

Misura e rappresentazione di un patrimonio storico-architettonico perduto: l'arcipelago lagunare veneziano

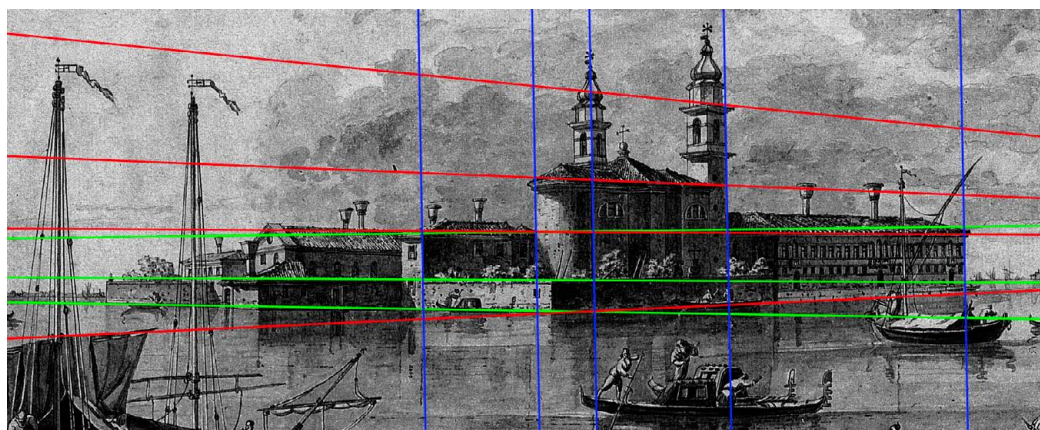
Federico Panarotto

Abstract

Venice's Nissology (VeNiss) è un progetto di ricerca ERC multi-universitario (che coinvolge le università di Padova, Firenze e Harvard) che mira a rappresentare il patrimonio architettonico della laguna di Venezia attraverso una mappa web 3D interattiva dove gli utenti possono esplorare virtualmente questi luoghi e le loro trasformazioni nel tempo, dal Cinquecento a oggi. La rappresentazione storico-virtuale degli insediamenti, realizzata sfruttando la metodologia HBIM (Historic Building Information Modeling), prevede l'utilizzo di una vasta mole di documentazione iconografica. L'utilizzo di planimetrie storiche, mappe, sezioni e prospetti è di cruciale importanza e la quantità di documentazione reperita è, in molti casi, sufficiente a rappresentare la totalità del contesto architettonico preso in esame. Spesso questi elaborati sono di difficile reperimento ed è quindi necessario fare riferimento ad altre tipologie di documentazione come incisioni, vedute prospettiche, opere pittoriche e fotografie che, se opportunamente elaborate, possono restituire indicazioni dimensionali rigorose e affidabili. Il contributo presenta una serie di risultati relativi all'approccio utilizzato al fine di ottenere dati dimensionali, utili alla ricostruzione digitale delle trasformazioni storiche, sfruttando principalmente scatti fotografici analogici. Il metodo descritto si avvale della restituzione monoculare assistita e l'utilizzo di un'ambiente di condivisione di dati necessario per la validazione dei risultati ottenuti.

Parole chiave

HBIM, ricostruzione virtuale, restituzione prospettica, immagini storiche, orientamento fotocamera



Individuazione delle rette di fuga in una veduta prospettica raffigurante l'isola di San Servolo a Venezia. Francesco Tironi, 1779 (Museum Boijmans Van Beuningen). Elaborazione dell'autore.

Introduzione

Il lavoro proposto è parte integrante di un progetto che mira a descrivere digitalmente il cambiamento urbano e architettonico di oltre trenta isole che fanno parte dell'arcipelago lagunare di Venezia attraverso modelli virtuali 3D prodotti con la metodologia HBIM (Historic Building Information Modeling). L'obiettivo è di rappresentare gli insediamenti insulari attraverso una mappa web 3D interattiva accessibile a studiosi e al grande pubblico. Si tratta di un'infrastruttura semantica geo-spaziale che, come una sorta di servizio internet geografico storico, consente un viaggio nel tempo e nello spazio per scoprire e visualizzare le storie stratificate delle antiche isole lagunari [Galeazzo 2022; Galeazzo 2024].

I modelli virtuali creati tramite la pratica HBIM sono di cruciale importanza nel processo di realizzazione della piattaforma semantica. Tipicamente questa pratica inizia con la raccolta remota dei dati di rilievo relativi all'edificio esistente e si costituisce come un processo di *reverse engineering* il cui risultato è la produzione di modelli 3D informatizzati [Murphy et al. 2009, p. 325]. Questa metodologia è stata ampiamente utilizzata nel corso degli ultimi anni, cambiando l'approccio metodologico e influenzando le operazioni di documentazione e monitoraggio dei beni culturali [Diara 2022, p. 1]. Per sua natura un prodotto BIM è un modello geometrico al quale viene collegato un database relazionale e, ai fini di questo progetto, associata una documentazione storica [Bevilacqua et al. 2022; Giordano et al. 2023]. Inoltre, in una tipica piattaforma di modellazione BIM [1] si ha la capacità di assegnare un parametro temporale di costruzione e di demolizione ad ogni singolo oggetto (*bim object*), funzionalità indispensabile quando ci si riferisce ad architetture che abbiano subito eventi distruttivi di diversa natura [Gros et al. 2023]. Ad oggi, il team di ricerca si è concentrato principalmente su due isole dell'arcipelago: San Servolo e il Lazzaretto Vecchio che costituiscono gli studi pilota per la verifica, ed eventuale modifica puntuale, del processo intrapreso. Sfruttando la metodologia HBIM e integrandola con specifici processi rivolti ai casi studio, la realizzazione dei modelli 3D ha previsto le seguenti fasi: realizzazione del modello relativo allo stato di fatto; integrazione nel modello dei dati storici; modellazione delle fasi storiche e attribuzione dei parametri temporali.

Il modello 3D dello stato di fatto di un insediamento viene generato utilizzando come dati di input rilievi esistenti oppure ottenuti attraverso nuove campagne di rilevamento. Nel primo caso la documentazione è costituita in larga parte da planimetrie generali, piante, prospetti e sezioni. Nel secondo i nuovi rilievi digitali restituiscono principalmente nuvole di punti geo-riferite che, opportunamente elaborate, permettono la creazione di modelli BIM utilizzando la procedura standard dello Scan to BIM [Banfi 2020].

Il processo di modellazione delle fasi storiche prevede un lavoro a ritroso nel tempo che parte dallo stato di fatto e permette di modellare le trasformazioni architettoniche di lungo periodo col supporto della documentazione storica. Questa è costituita principalmente da fonti testuali (primarie e secondarie [2]) e iconografiche (mappe a grande scala, disegni di dettaglio, vedute e fotografie). L'utilizzo di planimetrie storiche è di fondamentale importanza e, spesso, la quantità di documentazione reperita è sufficiente a rappresentare l'intero contesto architettonico. Sezioni e prospetti sono altrettanto cruciali per individuare dati altimetrici necessari allo sviluppo dei modelli 3D. Se posizionati in modo opportuno – mediante traslazione, rotazione e variazione di scala – all'interno dello spazio 3D, possono essere utilizzati come riferimento per determinare sia l'altezza degli edifici e degli interpiani, sia per la posizione e l'altezza delle forometrie (fig. 1). Spesso questi elaborati, però, soprattutto per contesti periferici rispetto al centro cittadino, sono di difficile reperimento ed è quindi necessario fare riferimento a un'altra tipologia di documentazione e, nello specifico, a incisioni, vedute prospettiche, opere pittoriche e fotografie. Se opportunamente elaborate, anche queste fonti possono restituire indicazioni dimensionali rigorose e affidabili.

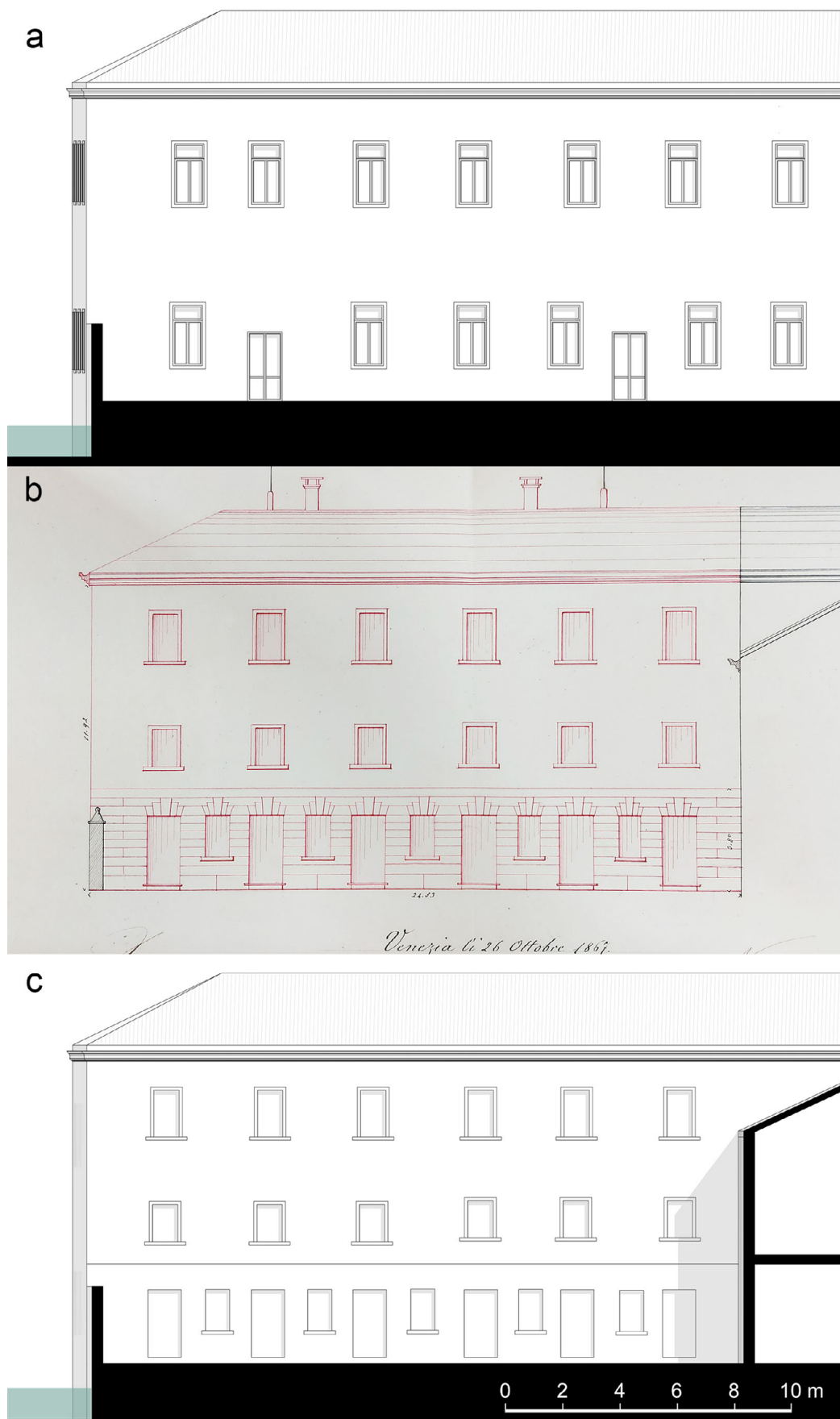


Fig. 1. Elaborazione mediante l'utilizzo di un prospetto storico: a) prospetto attuale; b) posizionamento della risorsa iconografica; c) prospetto raffigurante la conformazione dell'edificio nel 1867. Elaborazione dell'autore.

Misurare l'iconografia storica

La maggior parte della documentazione è costituita da immagini fotografiche risalenti all'inizio del XX secolo. Un numero considerevole di istituti stanno infatti realizzando e mettendo a disposizione archivi fotografici digitali accessibili direttamente su piattaforme online [Bruschke et al. 2017]. C'è una crescente necessità di organizzare questi materiali collocando le immagini non solo temporalmente ma anche spazialmente in strutture digitali chiamate comunemente 4D [Maiwald et al. 2023; Schindler, Dellaert 2012]. Mentre il posizionamento nel tempo è rappresentato da un parametro peculiare, quello spaziale risulta più complesso perché connesso alla presenza di riferimenti architettonici ancora esistenti o, più generalmente, alla quantità di fotografie che rappresentano il medesimo soggetto. Se il numero di immagini è considerevole, esistono diverse strategie per riuscire a ricavare dati spaziali, come la tecnica della fotogrammetria [Remondino et al. 2011] oppure della SfM (Structure from Motion) [Hartley, Zisserman 2004; Maybank 1993].

La notevole quantità di fotografie storiche – ma non tali da giustificare l'utilizzo di uno dei sistemi menzionati – ha suggerito l'utilizzo del metodo di restituzione da un'unica immagine che sfrutta un approccio monoculare, sviluppato, fra i primi, dal francese Aimée Laussedat nella seconda metà XIX secolo [3]. L'impianto prospettico di una fotografia è rigoroso e, attraverso apposite elaborazioni, esso permette di individuare i dati necessari alla collocazione spaziale della fotografia. Questi derivano dalle fasi tipiche dei procedimenti fotogrammetrici: l'orientamento interno ed assoluto del fotogramma [Fallavollita et al. 2013]. Il primo consiste nel determinare la posizione del centro di proiezione rispetto al fotogramma, ovvero il punto principale e la lunghezza focale. L'orientamento assoluto, invece, determina la posizione, nello spazio e rispetto ai volumi esistenti, del fotogramma e del centro di proiezione al momento della ripresa prospettica [Monteleone, Giordano 2019]. Quando si utilizzano tecniche di restituzione prospettica a partire da immagini d'archivio, una condizione necessaria per l'orientamento assoluto è che l'immagine mostri un edificio demolito assieme a fabbricati ancora esistenti oppure che una porzione del manufatto sia ancora esistente [Agnello et al. 2023, p. 45]. Questa circostanza è indispensabile e permette l'orientamento assoluto inserendo il sistema di coordinate, utilizzato per l'orientamento interno, nella medesima posizione e con lo stesso orientamento in un punto noto dello spazio 3D.

Per il processo di orientamento interno si è optato per la sperimentazione della restituzione e ricostruzione monoculare assistita utilizzando il software fSpy [4]. Questo strumento freeware permette il calcolo dei due orientamenti tramite l'individuazione di linee ortogonali nel fotogramma. Il software necessita però di particolari accorgimenti:

1. Utilizzando i punti di fuga per stimare i parametri della fotocamera, maggiore è l'angolo tra i due segmenti di linea individuati nel fotogramma – paralleli nello spazio 3D – maggiore sarà la precisione;
2. Si presuppone che i punti di fuga corrispondano a direzioni perpendicolari nello spazio 3D, ovvero ad angolo retto;
3. Funziona solo con immagini prospettiche risultanti da un processo simile a una fotocamera stenopeica e deve essere nota almeno una misura degli oggetti rappresentati nella fotografia.

Per validare la precisione dei risultati ottenuti è stata utilizzata una fotografia adoperata precedentemente in un lavoro di restituzione prospettica per ricavarne l'orientamento spaziale [Borin et al. 2019]. Come punto di posizionamento del sistema di coordinate all'interno del software si è fatto ricorso al procedimento precedente e alla stessa misura nota, ovvero la lunghezza dell'imposta dell'arco visibile nella figura (fig. 2), pari a 3,48 metri. Questo test ha permesso di confrontare i dati relativi all'orientamento ricavato dall'utilizzo di fSpy con l'orientamento ottenuto mediante la prassi della restituzione prospettica (fig. 3).

In particolare, come si nota nella tabella, il punto principale ricavato dalla nuova procedura non si trova al centro dell'immagine come avveniva nel caso precedente. Ciò può essere dovuto al fatto che la fotografia non sia stata stampata per intero, oppure sia stata tagliata [Agnello et al. 2023; Fallavollita et al. 2013], oppure ancora siano state applicate traslazioni o rotazioni reciproche dell'ottica e della lastra [5] [Agnello 2022].

Successivamente, mediante un apposito add-on che importa i parametri della fotocamera e imposta l'immagine di sfondo nel software Blender; si è proceduto con la realizzazione della modellazione di massima mediante parallelepipedi che costituiscono l'architettura principale del campanile visibile nella fotografia (fig. 2). Importando poi questi solidi nel software di BIM authoring (fig. 4), mantenendo lo stesso sistema di coordinate, si è potuta eseguire una verifica dimensionale per valutare la precisione della modellazione. L'evidenza particolarmente interessante riguarda la differenza fra l'altezza reale e quella stimata con un margine di errore pari a 8 cm cioè al 0,24 % circa del totale [6]. Questo dato è apprezzabile poiché, con questa procedura, si necessita in larga parte la stima di dimensioni altimetriche.

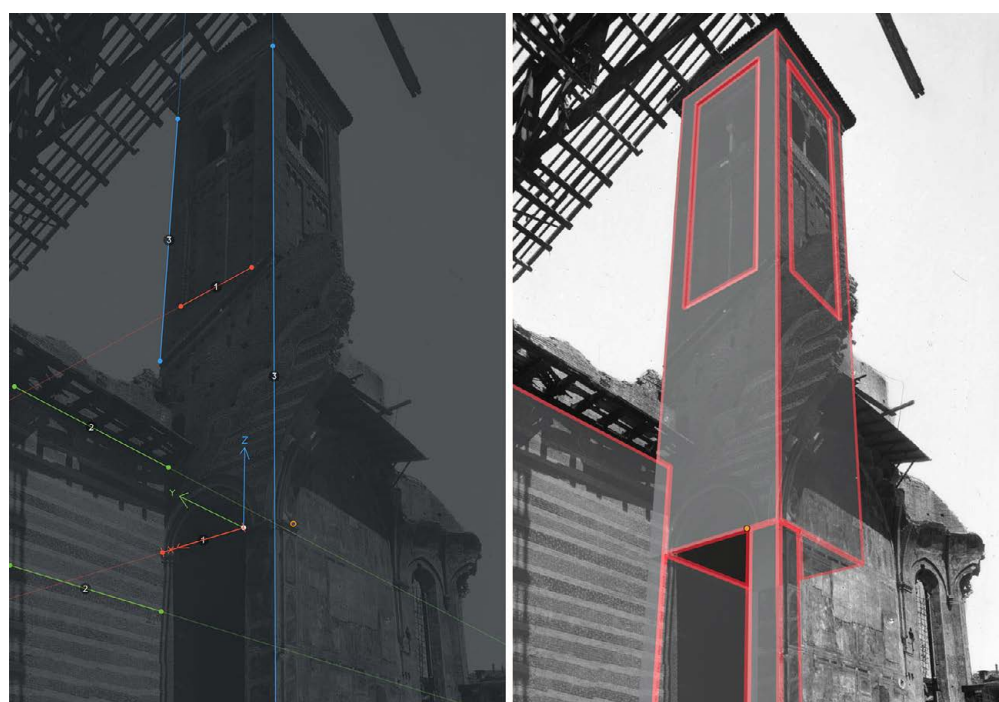


Fig. 2. A sinistra: orientamento interno effettuato nel software fSpy. A destra: modellazione 3D effettuata nel software Blender; Elaborazione dell'autore.

Fig. 3. Confronto dei dati ottenuti con i due metodi. Elaborazione dell'autore.

		x	y	z	Principal point (Relative)		Focal length (mm)
Perspective restitution	Camera position (m)	-12.69	15.46	-8.45	x	y	36.41
	Camera orientation (deg)	113.21	0.82	-144.64	0.5	0.5	
fSpy orientation	Camera position (m)	-13.45	15.73	-8.97	0.57	0.74	36.29
	Camera orientation (deg)	133.28	3.31	-141.09			

I due casi studio

Come descritto, il processo adoperato è composto da tre fasi principali schematizzate nella figura 5: individuazione dei parametri di posizionamento e orientamento della fotografia; acquisizione dei dati e modellazione 3D; importazione dei dati 3D nel software BIM e definizione dei *BIM object*. Questo procedimento è stato utilizzato in diversi casi studio, in particolare si riportano i risultati relativi alla modellazione del campanile del Lazzaretto Vecchio e di un fabbricato non più esistente nell'isola di San Servolo.

Il Lazzaretto Vecchio si trova a poche centinaia di metri a sud del bacino di San Marco e, come esplicita il toponimo, è stato per lungo tempo sede dell'ospedale destinato all'isolamento dei malati di peste della Repubblica per poi essere utilizzato come magazzino militare nel corso dell'Ottocento. In questo periodo furono abbattute una serie di fabbriche di età

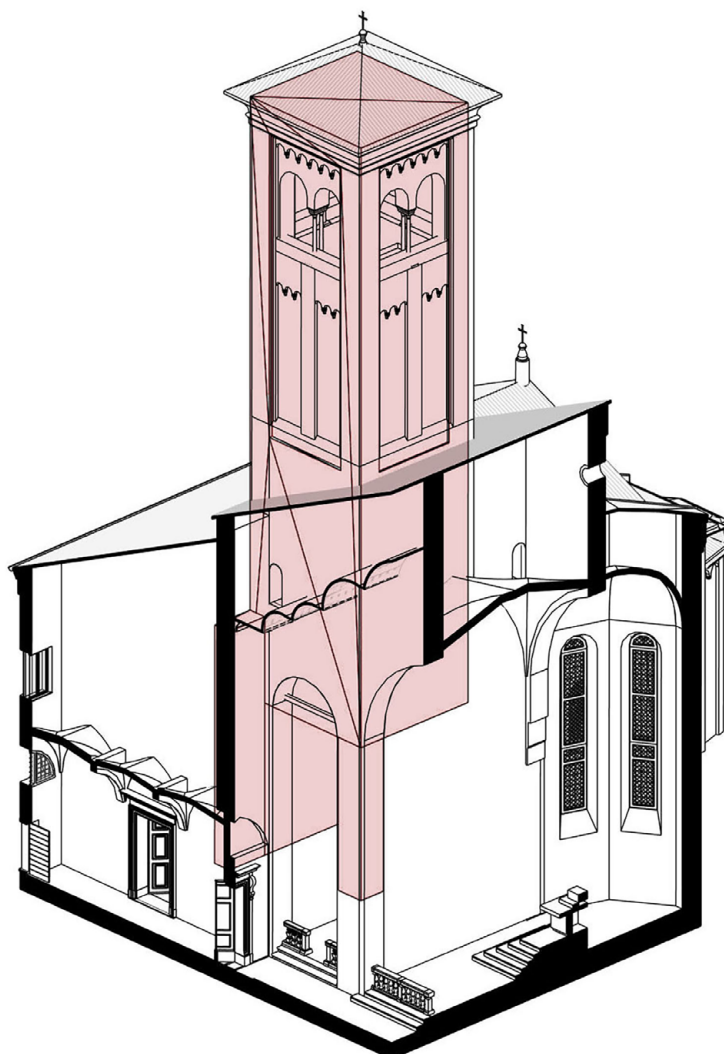


Fig. 4. Sovrapposizione del modello BIM con il modello semplificato. Le dimensioni reali del campanile sono di 5,59 x 5,34 m in pianta e di 32,79 m di altezza, mentre il parallelepipedo modellato ha una misura di 5,61 x 5,08 m alla base e di 32,71 m di altezza. Elaborazione dell'autore.

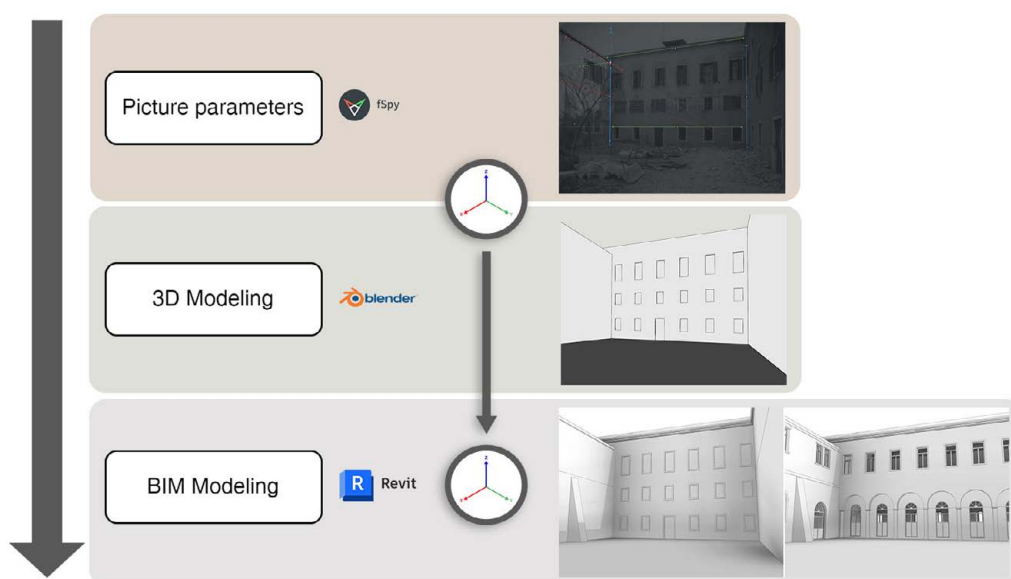


Fig. 5. Schema del processo utilizzato. Elaborazione dell'autore.

moderna e medievale e, in particolare, la chiesa, il campanile romanico e due polveriere. Mentre la chiesa fu demolita a metà del XIX secolo, il campanile venne smantellato solo qualche decennio dopo. Questa circostanza è testimoniata dalle planimetrie storiche e da una fotografia scattata intorno al 1870 che ritrae la torre campanaria isolata dal resto dell'edificio. L'immagine è stata elaborata con fSpy, individuando un punto noto, necessario per l'orientamento assoluto, su uno spigolo in corrispondenza dell'altezza di gronda nell'edificio sullo sfondo – il Generalato – (fig. 6) e, come lunghezza nota, la dimensione della facciata dello stesso, pari a 23,36 metri. In seguito, importando i dati della camera nel software Blender e conoscendo l'altezza di gronda del fabbricato, è stata individuata la superficie – approssimata piana – in corrispondenza del terreno e il posizionamento spaziale del parallelepipedo che rappresenta il campanile. Sono dunque stati modellati alcuni dettagli come l'apertura in sommità, gli archetti pensili e le forometrie del corpo centrale attraverso strumenti di estrusione, estrusione su percorso, unione e rivoluzione. Questo processo ha permesso di ricavare la misura dell'altezza del campanile pari a 19,16 m e, mediante operazioni di roto-traslazione, di collocare il modello all'interno della struttura spaziale virtuale dove si sono modellati gli oggetti BIM (fig. 7). La dimensione della base è stata confrontata con quella riportata in una mappa storica del 1870 e il posizionamento planimetrico risulta difforme (fig. 8). Sebbene i dati investigati siano prettamente altimetrici, si possono fare alcune considerazioni anche su quelli planimetrici. Il modello ottenuto non è quadrato e questo è dovuto probabilmente allo scorcio della fotografia che impedisce di ottenere dati attendibili per il lato meno visibile [7]. In questo caso si è preferito utilizzare le informazioni desumibili dalla planimetria ma in futuro si prevede di sviluppare diverse ipotesi.

Il secondo caso si riferisce alla restituzione di un fabbricato (fig. 9), distrutto nel 1936, ubicato nell'isola di San Servolo e ritratto in tre fotografie scattate prima della demolizione. In due di esse viene raffigurata la facciata rivolta verso ovest, mentre la terza rappresenta quella est. Nelle prime due immagini è stato possibile individuare un medesimo punto noto – necessario per l'orientamento assoluto – ancora visibile negli edifici esistenti, cosa che non è stata possibile per la terza fotografia.

Questa circostanza ha obbligato l'utilizzo e l'organizzazione di una rete di relazioni fra i sistemi di coordinate (CS) adoperati. Essa viene realizzata posizionando una serie di triadi di assi cartesiani locali (LCS), legati a una o più immagini, nel modello in coordinate globali (GCS) nella piattaforma BIM [8]. Tale procedura consente di ricavare i dati relativi all'orientamento



Fig. 6. Raffronto fra le operazioni di orientamento e modellazione 3D. Elaborazione dell'autore.



Fig. 7. Parte del modello BIM del Lazzaretto Vecchio. Elaborazione dell'autore.



Fig. 8. Comparazione fra un rilievo del Lazzaretto Vecchio datato 1870 a sinistra e il modello BIM a destra. Lo scostamento in pianta è di 0,59 m in direzione x e di 0,12 in direzione y. Le misure del campanile rilevabili nella mappa sono di 3,00 x 3,00 m mentre quelle del modello risultano 3,40 x 2,80 m. Elaborazione dell'autore.



Fig. 9. Confronto fra la planimetria attuale (in rosso) e una mappa storica del 1909 che testimonia il corpo di fabbrica demolito. Elaborazione dell'autore.

del sistema di coordinate della terza immagine (GCS_{n+1}) rispetto al sistema di riferimento delle prime due (GCS_n). Questi dati permettono la rototraslazione della terza immagine, e i relativi parametri di orientamento assoluto, rispetto al LCS_n [9] ($LCS_{n,n+1}$) (fig. 10). La nuova versione del sistema di riferimento permette di modellare un oggetto da più punti di vista geo-riferiti fra loro in un ambiente di modellazione 3D locale (Blender) [Bruschke et al. 2017]. Il processo di reciproca dipendenza fra CS avviene mediante script realizzati con il VPL (Visual Programming Language) che, una volta terminata la procedura di modellazione locale, permette il riposizionamento dei modelli nel software BIM, e la rielaborazione virtuale degli edifici e i relativi componenti mediante le tipiche procedure manuali (fig. 11). Inoltre, gli script utilizzati attuano delle procedure che immagazzinano i dati elaborati nel database, in modo tale che ogni fotografia, opportunamente numerata, sia riferita a un particolare edificio, a uno spazio di modellazione locale e a una posizione globale nel software BIM.

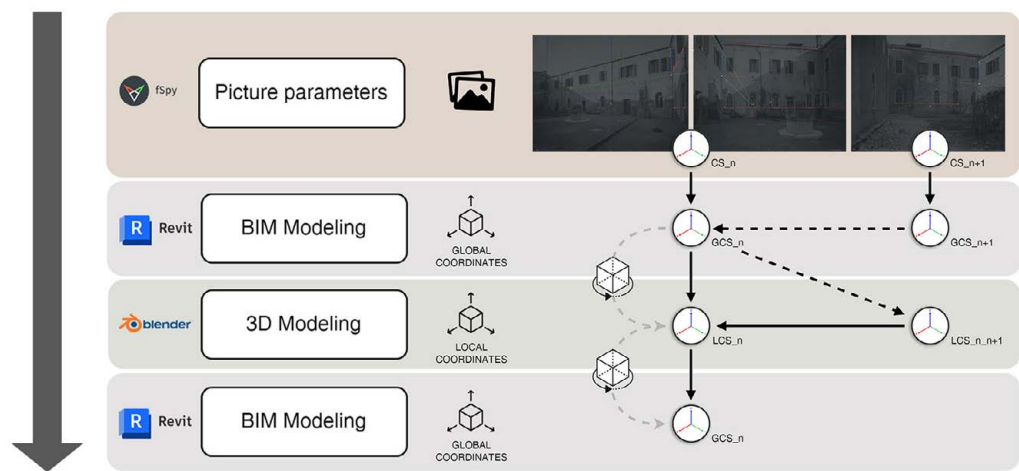


Fig. 10. Schema che rappresenta la relazione fra i sistemi di coordinate. Elaborazione dell'autore.

Conclusioni

Nella procedura descritta la mancanza di dati affidabili relativi ai parametri delle camere impiegate per gli scatti fotografici impedisce l'uso di procedimenti deterministici. Se i dati elaborati non sono attendibili e le condizioni sono insufficienti, si ricorre a processi di carattere probabilistico, utilizzando un sistema iterativo che, mediante l'introduzione di ipotesi, possa portare a una soluzione convincente [Fallavollita et al. 2013]. In questo senso l'utilizzo di un'ambiente di condivisione di dati permette di confrontare i risultati provenienti da differenti risorse e può fornire indicazioni cruciali sulla loro valutazione. Il ricorso alla restituzione prospettica assistita permette di apportare modifiche in modo rapido alla procedura intrapresa e, di conseguenza, l'aggiornamento dei parametri usati fino al raggiungimento di un risultato valido. Le procedure di modellazione utilizzate hanno il limite di non adattarsi in modo accurato ad architetture non standard e prevedono un'accuratezza della procedura paragonabile a quella della restituzione prospettica tradizionale e con il medesimo margine di errore. Il passaggio in un software di modellazione intermedio è giustificato dai limiti, in termini di utilizzo di camere prospettiche, riscontrati nei comuni software BIM authoring. In futuro potrebbe essere auspicabile che un processo di questo tipo sia integrato e gestito integralmente all'interno di questi software. Uno dei prossimi obiettivi è quello di applicare lo stesso processo ad altre fonti iconografiche come vedute o incisioni (fig. 12). In questo senso, però, i primi tentativi sono apparsi insoddisfacenti poiché molte rappresentazioni delle isole lagunari non sono sufficientemente accurate [10]. Queste limitazioni suggeriscono la necessità di ulteriori ricerche e sviluppi per migliorare l'accuratezza e l'applicabilità di tali metodologie a diversi tipi di documentazione storica.

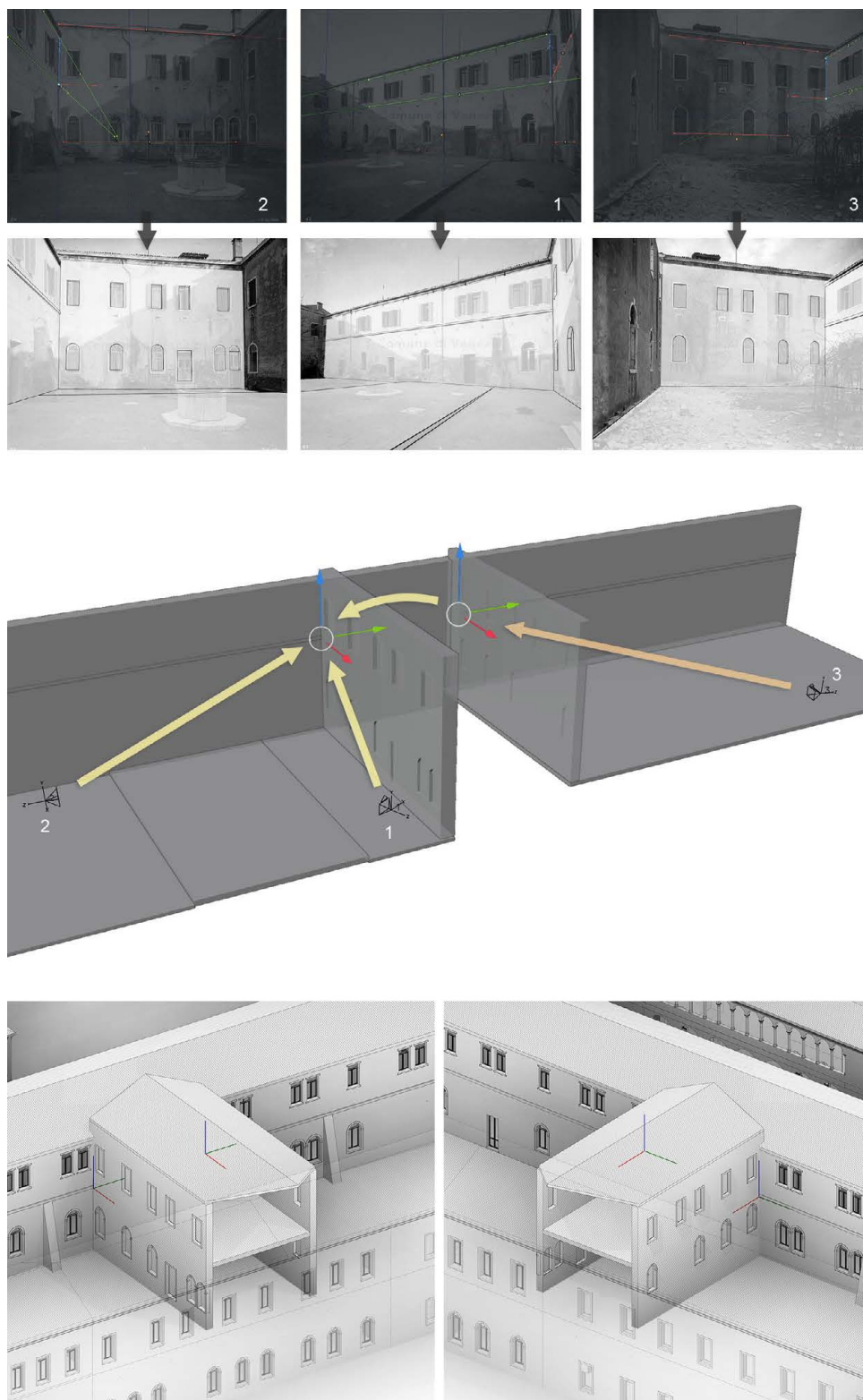


Fig. 11. Rappresentazione grafica delle varie fasi procedurali per la modellazione BIM (in basso). Elaborazione dell'autore.



Fig. 12. In alto: rette di fuga ed evidenziazione dell'edificio preso come riferimento. In basso: sovrapposizione del modello 3D con l'immagine. Elaborazione dell'autore.

Note

[1] Il software utilizzato è Autodesk Revit.

[2] Le primarie sono costituite da documenti archivistici, le secondarie si riferiscono a fonti bibliografiche.

[3] La tecnica sviluppata da Laussedat consisteva nell'applicazione alle immagini fotografiche del processo inverso della prospettiva, illustrato fin dal Seicento in un capitolo del trattato sulla prospettiva di Guidobaldo del Monte.

[4] fSpy eredita le procedure di restituzione e ricostruzione assistita monoculare da altri software come Canoma di Robert Seidl e Tilman Reinhardt and ImageModeler di Autodesk [Agnello et al. 2023]. Per approfondimenti su fSpy consultare la pagina <<https://github.com/stuffmatic/fSpy>> (consultato il 29 Maggio 2024).

[5] Questa circostanza può presentarsi nelle camere da studio oppure utilizzando un banco ottico, strumento utilizzato largamente nei primi decenni dell'era fotografica. Muovendo la lente, esso consente di traslare il punto principale.

[6] L'altezza è intesa dal pavimento della cappella alla base fino alla cornice in sommità.

[7] Non tutte le mappe storiche investigate sono coerenti e alcune rappresentano il campanile con pianta rettangolare.

[8] Il modello BIM è georiferito utilizzando il sistema di riferimento WGS84 / UTM zone 33 N (EPGS:32633).

[9] Che coincide con l'origine del sistema di riferimento locale utilizzato nella successiva fase di modellazione in Blender.

[10] Il punto di vista della maggior parte delle vedute raffiguranti le isole non si trova nella terraferma. Questo ha probabilmente impedito agli autori l'uso di strumenti come la camera ottica. Inoltre, in alcune circostanze i vedutisti apportavano intenzionalmente distorsioni prospettiche alle proprie opere [Corboz 2008].

Riferimenti bibliografici

- Agnello F. (2022). Perspective restitution from view cameras photos. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-2/W1-2022(2/W1-2022), pp. 17-24. <<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-17-2022>>
- Agnello F. et al. (2023). From perspective restitution to mixed reality reconstruction of san nicolò dei carmelitani church in palermo. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, n. 48, pp. 43-50. <<https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLVIII-M-2-2023-43-2023>>
- Banfi F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. In *Virtual Archaeology Review*, 11(23), pp. 16-33. <<https://doi.org/10.4995/var.2020.12416>>
- Bevilacqua M.G. et al. (2022). 3D Reconstruction, Digital Twinning, and Virtual Reality: Architectural Heritage Applications. In *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pp. 92-96. <<https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00031>>
- Borin P., Giordano A., Panarotto F. (2019). Integration Between Perspective Images and BIM Models: Projective Geometry Is Still Alive. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 809, pp. 197-207. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_15>
- Bruschke J. et al. (2017). Towards Browsing Repositories of Spatially Oriented Historic Photographic Images in 3DWeb Environments. In *Proceedings - Web3D 2017: 22nd International Conference on 3D Web Technology*, n. 18, pp. 1-6. <<https://doi.org/10.1145/3055624.3075947>>
- Corboz A. (2008). Sulla pretesa obiettività di Canaletto. In G. Pavanello, A. Craievich (a cura di). *Canaletto. Venezia e i suoi splendori*, pp. 31-37. Venezia: Marsilio.
- Diara F. (2022). HBIM Open Source: A Review. In *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 11, Issue 9. <<https://doi.org/10.3390/ijgi11090472>>
- Fallavollita F., Migliari R., Salvatore M. (2013). Monge and the three point space resection problem: an application to the reconstruction of heights and volumes from a photograph of 1892. In *DisegnareCon*, n. 6(12), pp. 1-9. <<https://doi.org/10.6092/issn.1828-5961/3862>>
- Galeazzo L. (2022). Analysing Urban Dynamics in Historic Settlements Using a Geo-Spatial Infrastructure. The Venice's Nissology project. In *Journal of Art Historiography*, n. 27, pp. 1-13.
- Galeazzo L. (2024). Venice's Nissology: Mapping and Modelling Venice's Aquascape in a Historical Perspective. In *STORIA URBANA*, n. 173, pp. 31-45. <<https://doi.org/10.3280/SU2022-173003>>
- Giordano A. et al. (2023). Visualizing Cities: Methodologies and Modalities for Cultural Heritage Transformations. In M. Balzani, S. Bertocci, F. Maietti, L. Rossato (a cura di). *Research Innovation and Internationalisation: National and international experiences in Cultural Heritage digitization*, pp. 125-136. <https://dx.doi.org/10.30448/TEC_916.62378>
- Gros A. et al. (2023). Faceting the post-disaster built heritage reconstruction process within the digital twin framework for Notre-Dame de Paris. In *Scientific Reports*, 13(5981). <<https://doi.org/10.1038/s41598-023-32504-9>>
- Hartley R., Zisserman A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge: University Press. <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511811685>>
- Maiwald F. et al. (2023). Giving Historical Photographs a New Perspective: Introducing Camera Orientation Parameters as New Metadata in a Large-Scale 4D Application. In *Remote Sensing*, vol. 15, n. 7. <<https://doi.org/10.3390/rs15071879>>
- Maybank S. (1993). *Theory of Reconstruction from Image Motion*. Berlin: Springer Heidelberg. <<https://doi.org/10.1007/978-3-642-77557-4>>
- Monteleone C., Giordano A. (2019). Perspective at Palladio's Time and Its Scientific Heritage. In *Nexus Network Journal*, vol. 21, pp. 253-270. <<https://doi.org/10.1007/s00004-019-00442-7>>
- Murphy M., McGovern E., Pavia S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). In *Structural Survey*, vol. 27, n. 4, pp. 311-327. <<https://doi.org/10.1108/02630800910985108>>
- Remondino F. et al. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling - Current status and future perspectives. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 38-1/C22, pp. 25-31. <<http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>>
- Schindler G., Dellaert F. (2012). 4D Cities: Analyzing, visualizing, and interacting with historical urban photo collections. In *Journal of Multimedia*, vol. 7, n. 2, pp. 124-131. <<http://dx.doi.org/10.4304/jmm.7.2.124-131>>

Autore

Federico Panarotto, Università di Padova, federico.panarotto@unipd.it

Per citare questo capitolo: Federico Panarotto (2024). Misura e rappresentazione di un patrimonio storico-architettonico perduto: l'arcipelago lagunare veneziano/Measurement and representation of lost historical-architectural heritage: the venetian lagoon archipelago. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, p. 3429-3452.

Measurement and representation of lost historical-architectural heritage: the venetian lagoon archipelago

Federico Panarotto

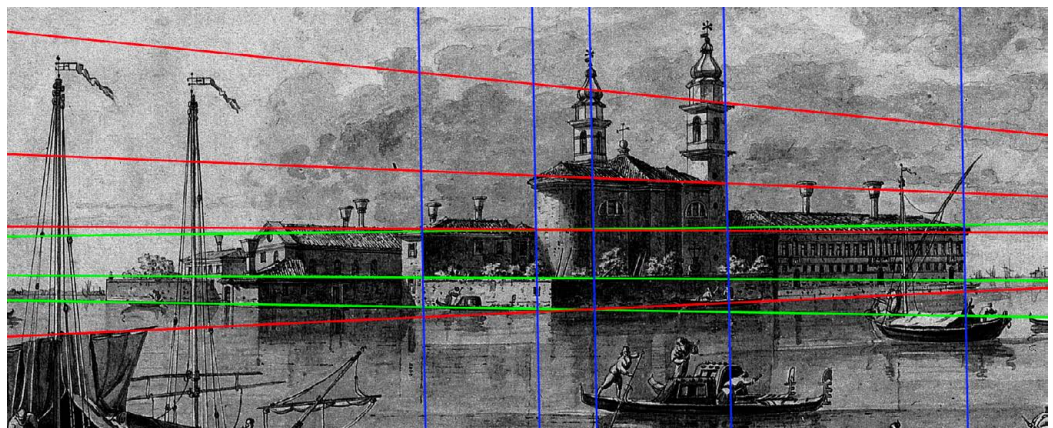
Abstract

Venice's Nissology (VeNiss) is a multi-university ERC research project (involving the universities of Padua, Florence, and Harvard) that aims at representing the architectural heritage of the Venice lagoon through an interactive 3D web map, allowing users to virtually explore the Venetian lagoon islands and their transformations over time, from the 16th century onwards. The historical-virtual representation of these settlements, created using the HBIM (Historic Building Information Modeling) methodology, relies on a vast corpus of iconographical documents. The use of historical plans, maps, sections, and elevations is crucial, and the amount of documentation retrieved is often sufficient to represent the entire architectural context in detail. However, these documents are sometimes difficult to obtain, making it necessary to refer to other types of iconographic sources, such as engravings, perspective views, paintings, and photographs. When appropriately processed, these sources can provide rigorous and reliable dimensional information. This contribution presents a series of case studies in which dimensional data – useful for the digital reconstruction of historical transformations – have been mainly obtained by using analog photographic shots. The described method primarily employs assisted monocular restitution and the use of a data-sharing environment necessary for the validation of the final results.

Keywords

HBIM, virtual reconstruction, perspective restitution, historical images, camera orientation

Identification of vanishing lines in a perspective view depicting the island of San Servolo in Venice. Francesco Tironi, 1779 (Museum Boijmans Van Beuningen). Elaboration by the author.



Introduction

The proposed work constitutes an integral component of a project aimed at digitally documenting the urban and architectural transformations of over thirty islands within the Venetian lagoon archipelago using the Historic Building Information Modeling (HBIM) methodology. The goal is to represent these island settlements through an interactive 3D web map accessible to both scholars and the general public. This infrastructure acts as a geo-spatial semantic platform, similar to a historical geographic internet service, enabling temporal and spatial exploration of Venice's basin to uncover and visualise the multi-layered narratives of the ancient lagoon islands [Galeazzo 2022; Galeazzo 2024].

The virtual models created using HBIM practice are crucial in developing this semantic platform. Typically, this practice begins with the remote collection of survey data on existing buildings and involves a reverse engineering process to produce computerised 3D models [Murphy et al. 2009, p. 325]. This methodology has been widely adopted in recent years, leading to a shift in the methodological approach and significantly influencing the documentation and monitoring of cultural assets [Diara 2022, p. 1]. A BIM product is a geometric model linked to a relational database, and for this project, it is connected with historical documentation [Bevilacqua et al. 2022; Giordano et al. 2023]. Moreover, in a typical BIM modelling platform [1], it is possible to assign temporal parameters of construction and demolition to each individual object (*BIM object*), which is crucial for architectures that have undergone various destructive events [Gros et al. 2023]. So far, the research team has mainly focused on two islands of the archipelago: San Servolo and the Lazzaretto Vecchio, which served as pilot studies for validating and refining the process. Using the HBIM methodology and integrating it with processes specific to the case studies, the creation of 3D models involved the following phases: creation of the model representing the current state; integration of historical data into the model; modelling historical phases and assigning temporal parameters. The 3D model of the current state of a settlement is generated using existing survey data or obtained through new survey campaigns. In the first case, the documentation largely consists of general floor plans, layouts, elevations, and sections. In the latter case, new digital surveys mainly provide georeferenced point clouds, which, when appropriately processed, allow for the creation of BIM models using the standard Scan to BIM procedure [Banfi 2020].

The modelling process of historical phases involves working backward in time, from the current state up to the 16th century, allowing for the modelling of long-term architectural transformations with the support of historical documentation. This documentation mainly consists of textual sources (primary and secondary [2]) and iconographic sources (large-scale maps, detailed drawings, views, and photographs). The use of historical floor plans is of fundamental importance, and often, the quantity of available documentation is sufficient to represent the entire architectural context. Sections and elevations are equally crucial for identifying altitude data necessary for the development of 3D models. When positioned appropriately – through translation, rotation, and scaling – within the 3D space, they serve as references to determine the height of buildings and inter-floor spaces, as well as the position and height of openings (fig. 1). However, obtaining these documents can be challenging, especially for peripheral areas compared to the city centre. In such cases, it is necessary to refer to other types of documentation, such as engravings, perspective views, artworks, and photographs. When properly processed, these sources can also yield precise and reliable dimensional insights.

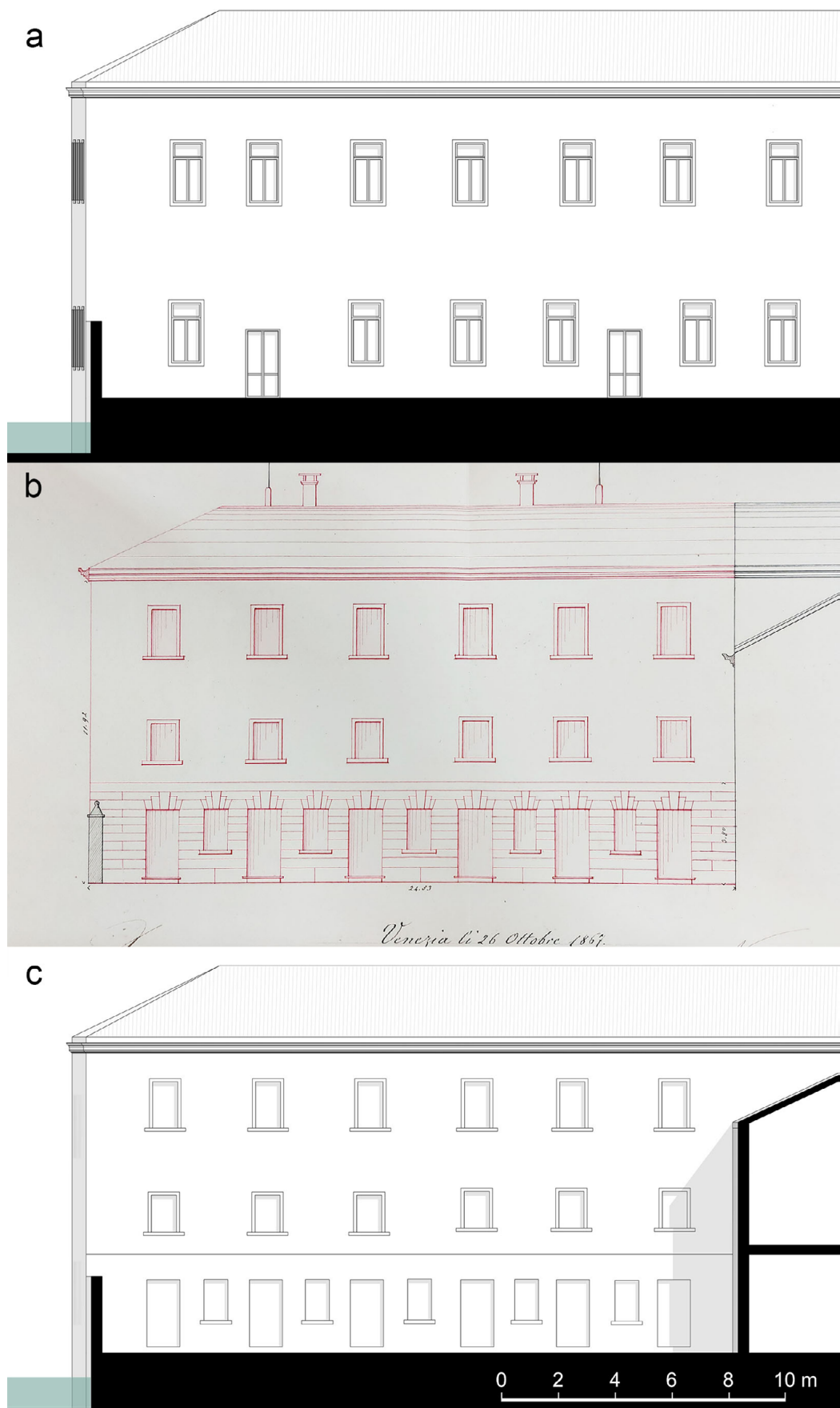


Fig. 1. Processing using a historical elevation: a) current elevation; b) placement of the iconographic resource; c) elevation depicting the layout of the building in 1867. Elaboration by the author.

Measuring historical iconography

The majority of the documentation consists of photographic images dating back to the early 20th century. Many institutions are creating and making available digital photographic archives accessible directly on online platforms [Bruschke et al. 2017]. There is a growing demand for organising these materials by spatially and temporally placing the images within digital structures commonly referred to as 4D [Maiwald et al. 2023; Schindler; Dellaert 2012]. While temporal positioning is represented by a distinct parameter, spatial positioning proves to be more complex, as it is linked to the presence of architectural references that are still extant or, more generally, to the quantity of photographs depicting the same subject. If the number of images is considerable, various strategies exist to extract spatial data, such as photogrammetry techniques [Remondino et al. 2011] or Structure from Motion (SfM) [Hartley; Zisserman 2004; Maybank 1993].

The significant number of historical photographs – although not substantial enough to justify the use of advanced photogrammetric systems – has prompted the adoption of the single-image restitution method, employing a monocular approach pioneered in the late 19th century by the French scholar Aimée Laussedat [3]. The perspective layout of a photograph is precise, and through appropriate processing, it allows for the identification of the data necessary for the spatial placement of the photograph. These data are derived from the typical stages of photogrammetric procedures: the internal and absolute orientation of the photograph [Fallavollita et al. 2013]. The first involves determining the position of the projection centre relative to the photograph, namely the principal point and focal length. Absolute orientation, on the other hand, determines the position of the photograph, in space and relative to existing volumes, and the projection centre at the time of perspective capture [Monteleone, Giordano 2019]. When using perspective restitution techniques from archival images, a necessary condition for absolute orientation is that the image shows a demolished building alongside existing structures, or that a portion of the structure is still extant [Agnello et al. 2023, p. 45]. This condition is imperative as it facilitates absolute orientation by aligning the coordinate system used for internal orientation with a known point in 3D space. For the internal orientation process, experimentation was conducted using the fSpy software for monocular restitution and reconstruction assistance [4]. This freeware tool facilitates the calculation of the two orientations by identifying orthogonal lines within the photograph. However, the software requires specific considerations:

1. By using vanishing points to estimate camera parameters, the greater the angle between the two line segments identified in the photograph – parallel in 3D space – the greater the precision;
2. It is assumed that the vanishing points correspond to perpendicular directions in 3D space;
3. The software operates only with perspective images resulting from a process similar to a pinhole camera and requires at least one measurement of objects depicted in the photograph.

To validate the accuracy of the obtained results, a photograph previously used in a perspective restitution task was employed to derive its spatial orientation [Borin et al. 2019]. As a reference point for positioning the coordinate system within the software, the same previous procedure and known measurement were utilised, namely the length of the visible arch impost shown in figure (fig. 2), equal to 3.48 metres. This test enabled the comparison of orientation data obtained from using fSpy with the orientation obtained through the practice of perspective restitution (fig. 3).

Specifically, as shown in the table, the principal point obtained from the new procedure is not situated at the image centre as observed in the previous case. This deviation could stem from various factors, including incomplete printing or cropping of the photograph [Agnello et al. 2023; Fallavollita et al. 2013], or potentially the application of translations or rotations to both the optics and the plate [5] [Agnello 2022].

Subsequently, using a dedicated add-on that imports camera parameters and sets the background image within the software Blender, we proceeded to create a rough model using

geometric solids representing the main architectural features of the bell tower visible in the photograph (fig. 2). These solids were then imported into the BIM authoring software (fig. 4), while maintaining the same coordinate system, to perform a dimensional verification and assess the accuracy of the model. Of particular interest is the difference between the actual and estimated heights, with a margin of error of approximately 8 cm, or about 0.24% of the total [6]. This data is significant as this procedure largely relies on estimating altitude dimensions.

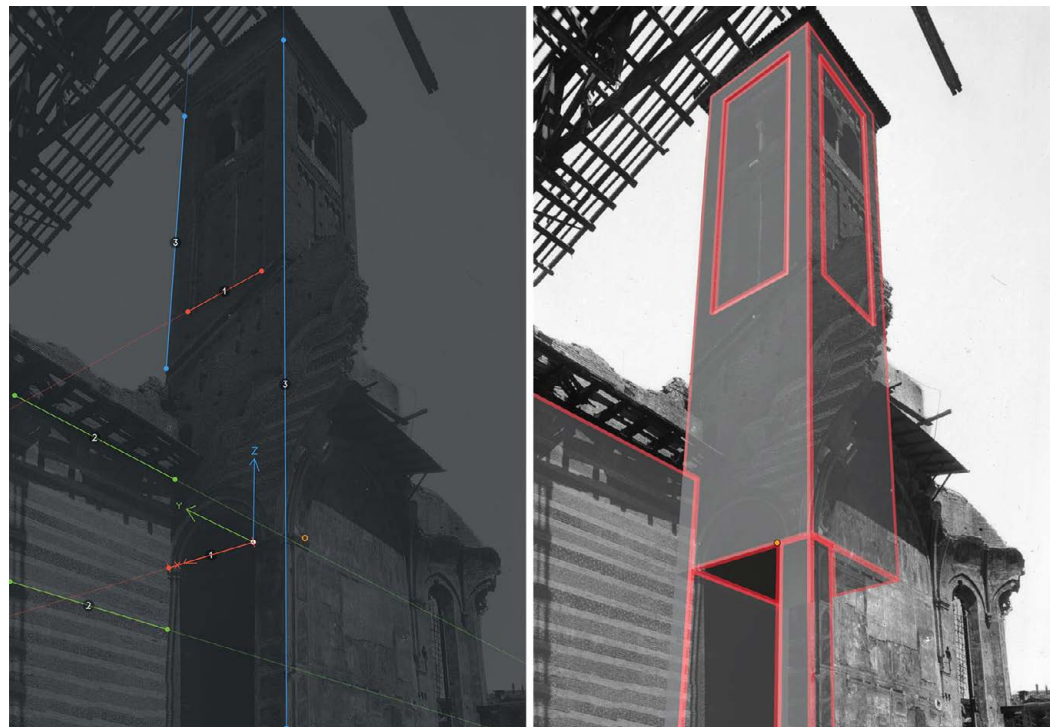


Fig. 2. On the left: internal orientation performed in the fSpy software. On the right: 3D modelling carried out in Blender software. Elaboration by the author.

		Principal point (Relative)			Focal length (mm)	
		x	y	z	x	y
Perspective restitution	Camera position (m)	-12.69	15.46	-8.45	0.5	0.5
	Camera orientation (deg)	113.21	0.82	-144.64		
fSpy orientation	Camera position (m)	-13.45	15.73	-8.97	0.57	0.74
	Camera orientation (deg)	133.28	3.31	-141.09		

Fig. 3. Comparison of the data obtained using the two methods. Elaboration by the author.

The two case studies

As outlined, the utilized process comprises three primary phases, as illustrated in figure (fig. 5): identification of the positioning and orientation parameters of the photograph; data acquisition and 3D modelling; importation of 3D data into the BIM software and definition of *BIM objects*. This methodology has been applied across various case studies, notably yielding results concerning the modelling of the bell tower of Lazzaretto Vecchio and a no longer extant building on the island of San Servolo.

The Lazzaretto Vecchio is located a few hundred metres south of the San Marco basin and, as the toponym implies, it served as the isolation hospital for plague patients of the Republic for a long period before being repurposed as a military warehouse during the 19th century. During this period, a series of modern and medieval buildings were demolished, including the church, the Romanesque bell tower, and two powder magazines. While the church

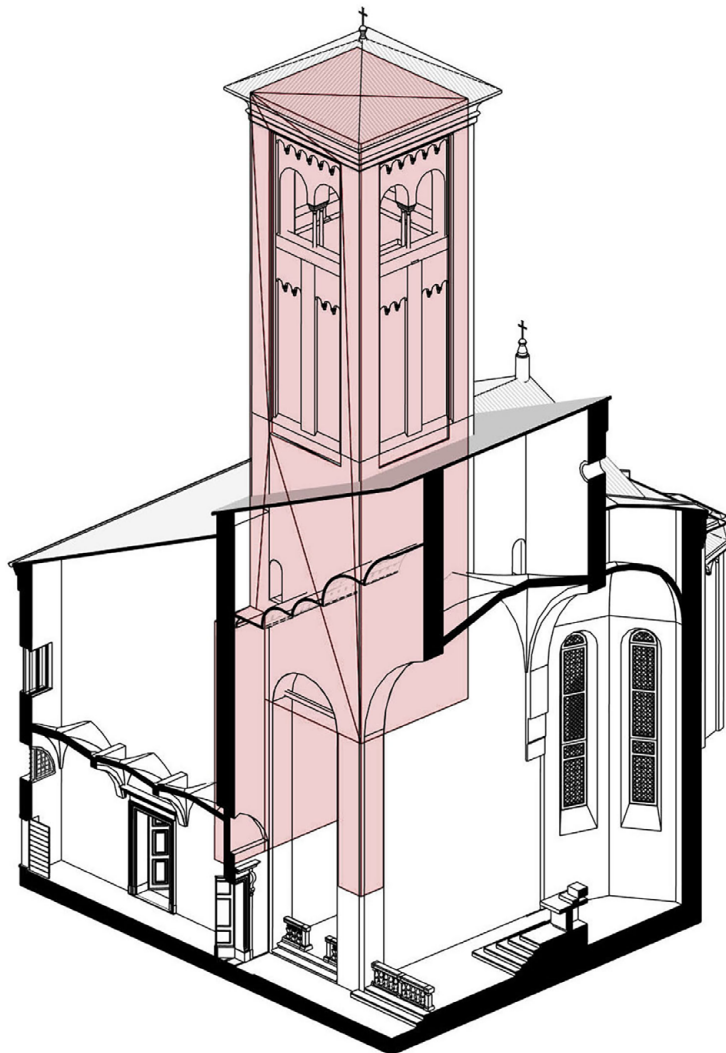


Fig. 4. Overlay of the BIM model with the simplified model. The actual dimensions of the bell tower are 5.59 x 5.34 metres in plan and 32.79 metres in height, while the modeled parallelepiped has a measurement of 5.61 x 5.08 metres at the base and 32.71 metres in height. Elaboration by the author.

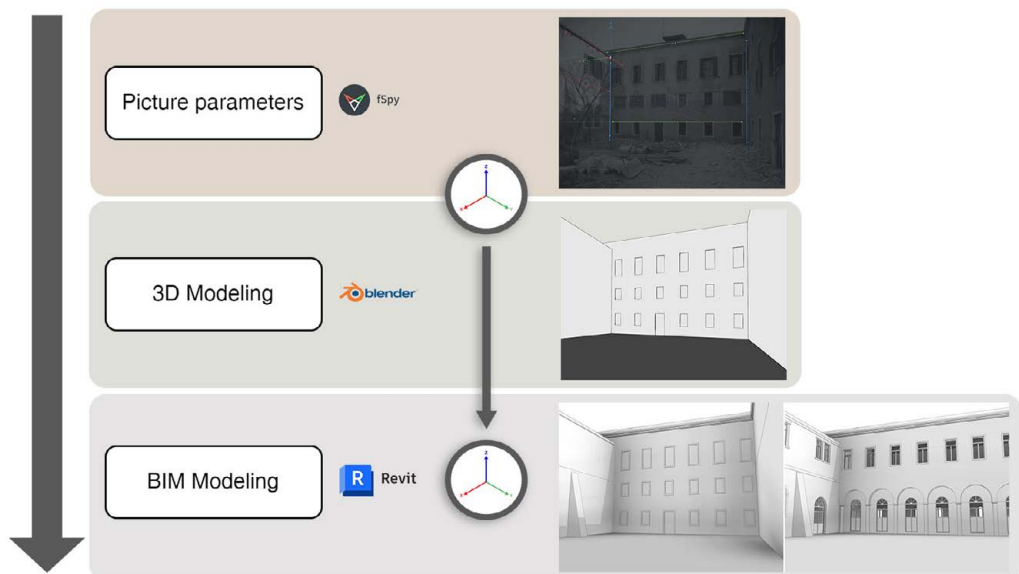


Fig. 5. Diagram of the process used. Elaboration by the author.

was demolished in the mid-19th century, the bell tower was dismantled only a few decades later. This circumstance is evidenced by historical floor plans and a photograph taken around 1870, which depicts the bell tower isolated from the rest of the building. The image was processed using fSpy, identifying a known point necessary for absolute orientation on a corner corresponding to the eaves height of the background building – the Generalate (fig. 6). Additionally, the length of the facade of the same building, measuring 23.36 metres, was used as a known dimension. By importing the camera data into Blender software and knowing the eaves height of the building, we determined the approximate flat surface corresponding to the ground and the spatial positioning of the cuboid representing the bell tower. Subsequently, various details such as the opening at the top, the hanging arches, and the fenestrations of the central body were modelled using extrusion, path extrusion, union, and revolution tools. This method facilitated the derivation of the bell tower's height measurement, which amounted to 19.16 metres. Through rotation and translation operations, the model was then situated within the virtual spatial structure, where BIM objects were subsequently modelled (fig. 7). The size of the base was compared with that indicated in a historical map from 1870, revealing a discrepancy in the planimetric positioning (fig. 8). Although the investigated data primarily pertains to altitude, some considerations can be made regarding planimetric aspects. The resulting model is not square, likely due to the perspective of the photograph, which makes it difficult to obtain reliable data for the less visible side [7]. In this instance, information gleaned from the map was preferred, but future endeavors may involve exploring various hypotheses.

The second case concerns the reconstruction of a building demolished in 1936 (fig. 9), located on the island of San Servolo and depicted in three photographs taken before its demolition. Two of these photographs show the façade facing west, while the third depicts the façade facing east. In the first two images, it was possible to identify the same known point – necessary for absolute orientation – still visible in the existing buildings, which was not feasible for the third photograph. This circumstance necessitated the use and organisation of a network of relationships among the coordinate systems (CS) employed. To achieve this, we positioned a series of local coordinate systems (LCS), linked to one or more images, within the model in global coordinates (GCS) on the BIM platform [8]. This procedure allows for obtaining data regarding the orientation of the coordinate system of the third image (GCS_{n+1}) relative to the reference system of the first two (GCS_n).

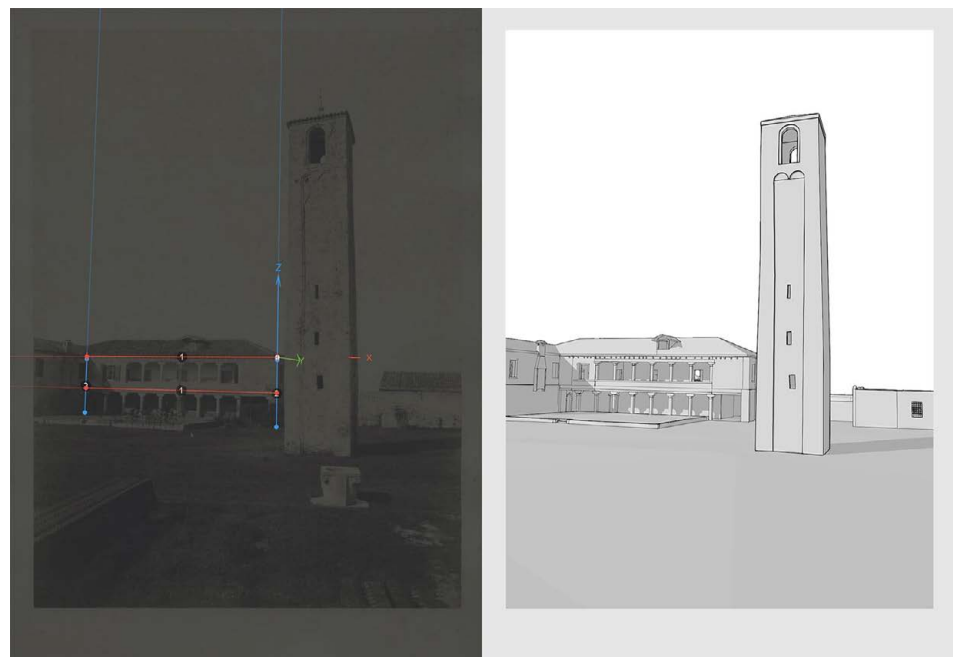


Fig. 6. Comparison between 3D orientation and modelling operations. Elaboration by the author.



Fig. 7. Section of the BIM model of the Lazzaretto Vecchio. Elaboration by the author.

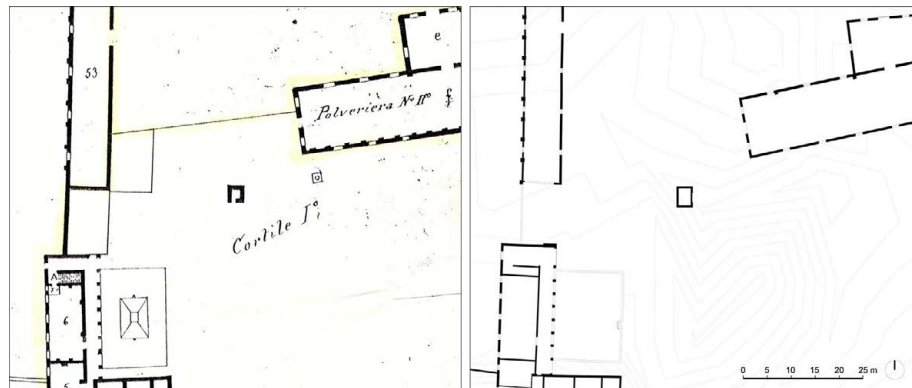


Fig. 8. Comparison between a survey of the Lazzaretto Vecchio dated 1870 on the left and the BIM model on the right. The deviation in the plan is 0.59 metres in the x direction and 0.12 metres in the y direction. The measurements of the bell tower observable in the map are 3.00 x 3.00 metres, while those of the model are 3.40 x 2.80 metres. Elaboration by the author.



Fig. 9. Comparison between the current floor plan (in red) and a historical map from 1909 showing the demolished building structure. Elaboration by the author.

These data enable the rotation and translation of the third image, along with its corresponding absolute orientation parameters, relative to LCS_n [9] (LCS_{n,n+1}) (fig. 10). The updated version of the reference system enables modelling an object from multiple georeferenced perspectives within a local 3D modelling environment (Blender) [Bruschke et al. 2017]. The process of mutual dependence between CS occurs through scripts created with VPL (Visual Programming Language), which, once the local modelling procedure is completed, allows for repositioning the models in the BIM software, and the virtual reworking of buildings and their components through typical manual procedures (fig. 11). Furthermore, these scripts implement procedures for storing processed data in the database. Consequently, each photograph, systematically numbered, is associated with a specific building, a local modelling space, and a global position within the BIM software.

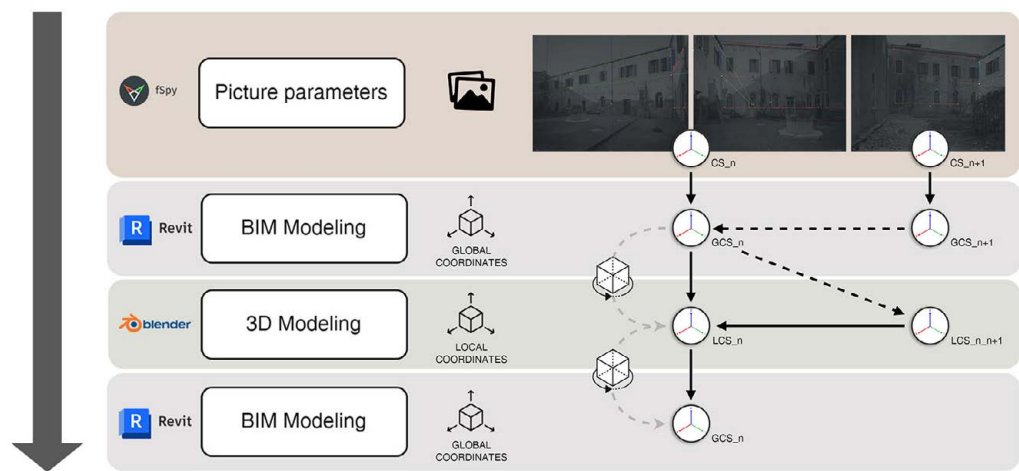


Fig. 10. Diagram representing the relationship between coordinate systems. Elaboration by the author.

Conclusions

The described procedure highlights the challenges posed by the lack of reliable data regarding the parameters of the cameras used for the photographic shots, which prevents the use of deterministic processes. When the processed data is not reliable and conditions are insufficient, probabilistic processes are employed. These involve an iterative system that, through the introduction of hypotheses, can lead to a convincing solution [Fallavollita et al. 2013]. In this context, using a data-sharing environment facilitates the comparison of results from various sources, offering crucial insights for assessment. Employing assisted perspective restitution allows for swift adjustments to the ongoing procedure, thus enabling the refinement of parameters until a valid outcome is attained. The modelling methodologies employed have the limitation of inadequate adaptation to non-standard architectures, ensuring a procedural accuracy comparable to traditional perspective restitution, with a similar margin of error. The transition to intermediate modelling software is justified by the constraints observed in standard BIM authoring software, particularly concerning the utilisation of perspective cameras. Future endeavors may aim to integrate and manage such a process entirely within these software platforms. One of the forthcoming objectives is to extend this process to other iconographic sources such as views or engravings (fig. 12). However, initial attempts in this direction have proven unsatisfactory, primarily due to the insufficient accuracy of many representations of the lagoon islands [10]. These limitations suggest the need for further research and development to improve the accuracy and applicability of these methodologies across diverse types of historical documentation.

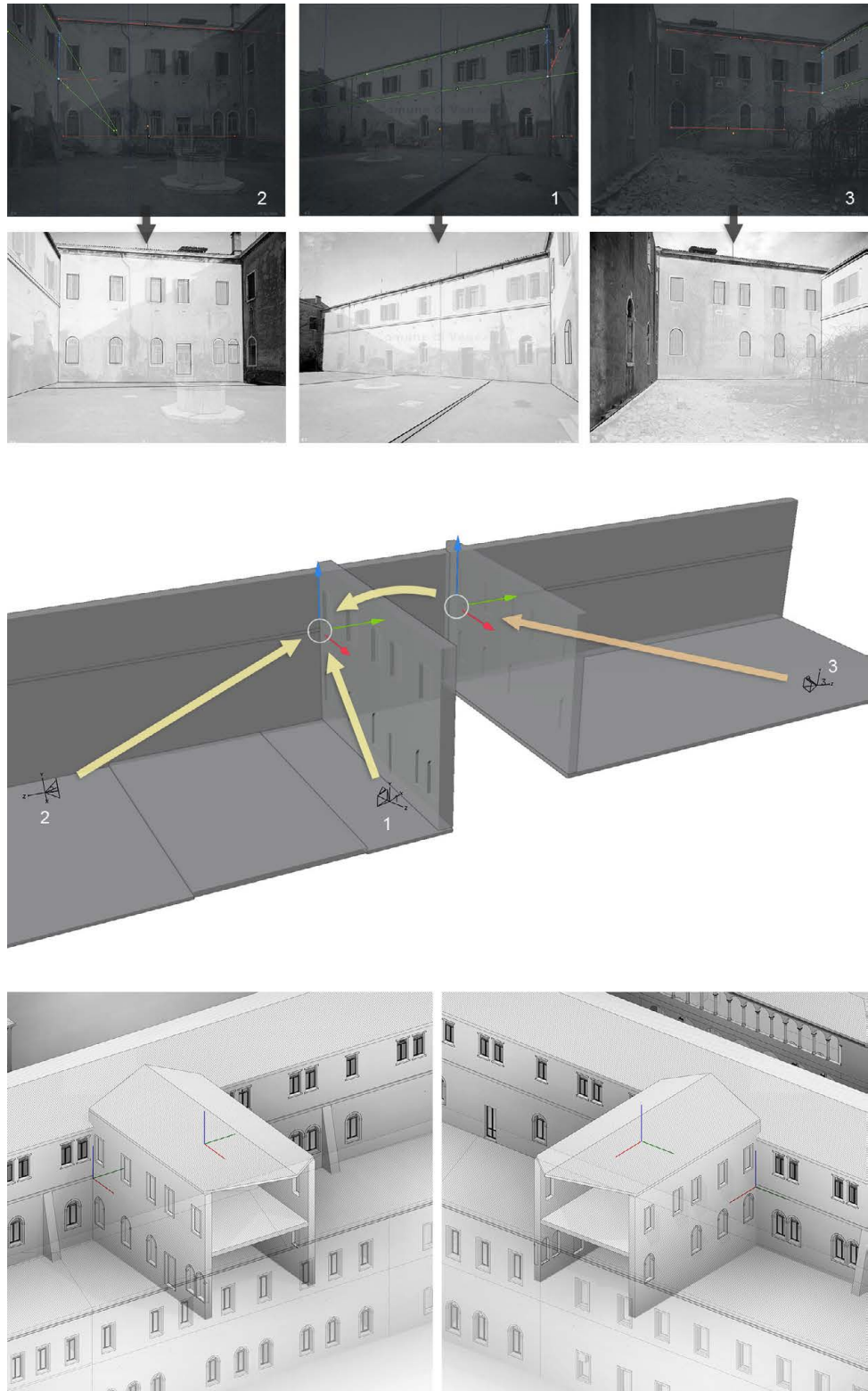


Fig. II. Graphic representation of the various procedural phases for BIM modelling (below). Elaboration by the author.



Fig. 12. Above: vanishing lines and highlighting of the reference building. Below: overlay of the 3D model with the image. Elaboration by the author.

Notes

[3] The technique developed by Laussedat consisted of applying to photographic images the inverse process of perspective, illustrated since the 17th century in a chapter of Guidobaldo del Monte's treatise on perspective.

[4] fSpy inherits the procedures for monocular restitution and assisted reconstruction from other software such as Canoma and ImageModeler [Agnello et al. 2023]. For more information about fSpy, refer to the page <<https://github.com/stuffmatic/fSpy>> (accessed 29 May 2024).

[5] This circumstance can occur in some studio cameras or when using a view camera, a tool widely adopted in the early decades of the photographic era. By moving the lens, it allows the principal point to be translated.

[6] The height is measured from the floor of the chapel to the base up to the top frame.

[7] Not all the historical maps investigated are consistent, and some show the bell tower with a rectangular plan.

[8] The BIM model is georeferenced using the WGS84/UTM zone 33N reference system (EPSG:32633).

[9] This coincides with the origin of the local reference system used in the subsequent modelling phase in Blender.

[10] The viewpoint of most views depicting the islands is not on the mainland. This likely prevented the authors from using tools such as the optical chamber. Furthermore, in some instances, the viewmakers intentionally introduced perspective distortions into their works [Corboz 2008].

References

- Agnello F. (2022). Perspective restitution from view cameras photos. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-2/W1-2022(2/W1-2022), pp. 17-24. <<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-17-2022>>
- Agnello F. et al. (2023). From perspective restitution to mixed reality reconstruction of san nicolò dei carmelitani church in palermo. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, n. 48, pp. 43-50. <<https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLVIII-M-2-2023-43-2023>>
- Banfi F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. In *Virtual Archaeology Review*, 11(23), pp. 16-33. <<https://doi.org/10.4995/var.2020.12416>>
- Bevilacqua M.G. et al. (2022). 3D Reconstruction, Digital Twinning, and Virtual Reality: Architectural Heritage Applications. In *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pp. 92-96. <<https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00031>>
- Borin P., Giordano A., Panarotto F. (2019). Integration Between Perspective Images and BIM Models: Projective Geometry Is Still Alive. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 809, pp. 197-207. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_15>
- Bruschke J. et al. (2017). Towards Browsing Repositories of Spatially Oriented Historic Photographic Images in 3DWeb Environments. In *Proceedings - Web3D 2017: 22nd International Conference on 3D Web Technology*, n. 18, pp. 1-6. <<https://doi.org/10.1145/3055624.3075947>>
- Corboz A. (2008). Sulla pretesa obiettività di Canaletto. In G. Pavanello, A. Craievich (a cura di). *Canaletto. Venezia e i suoi splendori*, pp. 31-37. Venezia: Marsilio.
- Diara F. (2022). HBIM Open Source: A Review. In *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 11, Issue 9. <<https://doi.org/10.3390/ijgi11090472>>
- Fallavollita F., Migliari R., Salvatore M. (2013). Monge and the three point space resection problem: an application to the reconstruction of heights and volumes from a photograph of 1892. In *DisegnareCon*, n. 6(12), pp. 1-9. <<https://doi.org/10.6092/issn.1828-5961/3862>>
- Galeazzo L. (2022). Analysing Urban Dynamics in Historic Settlements Using a Geo-Spatial Infrastructure. The Venice's Nissology project. In *Journal of Art Historiography*, n. 27, pp. 1-13.
- Galeazzo L. (2024). Venice's Nissology: Mapping and Modelling Venice's Aquascape in a Historical Perspective. In *STORIA URBANA*, n. 173, pp. 31-45. <<https://doi.org/10.3280/SU2022-173003>>
- Giordano A. et al. (2023). Visualizing Cities: Methodologies and Modalities for Cultural Heritage Transformations. In M. Balzani, S. Bertocci, F. Maietti, L. Rossato (a cura di). *Research Innovation and Internationalisation: National and international experiences in Cultural Heritage digitization*, pp. 125-136. <https://dx.doi.org/10.30448/TEC_916.62378>
- Gros A. et al. (2023). Faceting the post-disaster built heritage reconstruction process within the digital twin framework for Notre-Dame de Paris. In *Scientific Reports*, 13(5981). <<https://doi.org/10.1038/s41598-023-32504-9>>
- Hartley R., Zisserman A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge: University Press. <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511811685>>
- Maiwald F. et al. (2023). Giving Historical Photographs a New Perspective: Introducing Camera Orientation Parameters as New Metadata in a Large-Scale 4D Application. In *Remote Sensing*, vol. 15, n. 7. <<https://doi.org/10.3390/rs15071879>>
- Maybank S. (1993). *Theory of Reconstruction from Image Motion*. Berlin: Springer Heidelberg. <<https://doi.org/10.1007/978-3-642-77557-4>>
- Monteleone C., Giordano A. (2019). Perspective at Palladio's Time and Its Scientific Heritage. In *Nexus Network Journal*, vol. 21, pp. 253-270. <<https://doi.org/10.1007/s00004-019-00442-7>>
- Murphy M., McGovern E., Pavia S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). In *Structural Survey*, vol. 27, n. 4, pp. 311-327. <<https://doi.org/10.1108/02630800910985108>>
- Remondino F. et al. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling - Current status and future perspectives. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 38-1/C22, pp. 25-31. <<http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>>
- Schindler G., Dellaert F. (2012). 4D Cities: Analyzing, visualizing, and interacting with historical urban photo collections. In *Journal of Multimedia*, vol. 7, n. 2, pp. 124-131. <<http://dx.doi.org/10.4304/jmm.7.2.124-131>>

Authors

Federico Panarotto, Università di Padova, federico.panarotto@unipd.it

To cite this chapter: Federico Panarotto (2024). Misura e rappresentazione di un patrimonio storico-architettonico perduto: l'arcipelago lagunare veneziano/Measurement and representation of lost historical-architectural heritage: the venetian lagoon archipelago. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3429-3452.