

Sequenza video di panorami sferici 360° per l'implementazione di modelli informativi in ambiente BIM/HBIM

Maria Laura Rossi
Leonardo Paris
Giorgia Cipriani

Abstract

L'utilizzo di panorami sferici per la rappresentazione architettonica e urbana si è intensificato negli ultimi anni grazie alla capacità di ricreare ambienti virtuali in modalità altamente immersive per l'utente. Risulta di particolare interesse la possibilità di relazionare biunivocamente panorami sferici montati in sequenza video a 360° con modelli geometrici. Soprattutto nell'ambito di processi BIM, la tecnologia *Reality Capture* è stata sviluppata da alcune piattaforme *in cloud* di condivisione dati, al fine di monitorare l'avanzamento lavori nella fase di cantiere e produrre una documentazione visiva accessibile da remoto. Tale potenzialità consente di individuare eventuali non conformità tra il progetto e il procedere delle lavorazioni e, in generale, contribuisce alla trasparenza del processo di gestione del ciclo di vita dell'edificio. Lo studio presentato declina tali procedure in campo HBIM al fine di incrementare la capacità informativa di un modello parametrico che fatica a trovare il giusto bilanciamento tra *Level of Development* e *Level of Information Need*. Particolarmente, l'utilizzo di panorami sferici navigabili associati a geometrie necessariamente semplificate può aiutare la lettura di un contesto storico stratificato e testimoniarne lo stato di conservazione.

Parole chiave

Panorami sferici, ACDat, BIM/HBIM, monitoraggio cantiere.



Panorama sferico acquisito
durante procedura *Reality Capture* dinamica del
chiostro della Facoltà di
Ingegneria in San Pietro in
Vincoli, Roma.

Introduzione

L'utilizzo dei panorami sferici per la rappresentazione architettonica e urbana ha avuto negli ultimi anni un forte incremento dovuto sia allo sviluppo delle camere sia all'implementazione di software ed applicativi in grado di gestire questo particolare tipo di immagine. Il panorama sferico gode della particolarità di riuscire a ricreare un ambiente – esistente o virtuale – fortemente immersivo se confrontato ad una immagine singola o ad una sequenza di immagini piane. L'efficacia comunicativa risiede nella componente dinamica di gestione di una immagine cosiddetta equirettangolare ottenuta per trasformazione numerica di una superficie sferica su di un piano. Questa procedura è una prerogativa tipica del digitale in quanto, come è noto, la superficie sferica in termini euclidei non è una superficie sviluppatibile. Se si associa la sfera al globo terrestre nell'immagine equirettangolare l'asse mediano orizzontale corrisponde allo sviluppo della circonferenza equatoriale, le linee verticali corrispondono allo sviluppo degli infiniti semimeridiani; pertanto il lato minore è sempre la metà del lato maggiore e i due lati superiore e inferiore corrispondono ciascuno all'immagine di un punto, il polo nord ed il polo sud (fig. 1).

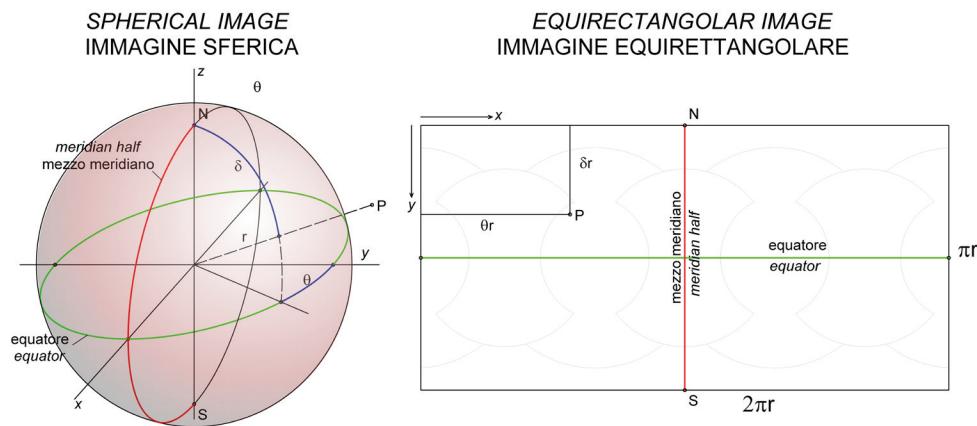


Fig. 1. Corrispondenza tra sistema di coordinate polare del panorama sferico e sistema di coordinate cartesiane dell'immagine equirettangolare. In questo tipo di trasformazione numerica i lati lunghi del rettangolo corrispondono al polo nord ed al polo sud del sistema sferico (elaborazione degli autori).

Questo tipo di trasformazione numerica, non proiettiva, ha come risultato un'immagine – ricavata per *stitching* di più immagini singole – molto deformata che nei software di visualizzazione viene convertita in un'immagine dinamica, cioè nel panorama sferico vero e proprio (fig. 2).

La diffusione maggiore di questo tipo di immagine è senza dubbio dovuta a Google Maps che ha mappato – e continua a mappare con continui aggiornamenti – tutte le aree antropiche del pianeta.

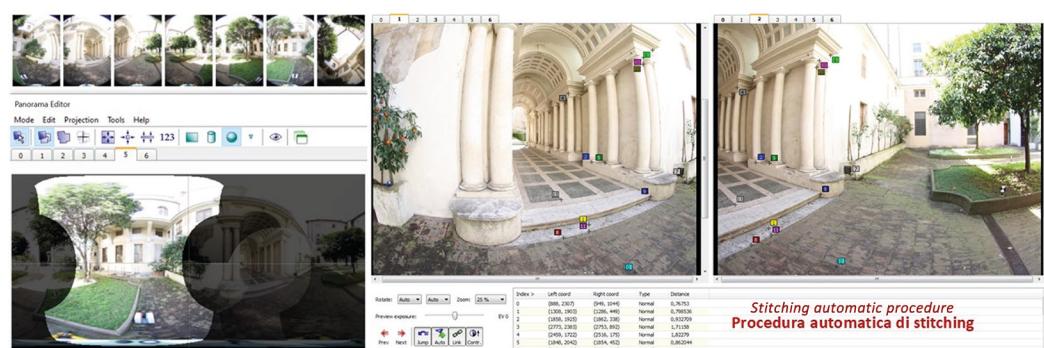
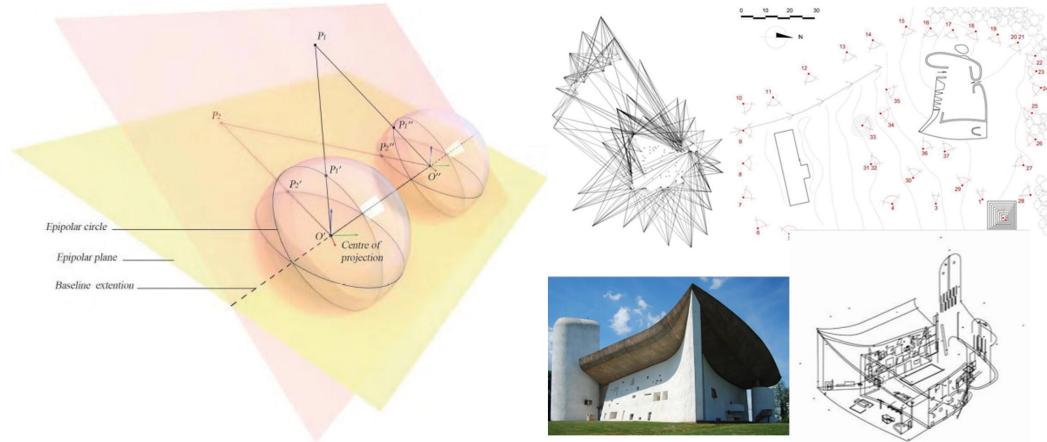
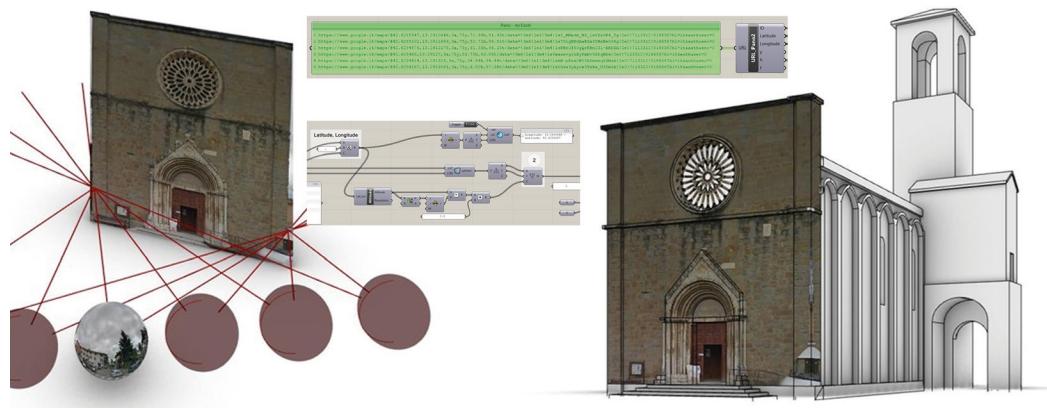


Fig. 2. Procedura di *stitching* di 7 immagini acquisite con testa panoramica manuale Nodal Ninja, obiettivo Sigma *fisheye* con lunghezza focale da 13 mm e FoV di 175° ed elaborate con PTGui (elaborazione degli autori).

Al di là della sua funzione meramente comunicativa è stato testato in alcuni studi anche il suo valore fotogrammetrico nel momento in cui si riescono a determinare le relazioni proiettive tra il panorama e l'ambiente che lo descrive (fig. 3) [Fangi, Pierdica 2012; Fangi 2017; Wahbeh 2011; Wahbeh et al. 2016].



Dallo stesso panorama di Google Maps, in determinate condizioni, si possono estrarre informazioni metriche per il rilievo e la modellazione 3D di specifici contesti urbani ed architettonici [Calvano et al. 2017; Paris et al. 2017]. Questo consente di attingere ad importantissime fonti documentali nel caso, per esempio, di catastrofi naturali o belliche che alterano in maniera spesso irreversibile intere città, paesi, borghi, beni culturali di alto valore storico [Calvano, Guadagnoli 2016] (fig. 4).



Si registrano numerose altre applicazioni, sempre in ambito di rilievo, come per esempio quello legato alle immagini gigapixel in grado di restituire informazioni di dettaglio elevatissimo. I comuni scanner laser terrestri sono dotati di camera (o di camere) in grado di restituire il panorama sferico corrispondente alla nuvola di punti riuscendo così ad associare a ciascun punto, oltre alle coordinate e al valore della riflettanza, anche il corrispondente dato colore RGB.

Una più recente applicazione di panorama sferico al rilievo è quella inclusa nella tecnologia di acquisizione *mobile scanner* con tecnologia SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) al quale viene collegata una sequenza video di immagini 360° sempre con la finalità di associare il dato colore alle coordinate dei punti della nuvola.

Mentre nel caso del TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) l'immagine equirettangolare è già strutturalmente allineata alla nuvola di punti, nel *mobile scanner* la sequenza video di immagini 360° è definita dalla traiettoria di acquisizione ed anche dalla velocità di movimento. Le immagini a corredo di una ripresa *mobile scanner* sono ovviamente di qualità inferiore rispetto a quelle di un TLS ma è indubbio che la crescita esponenziale della capacità di registrazione e di calcolo della tecnologia digitale sarà in grado di ridurre questo *gap* in poco tempo. Una recente applicazione di video 360° analizzata in relazione alla sua capacità di riferirsi a modelli geometrici 3D, siano essi nuvole di punti che modelli continui numerici o matematici, è quella oggetto del presente studio e si riferisce ad una applicazione sviluppata all'interno di una piattaforma di condivisione di modelli informativi di tipo BIM.

Piattaforme *Open BIM* e *Reality Capture* per il monitoraggio del cantiere

L'obbligatorietà del BIM è stata introdotta gradualmente dal nostro sistema legislativo [1], abbassando di anno in anno il valore economico soglia fino a due milioni di euro a partire dal 1° gennaio 2025. La normativa italiana, in linea con lo standard ISO sulla gestione informativa delle costruzioni e l'allegato nazionale UNI [2], prevede un approccio interdisciplinare e interoperabile con l'uso di processi e applicativi secondo un flusso di lavoro che operi totalmente in un ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisa di dati in formati non proprietari [Abanda et al. 2025, pp. 4-7]. Prerequisito fondamentale alle operazioni di digitalizzazione è la messa in campo di accorgimenti e strategie basati sulla collaborazione, condivisione e integrazione sincronica delle informazioni così da poter gestire l'intero ciclo di vita dell'edificio, dalla fase di progettazione a quella di costruzione, utilizzo, demolizione, smaltimento e riciclo. [Paris, Rossi 2024, pp. 226-228]

L'obbligo normativo impone che il professionista nel settore edile sia in grado di confrontarsi e competere in questo 'nuovo' mondo delle costruzioni, non solo dal punto di vista delle competenze tecniche e culturali ma anche, e forse soprattutto, in termini di struttura digitale a supporto dell'intero processo. Per far fronte a questa necessità, un mercato parallelo si è andato sviluppando: piattaforme aperte *in cloud*, progettate sia per svolgere il ruolo di storage freddo di dati eterogenei (raster, dati vettoriali, dati testuali, modelli 3D discontinui e continui ecc.), sia come ambiente digitale interattivo dinamico [Paris, Rossi 2024; Di Filippo et al. 2024; Musella et al. 2021]. Tali piattaforme costituiscono una esemplificazione di quello che la normativa definisce come ACDat [3], permettendo agli utenti di accedere alle informazioni in tempo reale e lavorare simultaneamente sullo stesso oggetto digitale, migliorando la coerenza tra i dati e riducendo le interferenze interdisciplinari [Seyis, Ozkan 2024, pp. 8-11]. L'urgenza per i professionisti di adeguarsi alle nuove politiche operative sta generando un riscontro in termini di avanzamento tecnico e tecnologico mai sperimentato prima e nuovi tools vengono proposti di giorno in giorno per ottimizzare ogni fase del processo. Particolare attenzione è rivolta alla fase di cantiere, alla sua programmazione e monitoraggio: la tecnologia *Reality Capture*, ad esempio, è una delle ultime novità introdotte da alcune delle più performanti *open BIM platform* sul mercato.

Viene proposta una documentazione visiva per la gestione del progetto in cantiere attraverso una ripresa dinamica del contesto con una videocamera a 360° montata sul casco dell'operatore che, semplicemente, segnala la propria posizione nello spazio digitale ed esplora lo spazio reale. Il procedere dell'operatore nella realtà fenomenica viene tradotto dalla app dedicata all'ACDat, connessa alla videocamera, in un percorso digitale gemello. Questo è automaticamente orientato a partire dalla posizione segnalata all'interno del modello BIM presente in piattaforma e visibile sulle proiezioni bidimensionali estratte dal modello stesso. La soluzione digitale identifica non soltanto il percorso effettuato, ma converte le riprese video in una serie di immagini panoramiche dettagliate accessibili da remoto lungo il tracciato (fig. 5).

Diventa possibile, dunque, fare un sopralluogo in cantiere navigando all'interno del modello digitale, e confrontare contestualmente, con punti di vista dinamici corrispondenti e coincidenti, l'aspetto geometrico informativo del modello in costruzione con quello fotografico dello spazio costruito.

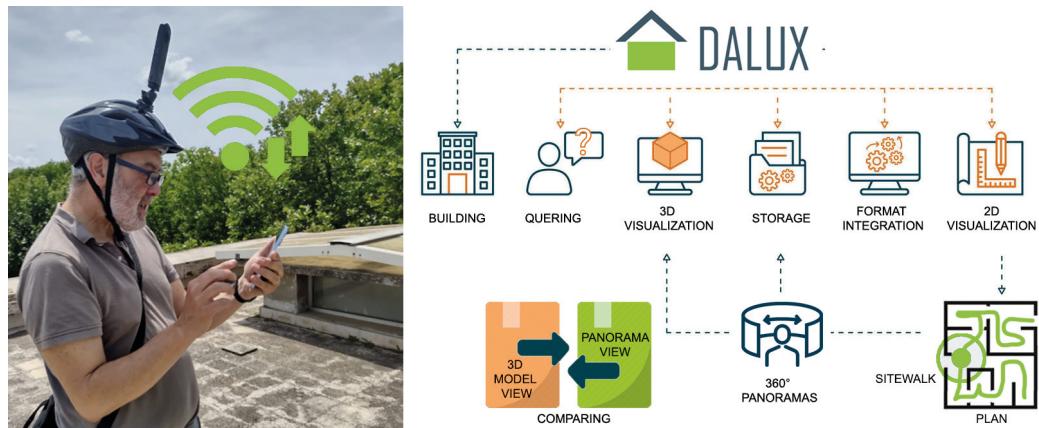


Fig. 5. Schema procedurale della modalità *Reality Capture* di Dalux tramite la connessione tra la camera a 360° posizionata sul casco dell'operatore e il modello BIM caricato. Utilizzo dell'ACDat Dalux come storage freddo/ caldo di dati eterogenei e implementazione degli stessi attraverso l'acquisizione e il confronto di immagini panoramiche orientate nel modello (elaborazione degli autori).

Questa tecnologia consente una innovativa impostazione metodologica di lavoro che comporta sicuramente alcuni benefici: la riduzione degli accertamenti sul campo e delle relative interruzioni delle lavorazioni durante le visite; il confronto tra lo stato di avanzamento della costruzione e il progetto BIM; il riconoscimento immediato di eventuali non conformità con una costante interrelazione tra l'aspetto fotografico e quello metrico-geometrico.

Le registrazioni possono essere ripetute con cadenze regolari e periodiche, ottenendo così un tracciato visivo datato dell'avanzamento lavori, e collezionare una documentazione *as-built in progress* che consente di certificare il completamento di strutture e installazioni che risulteranno nascoste al termine della costruzione. Il percorso e le immagini geolocalizzate nel modello offrono flussi di lavoro più fluidi anche dal punto di vista del coordinamento del team di lavoro e nella segnalazione di eventuali problematiche riscontrate agli utenti responsabili: è possibile aprire una *task* direttamente sulla foto panoramica, duale del modello, e indirizzare la richiesta di modifica, le modalità e le tempistiche entro la quale questa deve essere eseguita (fig. 6).

Per testare le potenzialità di tecniche consolidate di rilievo – come, per l'appunto, l'acquisizione di panorami sferici – applicate in contesti innovativi di digitalizzazione dei manufatti edili, non soltanto di nuova costruzione ma anche in termini di patrimonio esistente, è stata individuata una piattaforma *open BIM* che, tra le varie funzionalità, dispone delle tecnologie *Reality Capture*.

Lo studio si è concentrato su alcuni ambienti della sede storica della Facoltà di Ingegneria civile e industriale in via Eudossiana a Roma, con l'obiettivo di produrre una documentazione visiva dello stato dei luoghi a corredo di un modello HBIM [4] che, soprattutto in casistiche che riguardano manufatti storici stratificati come quello in esame, difficilmente riesce ad essere esaustivo e accurato sia dal punto di vista del livello di dettaglio geometrico, sia per ciò che concerne i materiali di finitura delle superfici e il relativo stato di conservazione.

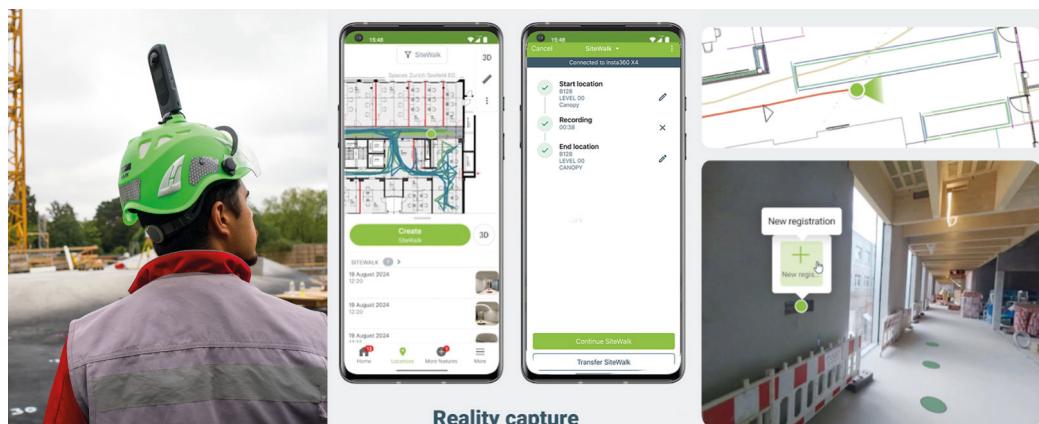


Fig. 6. Modalità operativa di *Reality Capture* con relazione di binivocità tra elaborato grafico e vista fotografica con possibilità di assegnazione *tasks* puntuali (fonte: <https://www.dalux.com/it/sitewalk/>).

Sitewalk in San Pietro in Vincoli

La sperimentazione condotta sull'edificio di via Eudossiana ha previsto, preliminarmente, il caricamento del modello HBIM fornito dall'Area Gestione Edilizia di Sapienza Università di Roma all'interno dell'ACDat preposto Dalux [5]. Nel progetto è stato caricato anche il modello numerico da rilievo digitale integrato TLS e fotogrammetrico, perfettamente sovrapponibile al modello matematico grazie alla condivisione tra i due del medesimo sistema di riferimento georiferito a coordinate assolute, così da avere contezza dell'accuratezza metrico-geometrica del modello su cui basare le successive acquisizioni.

Le registrazioni hanno riguardato gli spazi comuni della facoltà; in particolar modo, si riportano in questo studio gli esiti delle elaborazioni condotte esternamente all'ingresso principale, nell'atrio coperto sopraelevato e nell'antico chiostro. Le tre ambientazioni si trovano a diverse quote: l'ingresso è su quota stradale 0,00 m; l'atrio coperto è una zona di filtro che si trova al piano rialzato a quota 3,67 m; il chiostro è ad una quota di 5,36 m.

La modalità *Reality Capture* disponibile nella piattaforma Dalux prevede l'acquisizione di cosiddetti SiteWalks [6]. Condizione preliminare per la loro acquisizione è la geolocalizzazione dell'operatore all'interno del modello BIM che avviene specificando manualmente la posizione iniziale e finale su viste bidimensionali di pianta accessibili dall'applicazione sul dispositivo mobile. Nel caricare il modello sulla piattaforma è possibile integrare gli elaborati grafici nativi a corredo – prospetti, sezioni e le viste di pianta corrispondenti ai principali riferimenti altimetrici di piano – ma per particolari esigenze di visualizzazione, come nel caso di ambienti presenti a quote diverse da quelle principali, è possibile estrarre delle specifiche sezioni orizzontali dal modello direttamente nell'ACDat, senza necessariamente operare sul file sorgente (fig. 7).

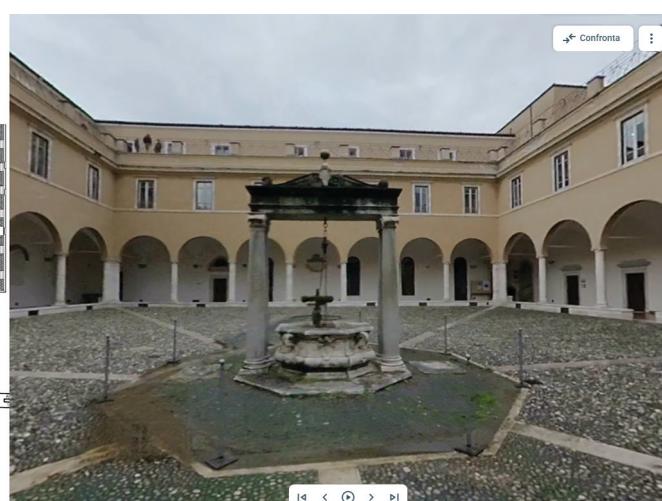
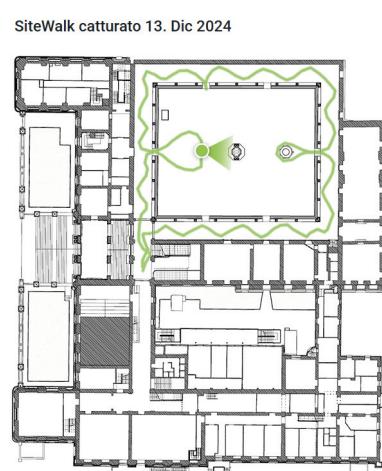
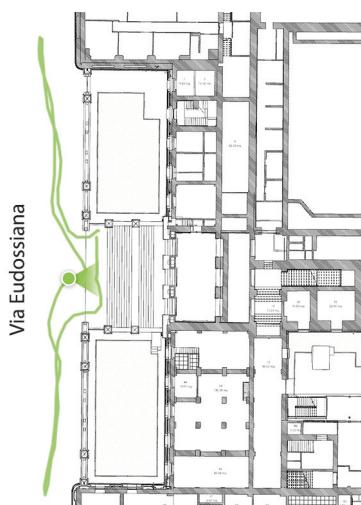


Fig. 7. ACDat di Dalux in cui è possibile manipolare il modello BIM e il relativo dato di rilievo sovrapposto sezionando a quote altre rispetto a quanto impostato sul software proprietario (elaborazione degli autori; modelli forniti da AGE Sapienza).

A partire dalla posizione dichiarata dall'operatore il percorso viene automaticamente orientato e tracciato nell'ambiente digitale grazie a un sistema di riconoscimento intelligente degli oggetti fotografati, basato sostanzialmente sulla presenza alternata di geometrie piene e vuote, continue e isolate, a giacitura orizzontale o verticale ecc.

L'operatore, una volta connesso il dispositivo mobile al Wi-fi interno alla telecamera [7] montata sul casco, procede alle acquisizioni dei SiteWalks dall'applicazione Dalux. Per una buona riuscita del SiteWalk è opportuno adoperare alcuni accorgimenti: mantenere la registrazione all'interno di una tempistica di minimo 15 secondi e massimo 6 minuti con un'andatura calma e costante, priva di spostamenti improvvisi; esplorare lo spazio con diversi percorsi e in diverse direzioni così da agevolare l'auto-orientamento dei panorami nell'ambiente digitale e l'auto riconoscimento delle geometrie; registrare in condizioni di luminosità diffusa; evitare sbalzi di quota eccessivi [8] limitando le registrazioni ad ambienti che siano perfettamente rappresentati in un unico elaborato grafico di pianta.

Le tre acquisizioni previste per la sperimentazione hanno seguito approcci sostanzialmente diversi in favore delle diverse spazialità: sul fronte esterno è stato eseguito un percorso pressoché lineare dovuto alla ridotta sezione stradale, che ripete nei due versi il medesimo tracciato lungo la direzione di via Eudossiana, per una lunghezza complessiva di circa 60 metri con l'elaborazione di 84 immagini panoramiche in 3min e 22sec (fig. 8); il chiostro, per estensione impossibile da percorrere due volte con un medesimo tracciato nel limite di tempo di 6 minuti, è stato percorso con un'andatura 'a zig-zag' lungo i 4 lati del porticato, con due deviazioni verso la parte centrale per l'acquisizione degli elementi scultorei, con l'elaborazione di 146 panorami in 5min e 50sec (fig. 9); l'atrio è stato esplorato con un percorso 'a 8', che evitasse il ripetersi dei propri passi e direzionasse la camera lungo diverse traiettorie, con l'elaborazione di 35 panorami in 1 min e 24 sec (fig. 10).



Le acquisizioni, automaticamente trasferite alla piattaforma, sono visionabili o in riproduzione continua o singolarmente, e navigabili in modalità comparativa con il modello BIM (fig. 11). È possibile eseguirne il download e gestire i panorami in altri applicativi per altri scopi, rendendo l'intero processo fluido e aperto a diversi utilizzi.

Le tre sperimentazioni hanno confermato la possibilità di poter adattare il percorso dell'operatore alle caratteristiche degli spazi da rilevare, senza compromettere la qualità delle

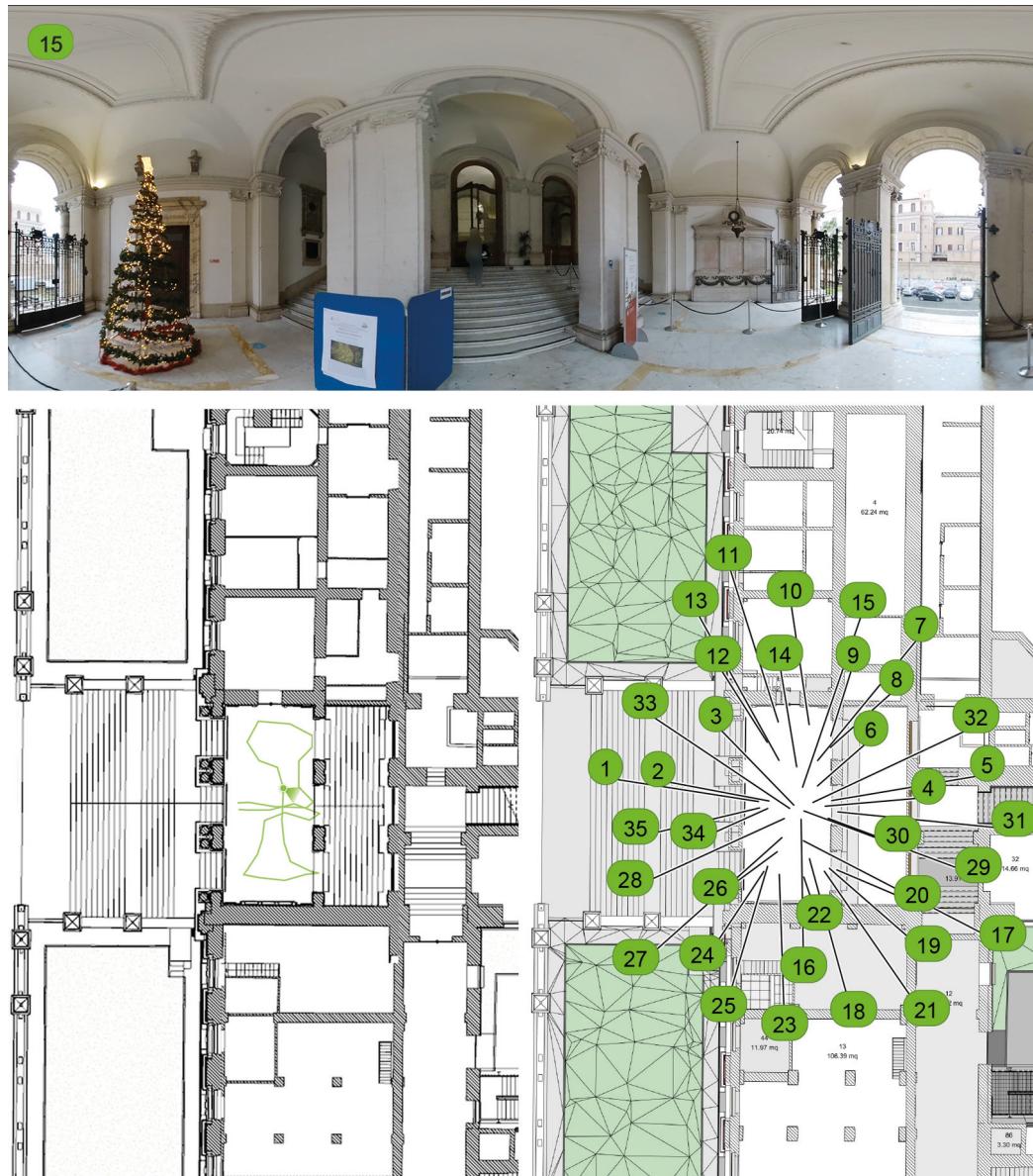


Fig. 10. Percorso di acquisizione video-panoramica sul piano mezzanino nell'atrio d'ingresso. In alto: immagine equirettangolare n. 15; a sinistra, indicazione del panorama lungo il percorso nella vista di pianta; a destra: posizione del centro di presa di ogni panorama sferico in una vista orizzontale da modello 3D (elaborazione degli autori).



Fig. 11. Visualizzazione comparativa: a sinistra, il modello informativo e la relativa interrogazione di geometrie e parametri; a destra, la corrispondente vista fotografica panoramica (elaborazione degli autori).

informazioni raccolte: l'auto-orientamento dei panorami sferici sul modello ha prodotto risultati soddisfacenti per tutti i SiteWalks sia in ambienti aperti che confinati, percorsi sia con ripetizione dei propri passi che non. In quest'ultimo caso alcune attenzioni in più vanno dedicate a quella fase fondamentale di ogni operazione di rilievo che è il progetto di presa. Infatti, per compensare il numero ridotto di panorami – e quindi di dati visuali – ottenibili in una data area con un percorso singolo rispetto a quelli che si avrebbero con un percorso ripetuto, l'operatore deve preliminarmente valutare i punti di presa fondamentali che dovranno far parte del percorso di acquisizione e, allo stesso tempo, pianificarlo quanto più articolato possibile per agevolarne l'auto-tracciamento nel modello.

Conclusioni

La sperimentazione condotta sull'edificio della Facoltà di Ingegneria di Roma in via Eu-dossiana ha messo in evidenza le potenzialità di implementazione di modelli informativi in ambiente HBIM riuscendo a combinare all'interno di una piattaforma di condivisione dati, e quindi in uno stesso ambiente digitale condiviso ed interoperabile, informazioni di tipo geometrico con una sequenza di acquisizioni fotografiche a 360°. Si è potuto quindi testare l'efficacia di una modalità di registrazione fotografica di tipo continuo basata sulla gestione e sul controllo di un flusso bidirezionale di informazioni in *real-time*.

La biunivocità tra le caratteristiche parametriche di forma e contenuto, e le qualità legate allo stato conservativo della materia o, più in generale, allo stato dei luoghi in un determinato istante temporale, mette in campo un vero e proprio comportamento ecfrastico. Il discorso descrittivo dello spazio reale è trasposto con efficacia in ambiente digitale sfruttando le potenzialità della rappresentazione visiva a cui si attribuiscono diverse funzioni narrative. L'obiettivo è quello di caratterizzare e arricchire quanto più possibile il contesto ideale del modello digitale, comprovandone la veridicità in una narrazione che tende asintoticamente al reale.

Le potenzialità insite nell'uso di tecnologie eterogenee e innovative, a servizio di metodologie ibride di rappresentazione, contribuiscono ad articolare una narrazione varia della realtà e, al contempo, una concezione unitaria dello spazio fenomenico. Notevoli sono dunque i possibili sviluppi di ricerca, non solo per la possibilità di caratterizzazione delle superfici – soprattutto se applicata in contesti esistenti di pregio – ma anche per lo sviluppo di modelli *Digital Twin* con finalità di monitoraggio diacronico per la salvaguardia, recupero e valorizzazione dei beni culturali.

Note

[1] Nuovo codice degli appalti, D.lgs. 36/2023.

[2] Serie ISO 19650 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il *Building Information Modelling (BIM)* - Gestione informativa mediante il *Building Information Modelling*; UNI 11337-5:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati.

[3] Ambiente di Condivisione di Dati nel quale i vari operatori svolgono ruoli e portano avanti il lavoro di modellazione informata in 4 fasi principali: work in progress, condiviso, pubblicato e infine archiviato. Il passaggio da una fase alla successiva prevede degli step, relativamente di: approvazione, autorizzazione, verifica. BS EN ISO 19650-1-2:2019; UNI 11337-5:2017.

[4] La Sapienza di Roma, come Pubblica Amministrazione, dovendo dotarsi di strumenti in grado di assolvere agli obblighi di legge, tra il 2021 e il 2023 ha affidato a società esterne il rilievo digitale e la modellazione BIM/HBIM di tutto il suo patrimonio immobiliare. Ciò avviene contestualmente alla definizione di standard qualitativi e applicativi confluiti nel Protocollo Sapienza, inizialmente dal carattere prettamente accademico e della ricerca (Resp. scientifico prof. Carlo Bianchini), ora ufficialmente adottato dall'Area Gestione Edilizia della Sapienza per la gestione informativa digitale negli appalti di servizi e lavori riguardanti il patrimonio edilizio.

[5] ACDat della casa sviluppatrice Dalux strutturato in moduli (Dalux Box, Dalux Field, etc.): <https://www.dalux.com>

[6] Funzione integrata del modulo Dalux Field, dedicato alla gestione del cantiere: <https://www.dalux.com/it/sitewalk/>

[7] Per questa sperimentazione è stata utilizzata la camera Ricoh Theta Z1 con risoluzione d'immagine 72ppi per una dimensione di 3840x1920px.

[8] Non è possibile eseguire registrazioni su corpi scala che colleghino quote significativamente diverse come nel caso di due piani di un edificio: essendo ogni piano associato ad uno specifico elaborato bidimensionale, il percorso eseguito dalla telecamera troverebbe difficoltà di rappresentazione univoca.

Riferimenti bibliografici

- Abanda, F. H., Balu, B., Adukpo, S. E., Akintola, A. (2025). Decoding ISO 19650 Through Process Modelling for Information Management and Stakeholder Communication in BIM. In *Buildings*, 15(3), 431. <https://doi.org/10.3390/buildings15030431>.
- Calvano, M., Guadagnoli, F. (2016). Ricostruzione 3D della città di Amatrice. Una operazione di 'Instant Modeling'. In *DISEGNA-RECON*, n. 9(17), pp. 1-7. <https://disegnarecon.univaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/view/222>.
- Calvano, M., Leonardo, P., Casale, A. (2017). Web Base Modeling. Google's Imagery to Draw Landscape. In *International Journal of Landscape Architecture Research*, n. 1(1), pp. 40-48. <https://www.ijlar.org/index.php/ijlar/article/view/124>.
- Di Filippo, A., Limongiello, M., Barba, S. (2024). Palantir-BIM: a BIM Oriented Platform for the Documentation of Architectural Heritage. In T. Employer, A. Caldarone, A. Fusinetti (a cura di). *3D Modeling & BIM 2024 – Nuove evoluzioni*. Roma, 11-12 April 2024, pp. 26-37. Roma: DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile.
- Ente italiano di normazione UNI. UNI 11337-5:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati.
- Fangi, G., Pierdicca, R. (2012). Notre Dame Du Haut by Spherical Photogrammetry Integrated by Point Cloud Generated by Multi-View Software. In *International Journal of Heritage in the Digital Era*, n. 1(3), pp. 461–479. <https://doi.org/10.1260/2047-4970.1.3.4>.
- Fangi, G. (2017). *The book of spherical photogrammetry*. Edizioni accademiche italiane. <https://my.edizioni-ai.com/catalog/details/store/it/book/978-620-2-08717-9/the-book-of-spherical-photogrammetry>.
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. Nuovo codice degli appalti pubblici. DLgs 36/2023. Serie Generale N. 79 del 4 aprile 2023.
- Musella, C., Serra, M., Salzano, A., Menna, C., Asprone, D. (2021). H-BIM – Innovative and Digital Tools to Improve the Management of the Existing Buildings. In Vayas, I., Mazzolani, F. M. (a cura di). *Protection of Historical Constructions Proceedings of PROHITECH 2021*. 4th International Conference on Protection of Historical Constructions. Athens, 25-27 October 2021, pp 1256–1267. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90788-4_97
- Organizzazione internazionale per la normazione ISO. Serie ISO 19650 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling.
- Paris, L., Calvano, M., Nardinocchi, C. (2017). Web Spherical Panorama for Cultural Heritage 3D Modeling. In M. Ceccarelli, M. Cigola, G. Recinto (a cura di). *New Activities for Cultural Heritage*. Proceedings of the International Conference HeritageBot 2017. Cassino, september 2017, pp. 182-189. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67026-3_20.
- Paris, L., Rossi, M. L. (2024). Data sharing & interoperability. A teaching method. In T. Employer, A. Caldarone, A. Fusinetti (a cura di). *3D Modeling & BIM 2024 – Nuove evoluzioni*. Roma, 11-12 April 2024, pp. 224-239. Roma: DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile.
- Seyis, S., Ozkan, S. (2024). Benefits and challenges of implementing the common data environments in the construction phase of BIM-based projects. In *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(8). <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.CO-ENG-14133>.
- Wahbeh, W. (2011). *Architectural Digital Photogrammetry. Panoramic Image-based Interactive Modelling*. Tesi di dottorato di ricerca in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, tutor L. Paris. Sapienza Università di Roma.
- Wahbeh, W., Nebiker, S., Fangi, G. (2016). Combining public domain and professional panoramic imagery for the accurate and dense 3D reconstruction of the destroyed Bel Temple in Palmyra. In *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, n. III-5, pp. 81-88. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-III-5-81-2016>.

Autori

Maria Laura Rossi, Sapienza Università di Roma, marialaura.rossi@uniroma1.it
Leonardo Paris, Sapienza Università di Roma, leonardo.paris@uniroma1.it
Giorgia Cipriani, Sapienza Università di Roma, giorgia.cipriani@uniroma1.it

Per citare questo capitolo: Maria Laura Rossi, Leonardo Paris, Giorgia Cipriani (2025). Sequenze video di panorami sferici 360° per l'implementazione di modelli informativi in ambiente BIM/HBIM. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *ekphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ekphrasis. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3283-3302. DOI: 10.3280/oa-1430-c925.

360° Spherical Panorama Video Sequence for the Implementation of the Information Models in BIM/HBIM Environment

Maria Laura Rossi
Leonardo Paris
Giorgia Cipriani

Abstract

The use of spherical panoramas for architectural and urban representation has intensified in recent years thanks to the ability to recreate virtual environments in highly immersive ways for the user. Of particular interest is the possibility of biunivocally relating spherical panoramas assembled in a 360° video sequence with geometric models. Especially in the context of BIM processes, Reality Capture technology has been developed by some cloud data sharing platforms, in order to monitor the progress of work in the construction phase and produce visual documentation accessible remotely. This potential allows for the identification of any non-conformities between the project and the progress of the works and, in general, contributes to the transparency of the building life cycle management process. The study presented declines these procedures in the HBIM field in order to increase the information capacity of a parametric model that struggles to find the right balance between Level of Development and Level of Information Need. In particular, the use of navigable spherical panoramas associated with necessarily simplified geometries can help in the reading of a stratified historical context and testify to its state of conservation.

Keywords

Spherical panoramas, CDE, BIM/HBIM, construction site monitoring.

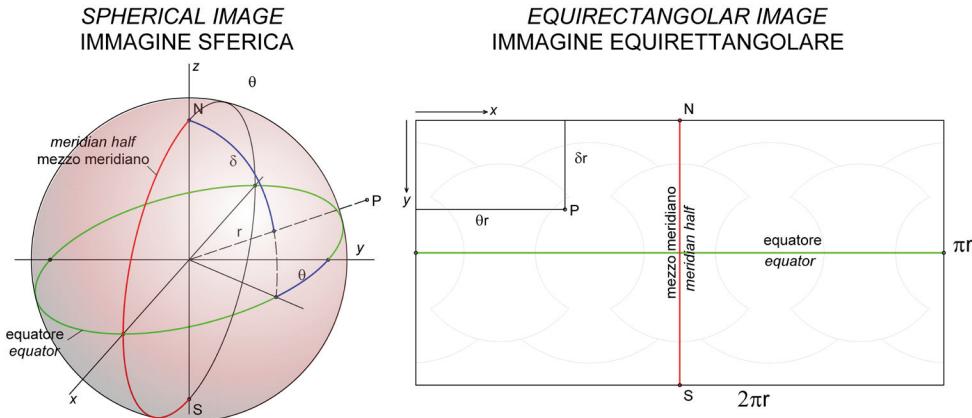


Spherical panorama
acquired during dynamic
reality capture procedure
of the cloister of the
Faculty of Engineering in
San Pietro in Vincoli, Rome.

Introduction

The use of spherical panoramas for architectural and urban representation has seen a strong increase in recent years due to both the development of cameras and the implementation of software and applications capable of managing this particular type of image. The spherical panorama has the particularity of being able to recreate an environment –existing or virtual– that is highly immersive when compared to a single image or a sequence of flat images. The communicative effectiveness lies in the dynamic component of managing a so-called equirectangular image obtained by numerical transformation of a spherical surface on a plane. This procedure is a typical prerogative of digital since, as is known, the spherical surface in Euclidean terms is not a developable surface. If the sphere is associated with the terrestrial globe in the equirectangular image, the horizontal median axis corresponds to the development of the equatorial circumference, the vertical lines correspond to the development of the infinite semimeridians; therefore the smaller side is always half of the larger side and the two upper and lower sides each correspond to the image of a point, the north pole and the south pole (fig. 1).

Fig. 1. Correspondence between the polar coordinate system of the spherical panorama and the Cartesian coordinate system of the equirectangular image. In this type of numerical transformation, the long sides of the rectangle correspond to the north pole and the south pole of the spherical system (image by the authors).



This type of numerical, non-projective transformation results in an image –obtained by stitching multiple single images– that is very deformed and that in visualization software is converted into a dynamic image, that is, into the actual spherical panorama (fig. 2). The greater diffusion of this type of image is undoubtedly due to Google Maps, which has mapped –and continues to map with continuous updates– all the anthropic areas of the planet.

Beyond its purely communicative function, its photogrammetric value has also been tested in some studies when it is possible to determine the projective relations between the

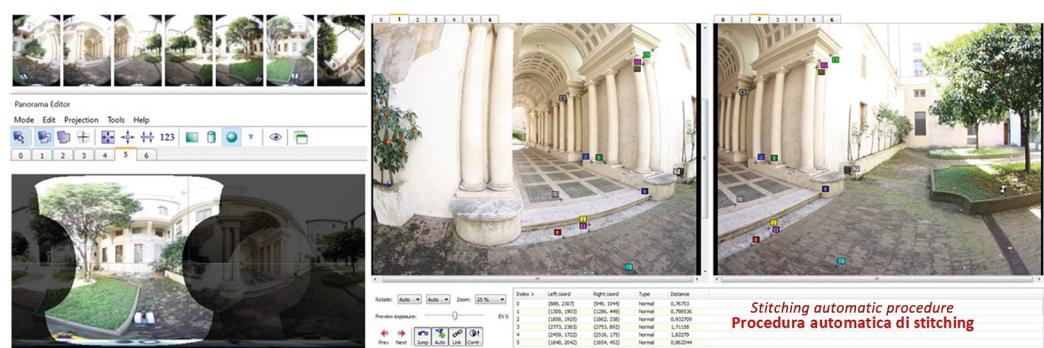


Fig. 2. Stitching procedure of 7 images acquired with Nodal Ninja manual panoramic head, Sigma fisheye lens with 13 mm focal length and 175° FoV and processed with PTGui (image by the authors).

panorama and the environment that describes it (fig. 3) [Fangi, Pierdica 2012; Fangi 2017; Wahbeh 2011; Wahbeh et al. 2016].

From the same Google Maps panorama, under certain conditions, metric information can be extracted for the survey and 3D modeling of specific urban and architectural contexts

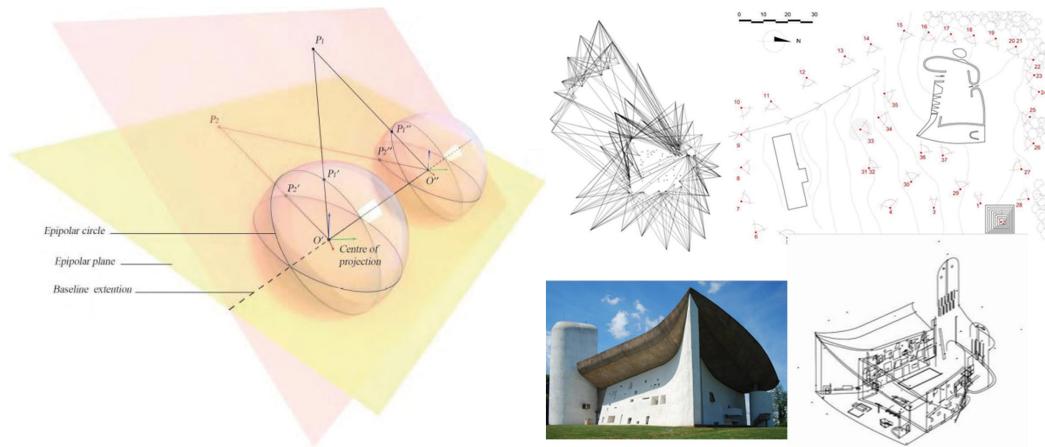


Fig. 3. Epipolar geometry of correlation between two spherical panoramas. Application of spherical photogrammetry by Gabriele Fangi (Fangi, 2017) of Notre Dame du Haut, Ronchamp.

[Calvano et al. 2017; Paris et al. 2017]. This allows us to draw on very important documentary sources in the case, for example, of natural or war disasters that often irreversibly alter entire cities, towns, villages, cultural assets of high historical value [Calvano, Guadagnoli 2016] (fig. 4). There are numerous other applications, always in the field of surveying, such as that related to gigapixel images capable of returning extremely detailed information. Common

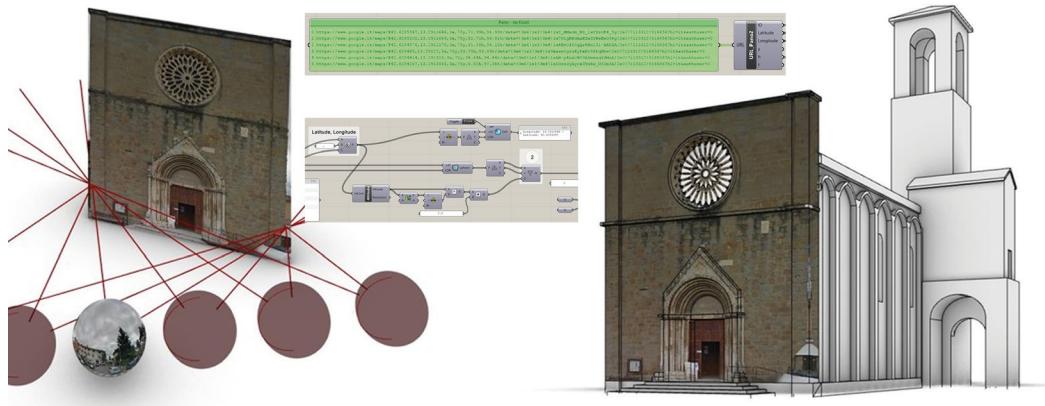


Fig. 4. Application of digital survey from Google spherical panoramas of the Church of Sant'Agostino in Amatrice acquired after the earthquake that hit central Italy in 2016. By Michele Calvano [Calvano et al. 2017].

terrestrial laser scanners are equipped with a camera (or cameras) capable of returning the spherical panorama corresponding to the point cloud, thus being able to associate each point, in addition to the coordinates and the reflectance value, also the corresponding RGB color data.

A more recent application of spherical panorama to surveying is the one included in the mobile scanner acquisition technology with SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) technology to which a video sequence of 360° images is connected, always with the aim of associating the color data to the coordinates of the points in the cloud.

While in the case of the TLS (Terrestrial Laser Scanner) the equirectangular image is already instrumentally aligned to the point cloud, in the mobile scanner the video sequence

of 360° images is defined by the acquisition trajectory and also by the speed of movement. The images accompanying a mobile scanner shot are obviously of lower quality than those of a TLS but there is no doubt that the exponential growth of the recording and calculation capacity of digital technology will be able to reduce this gap in a short time. A recent 360° video application analyzed in relation to its ability to refer to 3D geometric models, whether they are point clouds or continuous numerical or mathematical models, is the one object of this study and refers to an application developed within a BIM-type information model sharing platform.

Open BIM Platforms and Reality Capture for construction site monitoring

The mandatory nature of BIM has been gradually introduced by our legislative system [1], lowering the economic value threshold year by year to two million euros starting from 1 January 2025. The Italian legislation, in line with the ISO standard on information management of construction and the national UNI annex [2], provides for an interdisciplinary and interoperable approach with the use of processes and applications according to a workflow that operates entirely in a digital environment of organized and shared collection of data in non-proprietary formats [Abanda *et al.* 2025, pp. 4-7]. A fundamental prerequisite for digitalization operations is the implementation of measures and strategies based on collaboration, sharing and synchronous integration of information so as to be able to manage the entire life cycle of the building, from the design phase to that of construction, use, demolition, disposal and recycling. [Paris, Rossi 2024, pp. 226-228].

The regulatory obligation requires that the professional in the construction sector is able to compete in this 'new' world of construction, not only from the point of view of technical and cultural skills but also, and perhaps above all, in terms of digital structure to support the entire process. To meet this need, a parallel market has developed: open cloud platforms, designed both to perform the role of cold storage of heterogeneous data (raster, vector data, textual data, discontinuous and continuous 3D models, etc.), and as a dynamic interactive digital environment [Paris, Rossi 2024; Di Filippo *et al.* 2024; Musella *et al.* 2021]. These platforms are an example of what the regulation defines as ACDat [3], allowing users to access information in real time and work simultaneously on the same digital object, improving data coherence and reducing interdisciplinary interference [Seyis, Ozkan 2024, pp. 8-11].

The urgency for professionals to adapt to new operational policies is generating a response in terms of technical and technological advancement never experienced before and new tools are proposed day by day to optimize each phase of the process. Particular attention is paid to the construction phase, its programming and monitoring: Reality Capture technology, for example, is one of the latest innovations introduced by some of the most performing open BIM platforms on the market.

Visual documentation is proposed for project management on the construction site through a dynamic shooting of the context with a 360° video camera mounted on the operator's helmet, which simply signals its position in the digital space and explores the real space. The operator's progress in the phenomenal reality is translated by the app dedicated to the ACDat, connected to the video camera, into a twin digital path. This is automatically oriented starting from the position reported within the BIM model present on the platform and visible on the two-dimensional projections extracted from the model itself. The digital solution not only identifies the path taken, but converts the video footage into a series of detailed panoramic images accessible remotely along the route (fig. 5).

It therefore becomes possible to carry out an inspection on the construction site by navigating within the digital model, and contextually compare, with corresponding and coinciding dynamic points of view, the informative geometric aspect of the model under construction with the photographic aspect of the built space.

This technology allows for an innovative work methodological setting that certainly brings some benefits: the reduction of on-site inspections and related work interruptions during visits; the comparison between the progress of construction and the BIM project; the im-

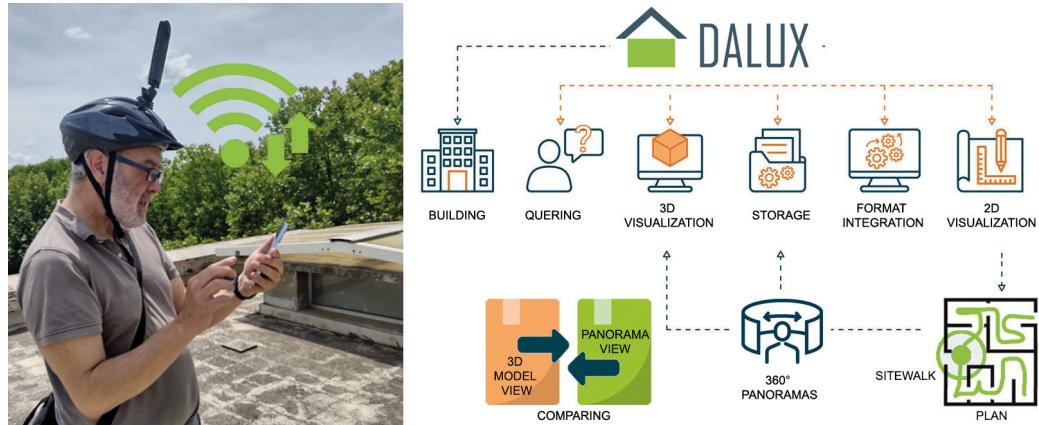


Fig. 5. Procedural scheme of the Reality Capture mode of Dalux through the connection between the 360° camera positioned on the operator's helmet and the loaded BIM model. Use of the ACDat Dalux as cold/hot storage of heterogeneous data and implementation of the same through the acquisition and comparison of panoramic images oriented in the model (image by the authors).

mediate recognition of any non-conformities with a constant interrelation between the photographic and metric-geometric aspects.

The recordings can be repeated with regular and periodic cadences, thus obtaining a dated visual trace of the progress of the works, and collecting an as-built in progress documentation that allows to certify the completion of structures and installations that will be hidden at the end of construction. The path and the geolocalized images in the model offer more fluid workflows also from the point of view of the coordination of the work team and in reporting any problems encountered to the responsible users: it is possible to open a task directly on the panoramic photo, dual of the model, and address the modification request, the methods and timing within which this must be carried out (fig. 6). In order to test the potential of consolidated survey techniques –such as, precisely, the acquisition of spherical panoramas— applied in innovative contexts of digitalization of building artefacts, not only of new construction but also in terms of existing heritage, an open BIM platform was identified that, among the various functions, had the Reality Capture technology. The study focused on some environments of the historical headquarters of the Faculty of Civil and Industrial Engineering in via Eudossiana in Rome, with the aim of producing a visual documentation of the state of the places to accompany an HBIM model [4] which, especially in cases involving stratified historical artefacts such as the one under examination, is difficult to be exhaustive and accurate both from the point of view of the level of geometric detail, and with regard to the surface finishing materials and the relative state of conservation.

SiteWalks at San Pietro in Vincoli

The experimentation conducted on the building in via Eudossiana involved, preliminarily, the loading of the HBIM model provided by the Building Management Area of Sapienza

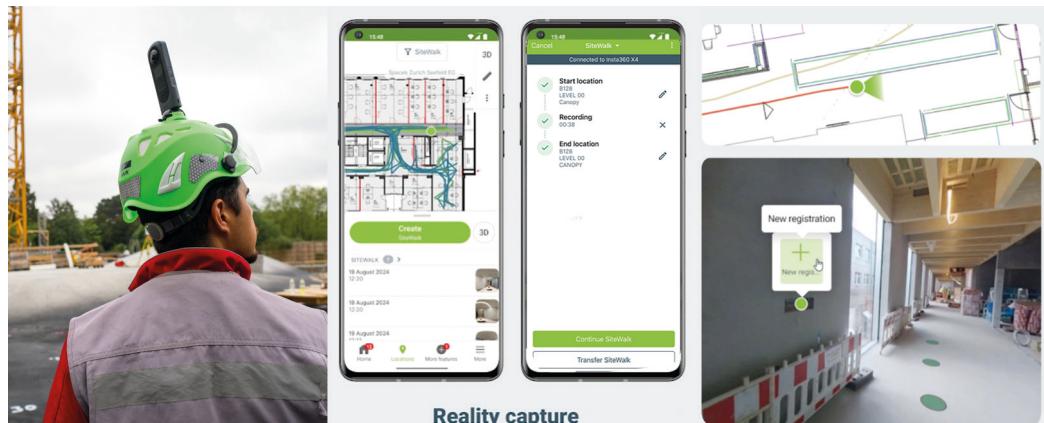


Fig. 6. Reality Capture operating mode with a one-to-one relationship between the graphic output and the photographic view with the possibility of assigning specific tasks (source: <https://www.dalux.com/it/sitewalk/>).

University of Rome into the designated ACDat Dalux [5]. The project also loaded the numerical model from the integrated TLS and photogrammetric digital survey, perfectly superimposable on the mathematical model thanks to the sharing between the two of the same georeferenced reference system with absolute coordinates, so as to have knowledge of the metric-geometric accuracy of the model on which to base the subsequent acquisitions.

The recordings concerned the common areas of the faculty; in particular, this study reports the results of the processing conducted outside the main entrance, in the raised covered atrium and in the ancient cloister. The three settings are located at different heights: the entrance is at street level 0.00 m; the covered atrium is a filter area located on the raised floor at an altitude of 3.67 m; the cloister is at an altitude of 5.36 m.

The Reality Capture mode available in the Dalux platform provides for the acquisition of so-called SiteWalks [6]. A preliminary condition for their acquisition is the geolocalization of the operator within the BIM model, which occurs by manually specifying the initial and final position on two-dimensional plan views accessible from the application on the mobile device. When loading the model onto the platform, it is possible to integrate the native graphic documents accompanying it –elevations, sections and plan views corresponding to the main altimetric references of the floor– but for particular visualization needs, such as in the case of environments present at altitudes other than the main ones, it is possible to extract specific horizontal sections from the model directly into the ACDat, without necessarily operating on the source file (fig. 7).

Starting from the position declared by the operator, the path is automatically oriented and traced in the digital environment thanks to an intelligent recognition system of the photographed objects, based substantially on the alternating presence of full and empty geometries, continuous and isolated, horizontal or vertical, etc.



Fig. 7. CDE by Dalux where it is possible to manipulate the BIM model and the related superimposed survey data by sectioning at different levels than those set in the proprietary software (image by the authors; models provided by AGE Sapienza).

The operator, once the mobile device is connected to the internal Wi-Fi of the camera [7] mounted on the helmet, proceeds to the acquisitions of the SiteWalks from the Dalux application. For a successful SiteWalk, it is advisable to use some precautions: keep the recording within a time frame of at least 15 seconds and a maximum of 6 minutes with a calm and constant pace, without sudden movements; explore the space with different paths and in different directions so as to facilitate the self-orientation of the panoramas in the digital environment and the self-recognition of the geometries; record in conditions of diffused brightness; avoid excessive changes in height [8] by limiting the recordings to environments that are perfectly represented in a single graphic plan. The three acquisitions planned for the experimentation followed substantially different approaches in favor of the different spatialities: on the external front, an almost linear path was carried out due to the small road section, which repeats the same path in both directions along the direction of via Eudossiana, for a total length of approximately 60 meters with the

processing of 84 panoramic images in 3 minutes and 22 seconds (fig. 8); the cloister, which due to its size cannot be covered twice with the same path in the time limit of 6 minutes, was covered with a 'zig-zag' pace along the 4 sides of the portico, with two deviations towards the central part for the acquisition of the sculptural elements, with the processing of 146 panoramas in 5 minutes and 50 seconds (fig. 9); the atrium was explored with a 'figure 8' path, which avoided repeating one's steps and directed the camera along different trajectories, with the processing of 35 panoramas in 1 min and 24 sec (fig. 10).

The acquisitions, automatically transferred to the platform, can be viewed either in continuous playback or individually, and navigated in comparative mode with the BIM model (fig. 11). It is possible to download them and manage the panoramas in other applications for other purposes, making the entire process fluid and open to different uses.



Fig. 8. On the left, panoramic video acquisition path of the main front along via Eudossiana; on the right, panoramic view no. 46/84 (image by the authors).

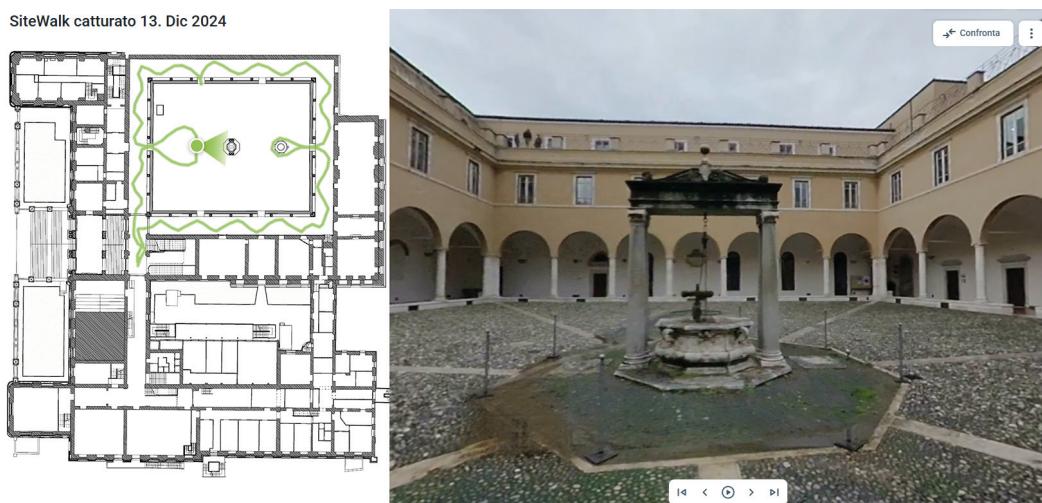


Fig. 9. On the left, panoramic video acquisition path of the cloister on the first floor; on the right, panoramic view no. 108/146 (image by the authors).

The three experiments confirmed the possibility of being able to adapt the operator's path to the characteristics of the spaces to be surveyed, without compromising the quality of the information collected: the self-orientation of the spherical panoramas on the model produced satisfactory results for all the SiteWalks both in open and confined environments, paths both with repetition of one's steps and not. In the latter case, some extra attention must be paid to that fundamental phase of every survey operation which is the capture project. In fact, to compensate for the reduced number of panoramas –and therefore of

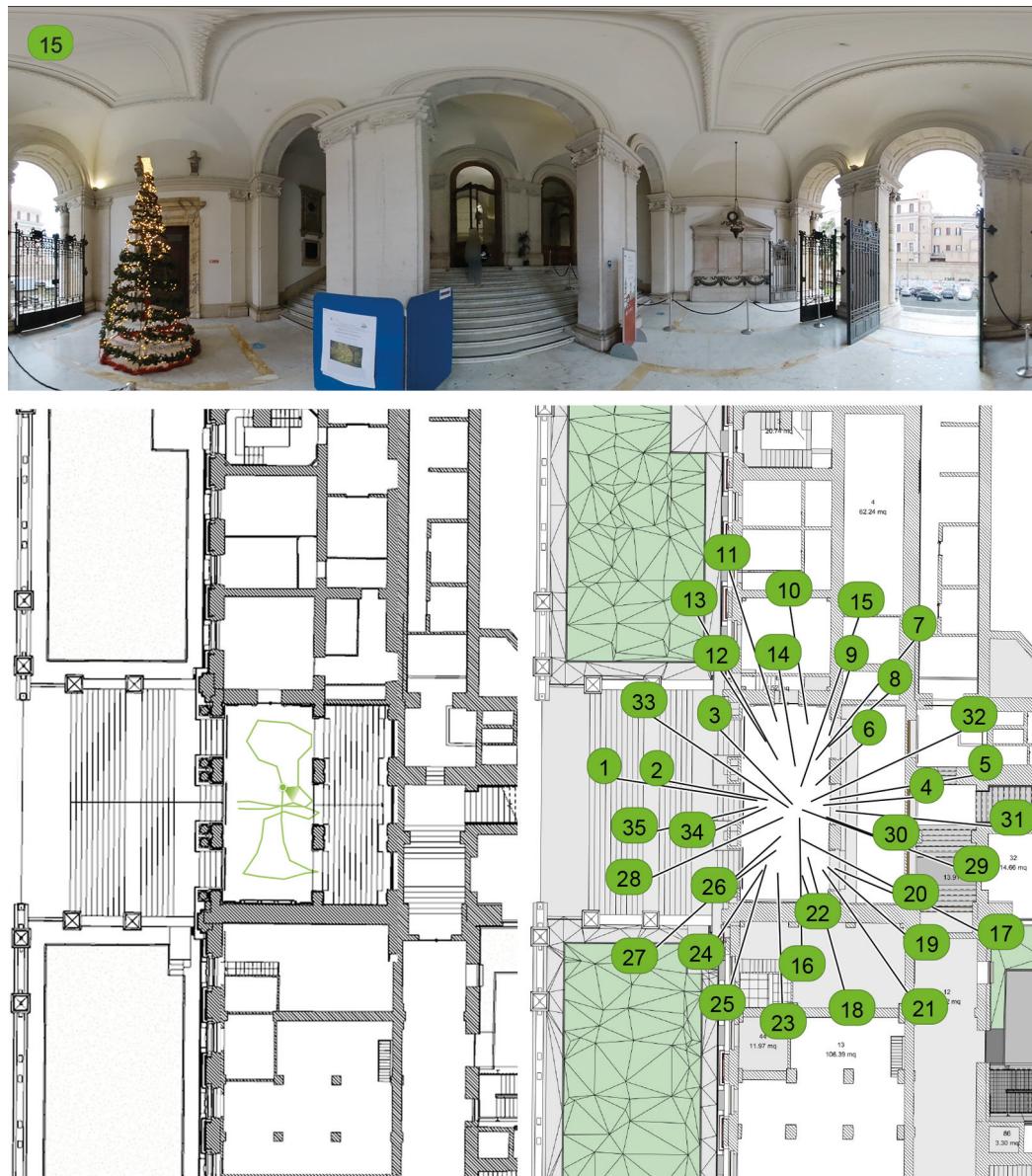


Fig. 10. Video-panoramic acquisition path on the mezzanine floor in the entrance hall. Top: equirectangular image no. 15; left, indication of the panorama along the path in the plan view; right: position of the center of capture of each spherical panorama in a horizontal view from a 3D model (image by the authors).



Fig. 11. Comparative view: on the left, the information model and the related query of geometries and parameters; on the right, the corresponding panoramic photographic view (image by the authors).

visual data— obtainable in a given area with a single path compared to those that would be obtained with a repeated path, the operator must preliminarily evaluate the fundamental capture points that will have to be part of the acquisition path and, at the same time, plan it as detailed as possible to facilitate its self-tracking in the model.

Conclusions

The experiment conducted on the building of the Faculty of Engineering of Rome in via Eudossiana has highlighted the potential of implementing information models in an HBIM environment by managing to combine within a data sharing platform, and therefore in the same shared and interoperable digital environment, geometric information with a sequence of 360° photographic acquisitions. It was therefore possible to test the effectiveness of a continuous photographic recording method based on the management and control of a bidirectional flow of information in real-time.

The biunivocity between the parametric characteristics of form and content, and the qualities linked to the state of conservation of the matter or, more generally, to the state of places in a given moment in time, brings into play a real ekphrastic behavior. The descriptive discourse of real space is effectively transposed into a digital environment by exploiting the potential of visual representation to which various narrative functions are attributed. The objective is to characterize and enrich as much as possible the ideal context of the digital model, proving its truthfulness in a narration that tends asymptotically towards reality.

The potential inherent in the use of heterogeneous and innovative technologies, at the service of hybrid methodologies of representation, contribute to articulating a varied narration of reality and, at the same time, a unitary conception of phenomenal space. The possible research developments are therefore noteworthy, not only for the possibility of characterizing surfaces - especially if applied in existing contexts of value - but also for the development of Digital Twin models with the purpose of diachronic monitoring for the protection, recovery and valorization of cultural heritage.

Notes

[1] New Public Procurement Code, D.Lgs 36/2023

[2] ISO 19650 Series - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling; UNI 11337-5:2017 - Digital management of construction information processes - Part 5: Information flows, roles, and requirements for information management.

[3] Common Data Environment (UNI EN ISO 19650-1:2019).

[4] Sapienza University of Rome, as a Public Administration, faced with the need to equip itself with tools capable of fulfilling legal obligations, outsourced the digital surveying and BIM/HBIM modeling of its significant and extensive real estate portfolio to external companies between 2021 and 2023. This process took place alongside the definition of quality and application standards, which were incorporated into the Sapienza Protocol. Initially academic and research-oriented (Scientific Coordinator: Prof. Carlo Bianchini), the protocol has now been officially adopted by the Sapienza Building Management Area for digital information management in service and construction contracts concerning the university's real estate.

[5] CDE by the developer Dalux, structured into modules (Dalux Box, Dalux Field, etc.): <https://www.dalux.com>

[6] Integrated function of the Dalux Field module, dedicated to site management: <https://www.dalux.com/it/sitewalk/>

[7] For this experiment, the Ricoh Theta Z1 camera was used with an image resolution of 72ppi and a size of 3840x1920px.

[8] It is not possible to perform recordings on stairs connecting significantly different elevations, such as two floors of a building: since each floor is associated with a specific two-dimensional drawing, the path taken by the camera would face difficulties in achieving a univocal representation.

Reference List

- Abanda, F. H., Balu, B., Adukpo, S. E., Akintola, A. (2025). Decoding ISO 19650 Through Process Modelling for Information Management and Stakeholder Communication in BIM. In *Buildings*, 15(3), 431. <https://doi.org/10.3390/buildings15030431>.
- Calvano, M., Guadagnoli, F. (2016). Ricostruzione 3D della città di Amatrice. Una operazione di 'Instant Modeling'. In *DISEGNA-RECON*, n. 9(17), pp. 1-7. <https://disegnarecon.univaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/view/222>.
- Calvano, M., Leonardo, P., Casale, A. (2017). Web Base Modeling. Google's Imagery to Draw Landscape. In *International Journal of Landscape Architecture Research*, n. 1(1), pp. 40-48. <https://www.ijlar.org/index.php/ijlar/article/view/124>.
- Di Filippo, A., Limongiello, M., Barba, S., (2024). Palantir-BIM: a BIM Oriented Platform for the Documentation of Architectural Heritage. In T. Employer, A. Caldarone, A. Fusinetti (a cura di). *3D Modeling & BIM 2024 – Nuove evoluzioni*. Roma, 11-12 April 2024, pp. 26-37. Roma: DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile.
- Ente italiano di normazione UNI. UNI 11337-5:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati.
- Fangi, G., Pierdicca, R. (2012). Notre Dame Du Haut by Spherical Photogrammetry Integrated by Point Cloud Generated by Multi-View Software. In *International Journal of Heritage in the Digital Era*, n. 1(3), pp. 461–479. <https://doi.org/10.1260/2047-4970.1.3.4>.
- Fangi, G. (2017). *The book of spherical photogrammetry*. Edizioni accademiche italiane. <https://my.edizioni-ai.com/catalog/details/store/it/book/978-620-2-08717-9/the-book-of-spherical-photogrammetry>.
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. Nuovo codice degli appalti pubblici. D.Lgs 36/2023. Serie Generale N. 79 del 4 aprile 2023.
- Musella, C., Serra, M., Salzano, A., Menna, C., Asprone, D. (2021). H-BIM – Innovative and Digital Tools to Improve the Management of the Existing Buildings. In Vayas, I., Mazzolani, F. M. (a cura di). *Protection of Historical Constructions Proceedings of PROHITECH 2021. 4th International Conference on Protection of Historical Constructions*. Athens, 25-27 October 2021, pp 1256-1267. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90788-4_97
- Organizzazione internazionale per la normazione ISO. Serie ISO 19650 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling.
- Paris, L., Calvano, M., Nardinocchi, C. (2017). Web Spherical Panorama for Cultural Heritage 3D Modeling. In M. Ceccarelli, M. Cigola, G. Recinto (a cura di). *New Activities for Cultural Heritage. Proceedings of the International Conference HeritageBot 2017*. Cassino, september 2017, pp. 182-189. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67026-3_20.
- Paris, L., Rossi, M. L. (2024). Data sharing & interoperability. A teaching method. In T. Employer, A. Caldarone, A. Fusinetti (a cura di). *3D Modeling & BIM 2024 – Nuove evoluzioni*. Roma, 11-12 April 2024, pp. 224-239. Roma: DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile.
- Seyis, S., Ozkan, S. (2024). Benefits and challenges of implementing the common data environments in the construction phase of BIM-based projects. In *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(8). <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.CO-ENG-14133>.
- Wahbeh, W. (2011). *Architectural Digital Photogrammetry. Panoramic Image-based Interactive Modelling*. Tesi di dottorato di ricerca in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, tutor L. Paris. Sapienza Università di Roma.
- Wahbeh, W., Nebiker, S., Fangi, G. (2016). Combining public domain and professional panoramic imagery for the accurate and dense 3D reconstruction of the destroyed Bel Temple in Palmyra. In *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, n. III-5, pp. 81-88. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-III-5-81-2016>.

Authors

Maria Laura Rossi, Sapienza University of Rome, marialaura.rossi@uniroma1.it
Leonardo Paris, Sapienza University of Rome, leonardo.paris@uniroma1.it
Giorgia Cipriani, Sapienza University of Rome, giorgia.cipriani@uniroma1.it

To cite this chapter: Maria Laura Rossi, Leonardo Paris, Giorgia Cipriani (2025). 360° spherical panorama video sequences for the implementation of information models in BIM/HBIM environment. In L. Carlevaris et al. (Eds.). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3283-3302. DOI: 10.3280/oa-1430-c925.