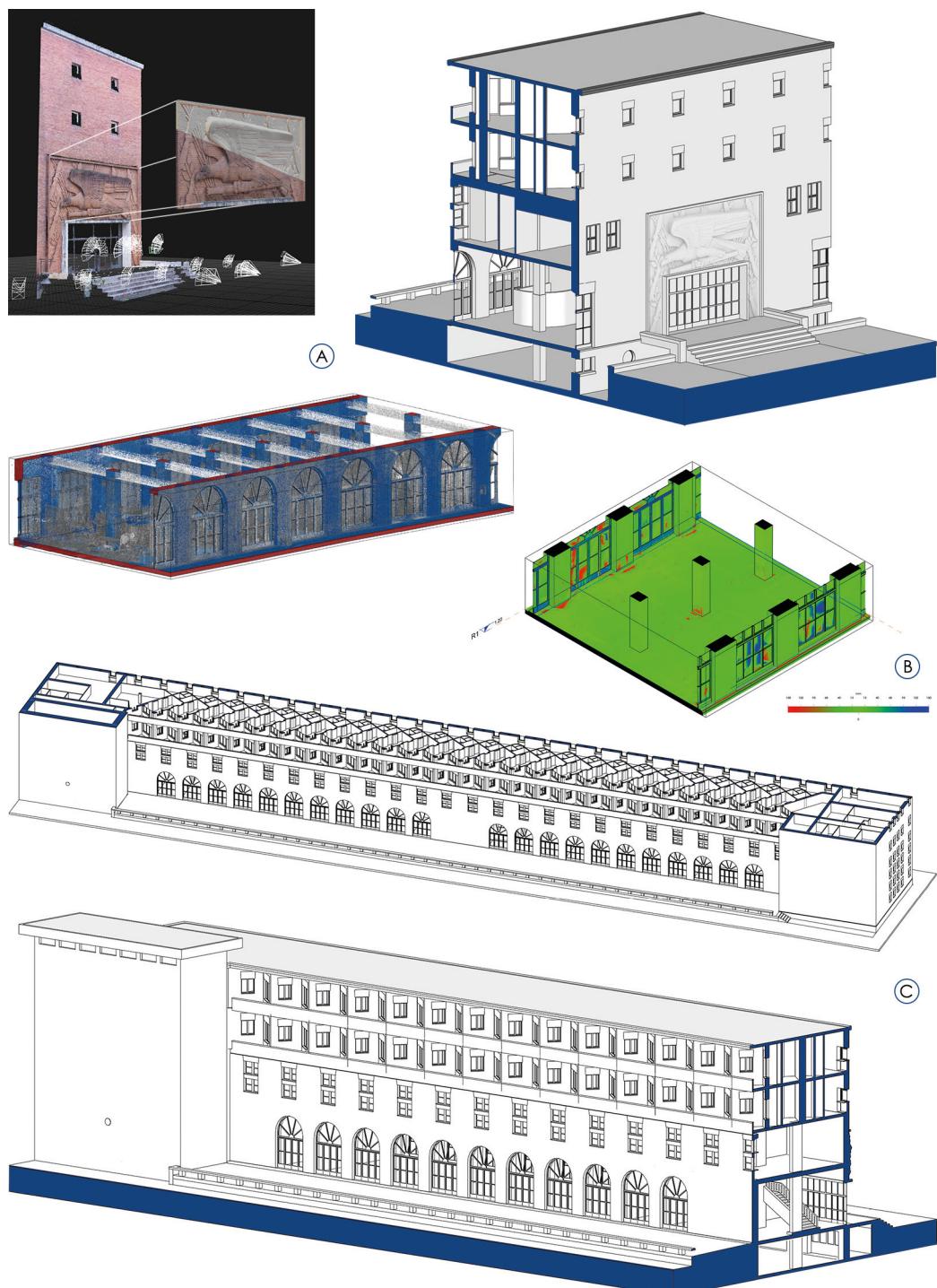


Fig. 5. Scan-to-BIM processes and insertion of the photogrammetric mesh (A); verification of deviations between the model and the point cloud and evaluation of the LOA (B); axonometric exploded views of the HBIM model (C) (graphic elaboration by the author).

In this sense, following previous experimentations on informative data-enrichment in HBIM models [Lumini 2023], a unique classification system was adopted to structurally and multi-scalarly organize the environmental, architectural, and technological information of the elements. This informative structure was designed not only to optimize data consultation within the BIM environment but above all to facilitate its integration and interactive use within VR platforms.

For this purpose, specific shared parameters were defined for each element, classified into five macro-categories: registry, location, dating, details, and dimensions. These textual parameters—including information such as descriptions, materials, and positions—not only provide precise descriptions of the elements according to specific criteria but also form the informative basis for direct interaction with the model's metadata within the virtual environment (fig. 6).

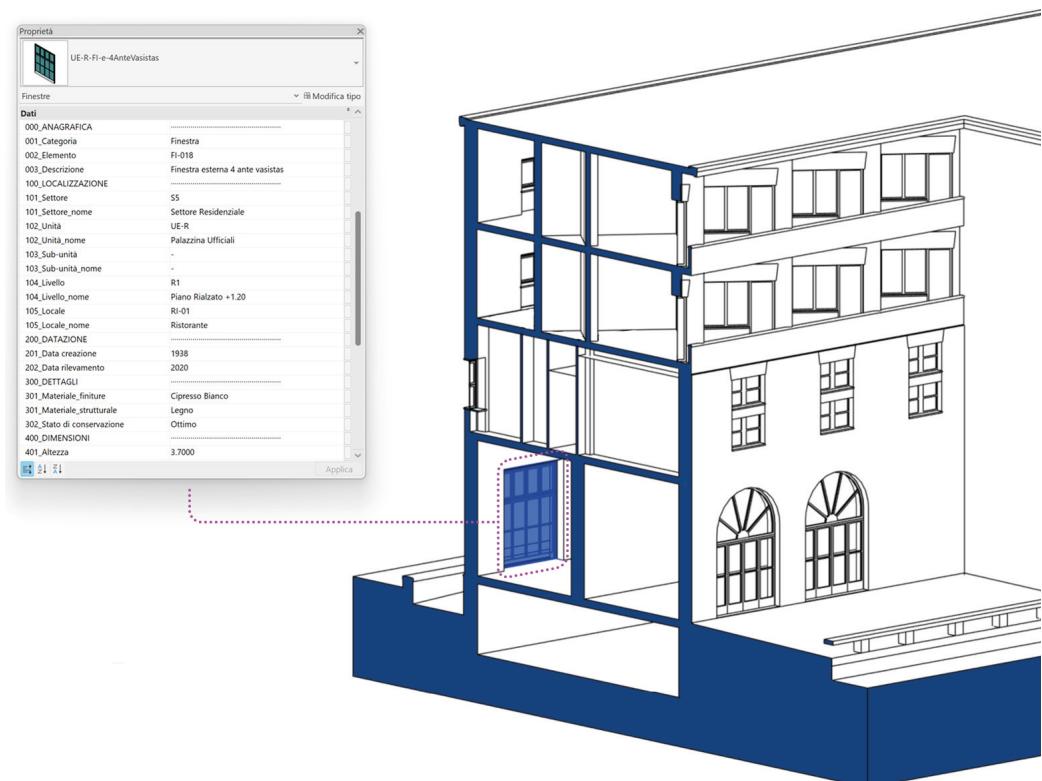


Fig. 6. Definition of the parameter system to enrich the information related to the various HBOMs (graphic elaboration by the author).

HBIM Model ArchViz and interaction with range-based data for the creation of an Interactive Virtual Environment

The extensive database produced through these HBIM experiments subsequently guided the research toward the development of procedures and solutions capable of making the results of informative modeling both accessible and interactive beyond the operational context of BIM itself. This led the study toward the use of game engines, which can offer, on the one hand, a realistic and immersive experience of the architecture (ArchViz) within an Interactive Virtual Environment (IVE), and on the other, the ability to consult and interact with the informative metadata linked to the geometries [Banfi 2023].

To achieve these goals, the potential of the *Unreal Engine* platform was leveraged. *Unreal Engine* not only allows, through specific plugins, the integration of both BIM informative assets and range-based data within the same IVE, but also provides an effective VPL system to carry out Visual Scripting experiments aimed at creating a User

Interface (UI) designed for the exploration of BIM metadata. First, the HBIM model was imported into *Unreal Engine* using the *Datasmith Importer* plugin, preserving both the actual geometries and their associated informative parameters. Subsequently, using the photogrammetric survey data, photorealistic textures were developed to map the model's surfaces.

This workflow, focused on material optimization, significantly enhanced the perceptual quality and ArchViz rendering of the BIM model, delivering a faithful simulation of the real structure that is accurate both visually and in its integration of informative data (fig. 7) [Lumini 2024]. The next step involved the virtual reconstruction of the environment

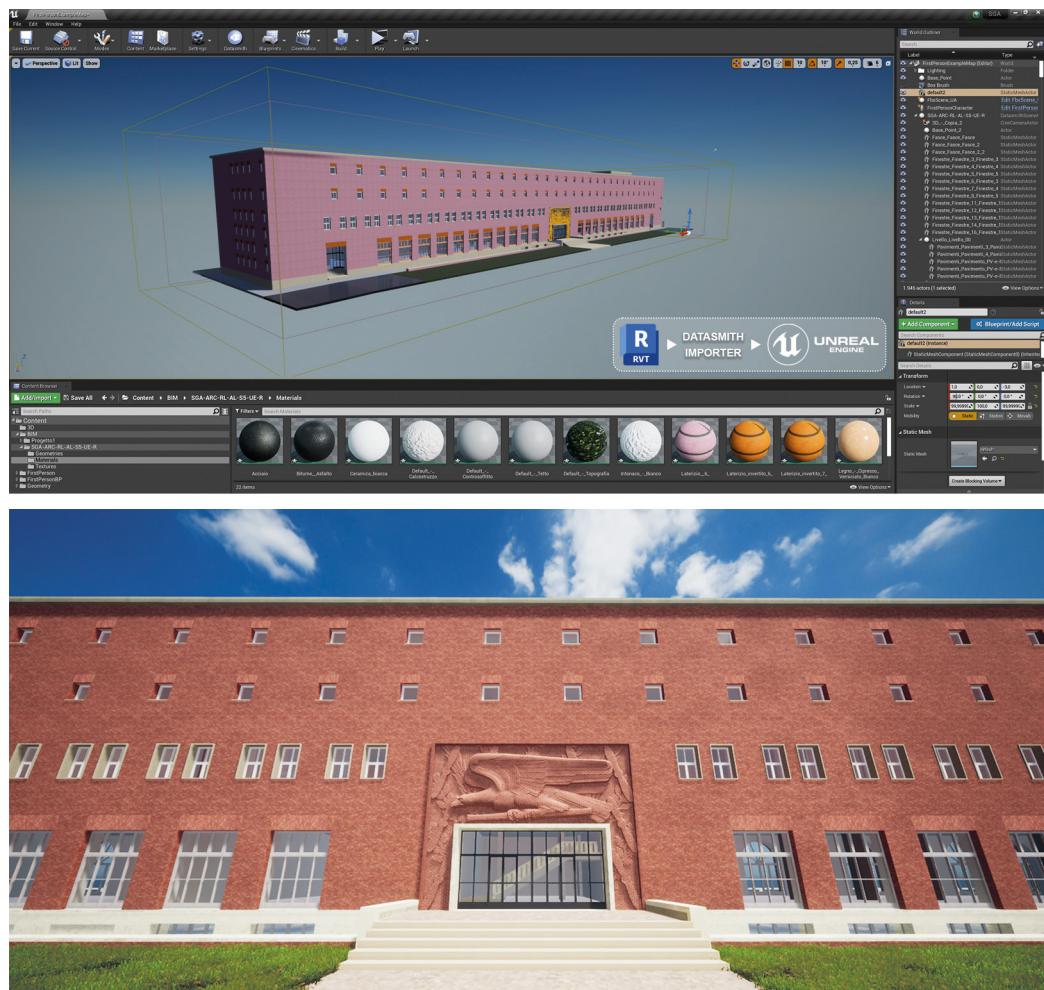


Fig. 7. Implementation of the HBIM model within Unreal Engine and visual optimization for ArchVi (graphic elaboration by the author).

surrounding the architectural complex using the range-based data from the digital surveys, with the goal of achieving a more realistic and immersive contextual representation. Specifically, after appropriately decimating the point cloud and removing the data corresponding to the building from its ground connection upwards, a highly descriptive point cloud of the external spaces was obtained. This was integrated with the HBIM model using the *Lidar Point Cloud* plugin.

This procedure made it possible to create a virtual environment in which users can freely explore in VR, transitioning from an asset based on point clouds to one composed of modeled surfaces, each, in its own way, highly effective in representing reality (fig. 8).



Fig. 8. Interaction within the same Virtual Environment between the point cloud of descriptive environmental data and the optimized HBIM model (graphic elaboration by the author).

Visual Scripting for interactive fruition of HBIM metadata in a VR environment

The research then focused on studying methods for visually reading the informative metadata associated with the assets of HBIM model-databases, experimenting with Visual Scripting programming for their interactive and real-time access.

As previously mentioned, when a Revit BIM model is imported into *Unreal Engine* via *Datasmith*, not only are the geometries of the various components imported, but also their associated parameters. However, these parameters can only be accessed by selecting the individual elements and viewing their informational content within the 'Metadata' panel of the 'Detail Browser'. To optimize this process, Visual Scripting was employed to develop a dedicated graphical interface that allows for a more intuitive reading of metadata directly within the VR environment [Cera 2021].

Specifically, for metadata management and the creation of the UI on which they will be displayed, *Unreal Engine's* native visual programming language (VPL), known as Blueprints Visual Scripting, was utilized. This tool not only enables the structuring of automated tasks through procedural graphical nodes, similar to other VPLs (such as *Dynamo*), but also allows for the creation of interactive components (widgets) useful for integrating BIM metadata visualization into UI design through text boxes, buttons, menus, sliders, or, as in this case, information boxes [Banfi, Oreni 2025; Lo Turco et al. 2022].

The next step involved the development of three distinct widgets for interacting with the metadata: two textual widgets to connect the parameters defined in Revit (Keys) and their corresponding values (Values), and one graphical widget to display the informational asset (*Infobox*). Within the 'Designer' tab of the latter, the graphical component was designed by structuring the objects that would interact with the user: a main window with a title, a scroll box, and two text fields to display the parameters and their values. To this end, the 'Keys' and 'Values' widgets were first configured to extract data from the 'Metadata' panel and were subsequently linked to the respective text fields of the Infobox, thereby ensuring a seamless integration of the information (fig. 9). Once the interface design

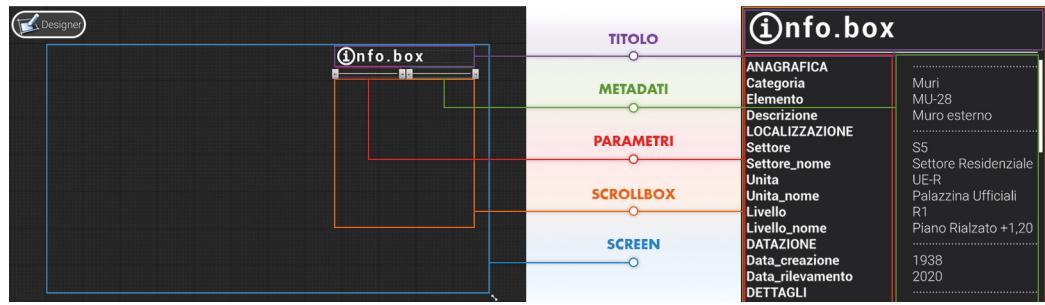
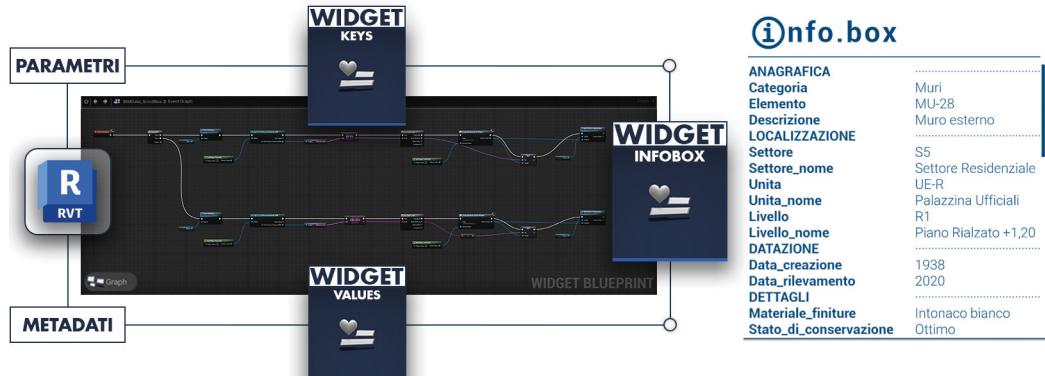


Fig. 9. Diagram and Visual Scripting processes for creating the interactive fruition system to HBIM informative metadata (graphic elaboration by the author).

was completed, the user interaction mode was defined, namely a first-person perspective (*FirstPersonCharacter*), followed by the configuration of the so-called 'LineTrace' function, enabling the automatic activation of the information box upon cursor-clicking on various BIM assets within the VR environment (fig. 10).

This advanced VPL-based programming thus enabled the development of an interactive UI that, within a realistic VR environment, allows users to query and accurately read the metadata of any digitized asset in the HBIM model, significantly enhancing both accessibility and usability of the information.

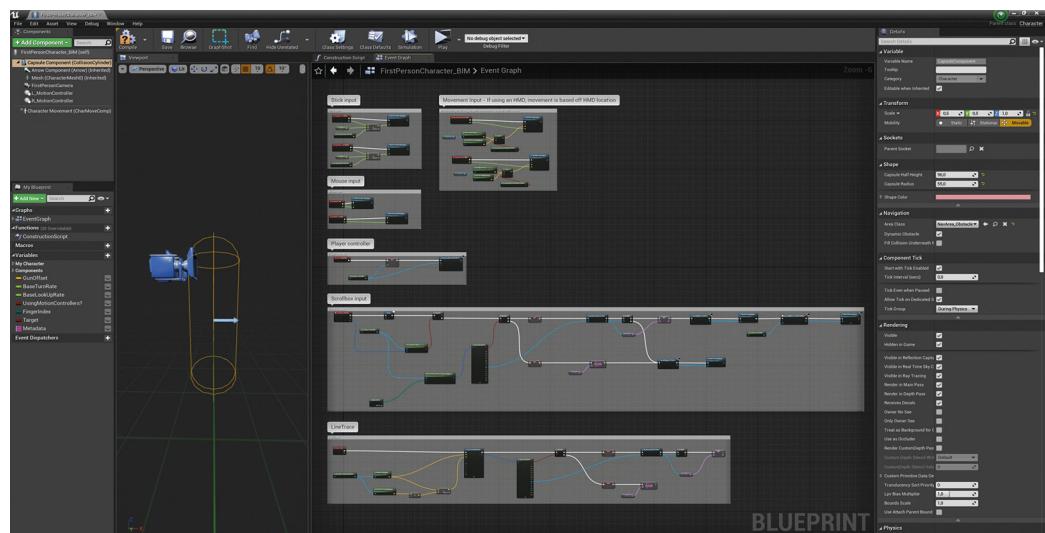


Fig. 10. Programming phases of widgets related to the *FirstPersonCharacter*, describing the user's point of view and the target's LineTrace setup (graphic elaboration by the author).

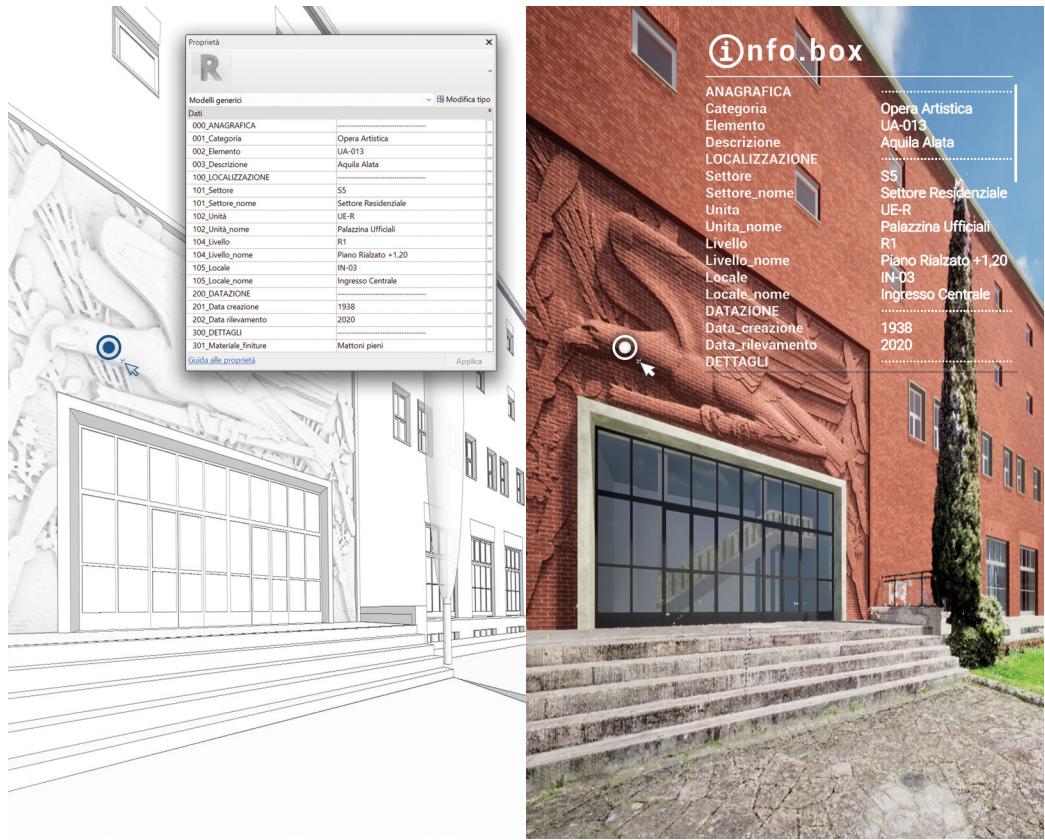


Fig. 11. Comparison between two modes of interaction with BIM informative metadata: on the left, traditional within a BIM environment; on the right, interactive virtual experience within a VR environment (graphic elaboration by the author).

Conclusions

The experiences conducted in this research have enabled the development, starting from the case study of the Palazzina Ufficiali of the Air War School in Florence, of a replicable workflow aimed at overcoming the traditional technical and management function of BIM models, optimizing their virtual fruition through an approach based on ArchViz principles. The integration of data acquired from digital surveys, Scan-to-BIM modeling, VR, and VPL has made it possible to create an immersive environment where users can not only explore the architectural space but also interact in real-time with the associated metadata, gaining access to a stratified and dynamic knowledge of the cultural heritage.

In this sense, it has been demonstrated how the implementation in game-engine platforms and the adoption of VPL systems significantly enhance the potential of a BIM process, particularly in the field of Architectural Heritage. This transforms the digital twin into an active tool for storytelling and dissemination, combining geometric accuracy with rich information. The stand-alone application developed for the case study stands out for its flexibility in managing and visualizing data, adapting to different user profiles and levels of detail, offering an accessible and immersive fruition thanks to an interactive interface that promotes participatory exploration and the enhancement of heritage (fig. 11).

In conclusion, the results of this research confirm how the description of heritage through advanced digital models –where geometries, data, and narrative intertwine– constitutes a contemporary form of digital *éphrasis*. An eloquent and multisensory description capable of enhancing the cognitive experience through the synergy between visual representation and textual information, opening new perspectives for communication, preservation, management, and enhancement of Architectural Heritage in an interactive and multidisciplinary key.

Credits

The data and results of this research project, carried out since 2017 by the *Laboratorio di Rilievo dell'Architettura* (LRA) of the Department of Architecture in Florence in collaboration with the administration of the Institute, under the scientific responsibility of Prof. S. Bertocci and the scientific coordination of Dr. M. Ricciarini, were elaborated and finalized as part of A. Lumini's doctoral thesis entitled *HBIM for interactive virtual fruition of Architectural Heritage and information metadata. The case study of the Florence Air War School, University of Florence, XXXIV cycle, 2023.* Tutor: Prof. S. Bertocci.

Reference List

- Banfi, F. (2023). *Virtual Heritage | from 3D modelling to HBIM and extended reality*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore.
- Banfi, F., Oreni, D. (2025). Unlocking the interactive potential of digital models with game engines and visual programming for inclusive VR and web-based museums. In *Virtual Archaeology Review*, n. 16 (32), pp. 44-70. <https://doi.org/10.4995/var.2024.22628>.
- Bertocci, S., Bigongiari, M., Ricciarini, M. (2024). Levantamientos y documentación del Nave Amerigo Vespucci. In *Mimesis, jasd* n. 4(2), pp. 7-14. <https://dx.doi.org/10.56205/mim.4-2.1>.
- Biagini, C., Ricci, Y., Villoresi, I. (2021). H-Bim to Virtual Reality: a New Tool for Historical Heritage. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.), *REPRESENTATION CHALLENGES Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*, pp. 347-351. Milano: FrancoAngeli. doi.org/10.3280/oa-686.55.
- Bianconi, F., Filippucci, M., Cerbai, C., Cornacchini, F., Bertocci, S. (2024). HBIM per connottare le informazioni. Ecosistemi Digitali per la conservazione del patrimonio architettonico della Basilica di Santa Maria degli Angeli. In *DN*, n. 14, pp. 46-58.
- Cera, V. (2021). L'interoperabilità tra software BIM e gaming. Una sperimentazione aperta per l'architettura storica. In A. Arena, M. Arena, D. Mediati, P. Raffa (Eds.), *Connecting - Drawing for weaving relationships*, Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers, Congress of Unione Italiana per il Disegno, Reggio Calabria, September 16-18, 2021, pp. 2181-2198. Milano: FrancoAngeli. doi.org/10.3280/oa-693.122.
- Dell'Amico, A., Sanseverino, A., Albertario, S. (2024). Point Cloud Data Semantization for Parametric Scan-to-HBIM Modeling Procedures. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.), *Beyond Digital Representation Advanced Experiences in AR and AI for Cultural Heritage and Innovative Design*, pp. 515-533. Cham: Springer.
- Fagnoni, R. (1938). La scuola di Applicazione per la R. Aeronautica a Firenze. In *Architettura*, n. XVI, pp. 239-369.
- Koenig, G. K. (1968). *Architettura in Toscana, 1931-1968*. Torino: Eri.
- Lo Turco, M., Giovannini, E. C., Tomalini, A. (2022). Parametric and visual programming BIM applied to museums, linking container and content. In *ISPRS International Journal of Geo-Information*, n. 11 (7), 411, pp. 1-14. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070411>.
- Lumini, A. (2023). The integrated digital survey of the Florence Air Warfare School. HBIM-based protocols for documentation and information management. In *DISEGNARECON*, vol. 16, n. 30, pp. 1-15. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.30.2023.11>.
- Lumini, A. (2024). Multisensory VR experiences based on auralization and HBIM. The Teatro del Maggio in Florence. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.), *Advances in Representation. New AI and XR-Driven Transdisciplinarity*, pp. 607-625. Cham: Springer. <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-62963-1>.
- Pagani, C. (1984). La Scuola di Applicazione dell'Aeronautica Militare. In *Società delle belle arti - circolo degli artisti - 'casa di Dante'* (Eds.). *Tre architetture degli anni Trenta a Firenze*. Firenze: Lascialfari.
- Pancani, G., Bigongiari, M., Lumini, A. (2024). Sperimentazioni di modellazione HBIM reality-based per la documentazione e conservazione del Patrimonio Architettonico. Il caso studio della Pieve di Corsignano a Pienza. In T. Empler, A. Calderone, A. Fusinetti (Eds.), *Proceedings of 3D Modeling & BIM Workshop 2024. Nuove Evoluzioni*. Roma, 11-12 aprile 2024, pp. 283-297. Milano: DEI -Tipografia del Genio Civile.
- Parrinello, S., Dell'Amico, A. (2021). From survey to parametric models: HBIM systems for enrichment of cultural heritage management. In C. Bolognesi, D. Villa (Eds.), *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, pp. 89-107. Cham: Springer.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2023). Digital strategies to enhance Cultural Heritage Routes: from integrated survey to digital twins of different European architectural scenarios. In *Drones*, n. 7(9), 576, pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/drones7090576>.
- Parrinello, S., Pettineo, A. (2025). Databases and information models for semantic and evolutionary analysis in fortified Cultural Heritage. In *Heritage*, n. 8(1), 29, pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/heritage8010029>.
- Podestà, G. (2006). *Istituto di Scienze Militari Aeronautiche. L'Architettura di Raffaello Fagnoni per la Scuola di Applicazione Aeronautica*. Firenze: Polistampa.
- USIBD - US. Institute of Building Documentation (2025). USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification, version 3.1. <https://usibd.org/level-of-accuracy>

Author

Andrea Lumini, University of Florence, andrea.lumini@unifi.it

To cite this chapter: Andrea Lumini (2025). Scan-to-BIM and Visual-Scripting for the Interactive Fruition of Architectural Heritage and Informative Metadata. In L. Carlevaris et al. (Eds.), *ekphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ekphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3903-3926. DOI: 10.3280/oa-1430-c958.