

METODI PER LA RICOSTRUZIONE VIRTUALE E LA VISUALIZZAZIONE DI OPERE D'ARCHITETTURA PERDUTE*

Fabrizio Agnello, Mirco Cannella

Introduzione

Le tecnologie digitali per la rappresentazione dell'architettura hanno radicalmente modificato prassi e codici codificati da una tradizione plurisecolare. In una prima fase di sviluppo i software CAD agivano da tecnografi elettronici e il risultato del disegno digitale non era granché diverso da quello della tradizione: piante, sezioni, prospetti. In questa fase venivano penalizzate le rappresentazioni prospettiche e assonometriche, poiché si intuiva la possibilità di sostituire queste forme della rappresentazione con le viste di modelli 3D, ma i processi di modellazione erano ancora difficili da praticare per le limitazioni dei software e delle capacità di calcolo di computer.

Il processo evolutivo della rappresentazione dell'architettura è ancora in corso, ma si possono intravedere traiettorie che tendono verso una chiara direzione: il ruolo del disegno, come strumento di figurazione e prefigurazione dell'architettura, sarà assunto dai modelli tridimensionali.

La possibilità di rappresentare uno scenario complesso attraverso modelli tridimensionali è stata colta in primo luogo dall'industria cinematografica; le ambientazioni di film di grande successo come *Gladiator* e *Troy* sono il prodotto di sofisticate ricostruzioni tridimensionali. Anche l'industria culturale inizia a fare uso di modelli tridimensionali per la visualizzazione di ricostruzioni virtuali di edifici scomparsi: il campo di applicazione privilegiato, nell'ultimo ventennio, è stato il patrimonio archeologico di epoca antica e medievale [fig. 1].

Metodi per la ricostruzione di edifici perduti

Le procedure per la restituzione prospettica da immagini fotografiche sono un riflesso di questa generale tendenza verso l'uso di modelli tridimensionali. Nell'epoca pre-digitale la restituzione prospettica da fotografie era raramente utilizzata, per almeno due ragioni: i) la restituzione era affetta da un'eccessiva imprecisione, derivante dalle caratteristiche intrinseche degli strumenti tradizionali del disegno; ii) la restituzione conduceva al disegno di figure piane (piante, sezioni, prospetti) attraverso il loro ribaltamento sul quadro.

Anche nella prima fase evolutiva della rappresentazione digitale, la restituzione prospettica

era molto raramente utilizzata. Si intravedeva la possibilità di superare significative limitazioni degli strumenti tradizionali, come ad esempio la possibilità di identificare punti di fuga anche molto distanti dal riquadro dell'immagine, ma il processo rimaneva ancorato alla restituzione di forme bidimensionali, stante la complessità della gestione del processo di restituzione in uno spazio tridimensionale.

L'attuale sviluppo degli strumenti di rappresentazione digitale rende molto più agevole trasferire il processo di restituzione nello spazio tridimensionale e applicare tale processo alla restituzione di modelli digitali delle opere di architettura raffigurate nelle immagini [fig. 2].

Si può facilmente intuire quale sia l'importanza di tale evoluzione: se un edificio non più esistente è stato fotografato prima della sua scomparsa, la restituzione prospettica permette di restituire le parti dell'edificio raffigurate nelle immagini, nella loro consistenza tridimensionale e con un'accuratezza impensabile nell'epoca pre-digitale.

Fig. 1. Ricostruzione virtuale delle fortificazioni situate all'estremità settentrionale della acropoli di Selinunte.

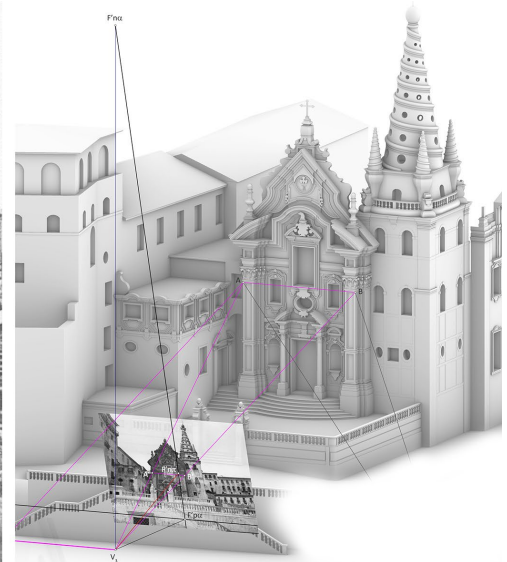
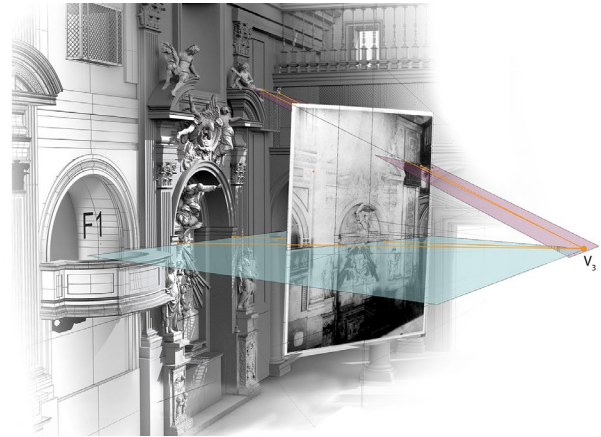
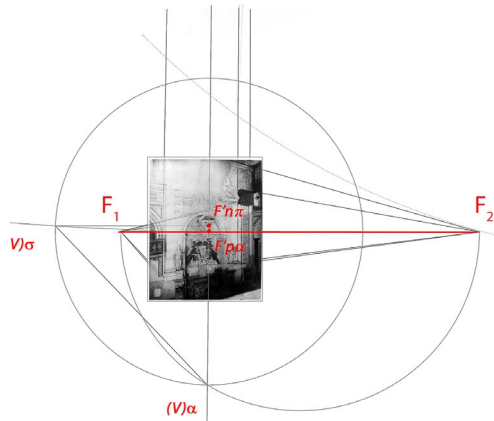


Fig. 2. Restituzione prospettica della perduta chiesa delle Stimate nel centro storico di Palermo.

Fig. 3. Ricostruzione della chiesa di San Gregorio a Messina, distrutta dal terremoto del 1908.

Il processo di restituzione è ovviamente condizionato dalla qualità e dalla risoluzione delle immagini fotografiche e, anche in presenza di immagini ad alta risoluzione, non può raggiungere i livelli di accuratezza tipici dei processi di rilievo fotogrammetrico e laser scanning.

Si comprende bene che i limiti del processo non diminuiscono la sua potenzialità per le finalità legate alla conoscenza e divulgazione del patrimonio culturale perduto: si pensi soltanto a tutti quegli edifici distrutti da eventi naturali o da eventi provocati dall'uomo (guerre, demolizioni) a partire dalla seconda metà del XIX secolo, quando la tecnica fotografica inizia a diffondersi [fig. 3].



La restituzione prospettica non può restituire le dimensioni dei soggetti raffigurati, ma può riprodurle correttamente le proporzioni. Affinché il processo di restituzione possa dirsi completo, occorre che nell'immagine sia raffigurato almeno un elemento di cui sia nota la dimensione, ovvero un elemento tutt'oggi esistente, che possa essere misurato [fig. 4].

In quest'ultima evenienza, la restituzione prospettica digitale permette di posizionare con buona accuratezza lo schema prospettico rispetto agli edifici rimasti *in situ*, e così ritrovare la posizione scelta dal fotografo per riprendere l'immagine. Tale opportunità, oltre a verificare la qualità della restituzione, si presta anche ad applicazioni legate alla fruizione dei modelli ricostruttivi [fig. 5].

In questi ultimi anni, anche grazie agli stimoli e alla collaborazione con colleghi esperti in Storia dell'Architettura, il processo di restituzione prospettica è stato applicato alla ricostruzione di numerose opere di architettura non più esistenti.

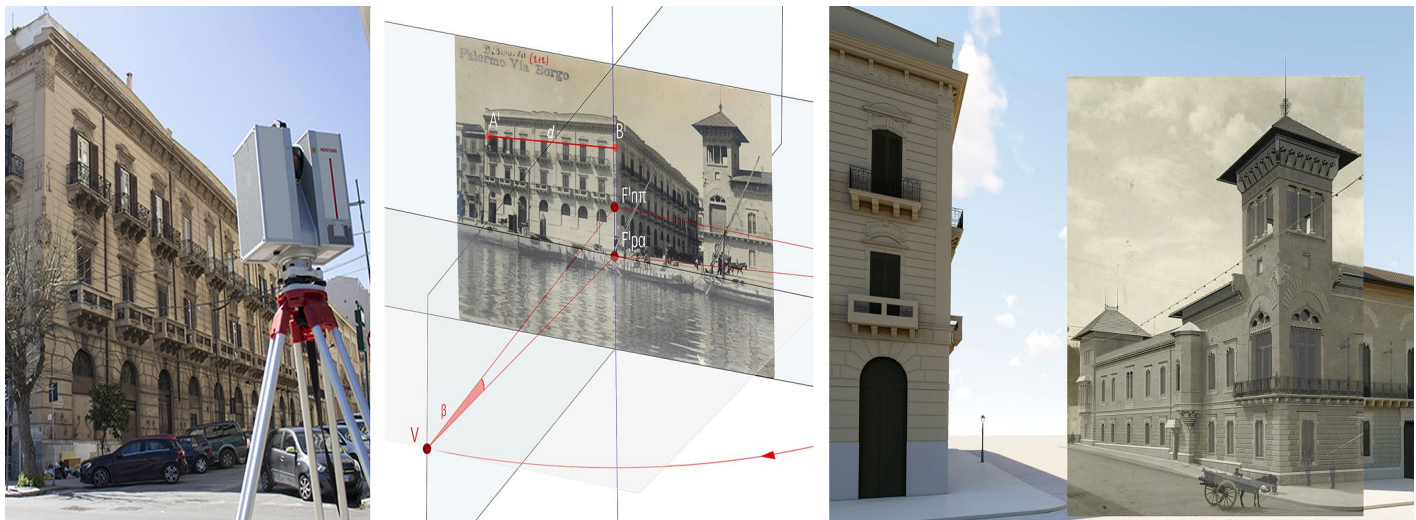
Diverse applicazioni del metodo di restituzione sono state indirizzate alla ricostruzione di edifici e contesti urbani distrutti nello scorso secolo da disastrosi eventi sismici¹. Gli studi condotti hanno permesso di ricostruire, a partire da immagini fotografiche, numerosi edifici non più esistenti, e di risalire agli elementi spaziali che permettono di collocare le ricostruzioni nel contesto attuale dei luoghi [fig. 6].

La collocazione spaziale delle ricostruzioni permette, grazie all'abbinamento con tecniche di rilievo fotogrammetrico e laser scanning, di utilizzare i modelli ricostruttivi anche in applicazioni di realtà virtuale e di realtà aumentata destinate alla loro divulgazione e fruizione in situ e in remoto.

Fig. 4. Rilievo di un edificio esistente per il dimensionamento dello schema prospettico e la restituzione di Palazzo Moncada a Palermo.

Fig. 5. Determinazione della posizione della fotocamera all'interno della chiesa madre di Salemi (TP), distrutta dal terremoto del 1968.

Fig. 6. Modello ricostruttivo contestualizzato della chiesa madre di Salemi (TP) nello spazio della piazza antistante.

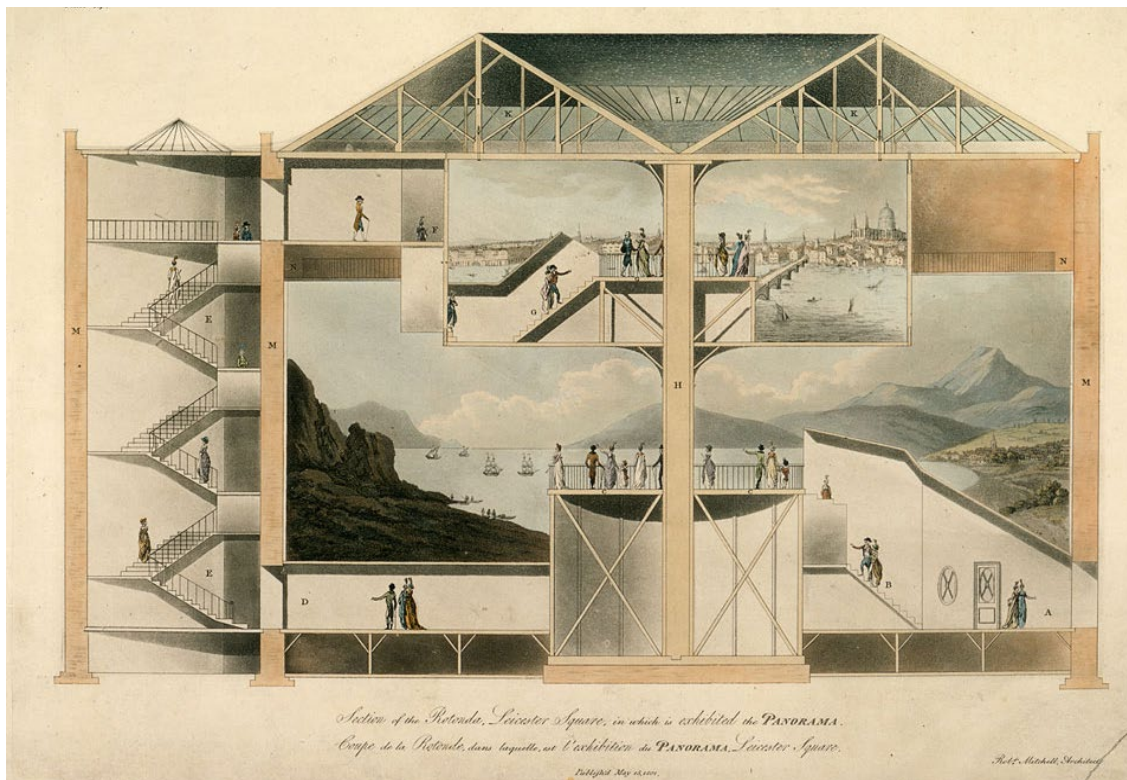




Metodi immersivi per la visualizzazione di opere d'arte e di architettura

Dalla fine del XVIII secolo tra l'Europa e gli Stati Uniti si diffuse l'uso di allestire strutture effimere destinate ad accogliere giganteschi dipinti panoramici, così realistici da offrire al pubblico un'esperienza immersiva e coinvolgente. Tali strutture, caratterizzate da una pianta di forma circolare, e pertanto definite "rotonde", ospitavano gli spettatori su una o più piattaforme di forma circolare, sopraelevate e ancorate a una grande colonna centrale che fungeva da sostegno per tutta la struttura di copertura. Da questa posizione privilegiata l'osservatore poteva osservare il panorama che si estendeva a 360° lungo la parete interna della rotonda [fig. 7]. I soggetti di tali panorami avevano lo scopo di coinvolgere emotivamente lo spettatore, con un effetto immersivo che lo proiettava all'interno di eventi storici, di paesaggi naturali o di contesti urbani; spesso, infatti, si proponevano alcune viste di importanti città da punti privilegiati o da quote elevate. Alla fine del '700 Robert Barker e il figlio Henry Aston realizzarono

Fig. 7. Robert Mitchell, 1801: Sezione della Rotonda di Leicester Square a Londra.



a Londra una rotonda nella quale vennero esibite le vedute panoramiche di Edimburgo e Londra [fig. 8].

È stata probabilmente l'esperienza percettiva proposta nei panorami ottocenteschi a suggerire, a partire dagli anni '90 del secolo successivo, una loro rielaborazione in chiave digitale, con la creazione dei cosiddetti CAVE (Cave Automatic Virtual Environment): si tratta di strutture, caratterizzate da grandi superfici curve o da un ambiente di forma cubica, all'interno delle quali uno o più spettatori si trovano avvolti, e percettivamente coinvolti, da una scena virtuale riprodotta sulle pareti, grazie all'uso di più proiettori adeguatamente sincronizzati. Nel 1997 Mel Slater e Sylvia Wilbur coniarono l'espressione "Immersive Virtual Environments" per definire un'esperienza che si crea attraverso l'uso di "una tecnologia (che utilizza) i display dei computer (per) fornire ai sensi di un utente un'ampia illusione vivida e avvolgente della realtà"². Grazie all'evoluzione della computer grafica e allo sviluppo di più performanti dispositivi hardware, il concetto di "immersività" si è oggi amplificato e sviluppato notevolmente, raggiungendo elevati livelli qualitativi: basti citare, ad esempio, l'uso dei più recenti Head-mounted display, che permettono di coinvolgere l'utente all'interno di un mondo ricreato virtualmente, o il ricorso alla realtà aumentata, che consente di contaminare e arricchire uno scenario reale con oggetti di natura digitale.

Negli ultimi anni tali tecnologie sono state largamente impiegate nella divulgazione e nel racconto di ricerche e studi sull'architettura, aprendosi e rivolgendosi a un'utenza sempre più ampia. Come già osservato, ampia parte delle ricerche e degli studi che utilizzano tecnologie digitali, e fra queste la restituzione prospettica, sono state impiegate per la ricostruzione virtuale di architetture non più esistenti o che hanno subito trasformazioni lungo il loro percorso di vita.

Esistono oggi diverse soluzioni per la generazione di output da questi scenari virtuali, o per la loro visualizzazione.

Comune è il ricorso alle immagini sferiche o equirettangolari, per la creazione di applicativi, che guidano l'osservatore all'interno di una scena virtuale osservabile da punti di vista prestabiliti, e sono in grado di offrire allo spettatore una visuale di 360° [fig. 9].

Tali immagini possono riprodurre un contesto reale, ovvero un contesto virtuale. Nel primo caso, al fine di garantire in situ la copertura di un campo visivo di 360°, l'acquisizione delle immagini viene eseguita posizionando una fotocamera standard su specifici dispositivi meccanici, ovvero utilizzando particolari camere dotate di due o più lenti grandangolari. Nel secondo caso, l'immagine panoramica del contesto virtuale, nel quale compaiono le ricostruzioni di architetture e scenari urbani non più esistenti, viene generata da specifici software.

La combinazione di immagini panoramiche reali e virtuali può condurre alla generazione di scenari ibridi, in cui la ricostruzione virtuale e l'immagine reale sono integrate mediante un processo di editing fotografico che opera la fusione di molteplici immagini equirettangolari; in questo modo, la ricostruzione virtuale appare integrata nello scenario reale.

Le immagini sferiche trovano oggi largo impiego in applicazioni per dispositivi mobili finalizzate alla fruizione di determinati contesti direttamente *in situ*, o ancora in applicazioni desktop, in cui la stessa funzione è ottenuta da remoto e on demand. Benché l'uso di immagini sferiche imponga l'adozione di predefiniti punti di osservazione, essa offre il vantaggio di un'agevole gestione computazionale, e al contempo garantisce allo spettatore un elevato livello di coinvolgimento e immersione nello scenario virtuale.

Una maggiore libertà di costruzione dell'immagine e di movimento all'interno di contesti indoor e outdoor è invece offerta dalla realtà aumentata³. Questa tecnologia, come già suggerisce la sua denominazione, è una tecnica di computer grafica che consente di arricchire uno scenario reale con oggetti virtuali e contenuti multimediali, mediante l'uso di dispositivi mobili dotati di fotocamera, come smartphone e tablet, che divengono vere e proprie finestre temporali virtuali. La particolarità di questa tecnica risiede nella capacità dell'applicativo di visualizzare i modelli virtuali sovrapposti alla scena acquisita dalla fotocamera, in tempo reale e in una prospettiva che risulta perfettamente coerente con la posizione dell'osservatore; gli elementi ricostruiti appaiono sulla scena talmente verosimili da essere percepiti come reali. In ambito architettonico questa tecnica trova il suo migliore utilizzo nella visualizzazione e ricontestualizzazione *in situ* di edifici perduti o trasformati, che si configurano come completamento dei ruderi superstiti o si sostituiscono parzialmente o in toto alla configurazione attuale. La realtà aumentata può essere altresì utilizzata per ricostruire e ricollocare virtualmente opere d'arte nel loro contesto originario [fig. 10].

Fig. 8. Robert e Henry Aston Barker, 1792: Panorama di Londra dai tetti di Albion Mills.

Fig. 9. Immagine sferica panoramica con la contestualizzazione del modello ricostruttivo della chiesa madre di Menfi (AG) distrutta dal terremoto del 1968.





I modelli digitali, infine, possono essere impiegati anche per un'ulteriore tecnica di visualizzazione, concettualmente assai affine alla realtà aumentata, ma destinata ad essere fruita in modo differente. Si tratta della elaborazione di contenuti video mediante processi di *motion tracking*; tali processi eseguono la conversione e traduzione digitale del percorso compiuto dalla camera, che può essere quindi simulato per il rendering di uno scenario virtuale. I due flussi video possono essere ibridati con tecniche di *compositing*, per la ricontestualizzazione del modello virtuale nello scenario reale [fig. 11]. Rispetto alle precedenti, questa tecnica, ampiamente utilizzata dall'industria cinematografica, amplifica notevolmente la percezione visiva dello spettatore, e inoltre, garantisce migliori possibilità di condivisione e diffusione degli *output*⁴.



Fig. 10. Visualizzazione in realtà aumentata del modello ricostruttivo della Tribuna di Gagini nell'abside maggiore della cattedrale di Palermo.

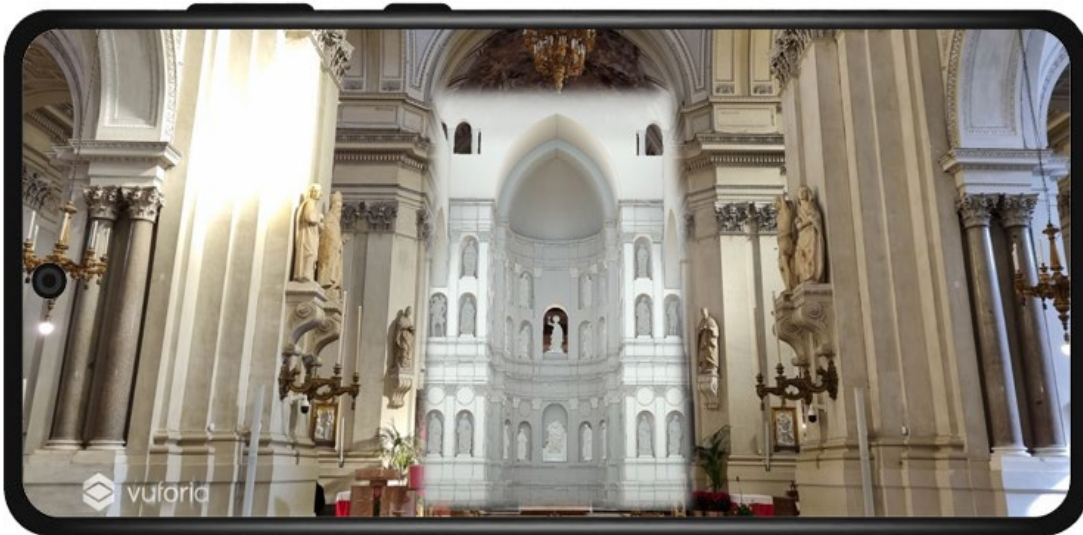
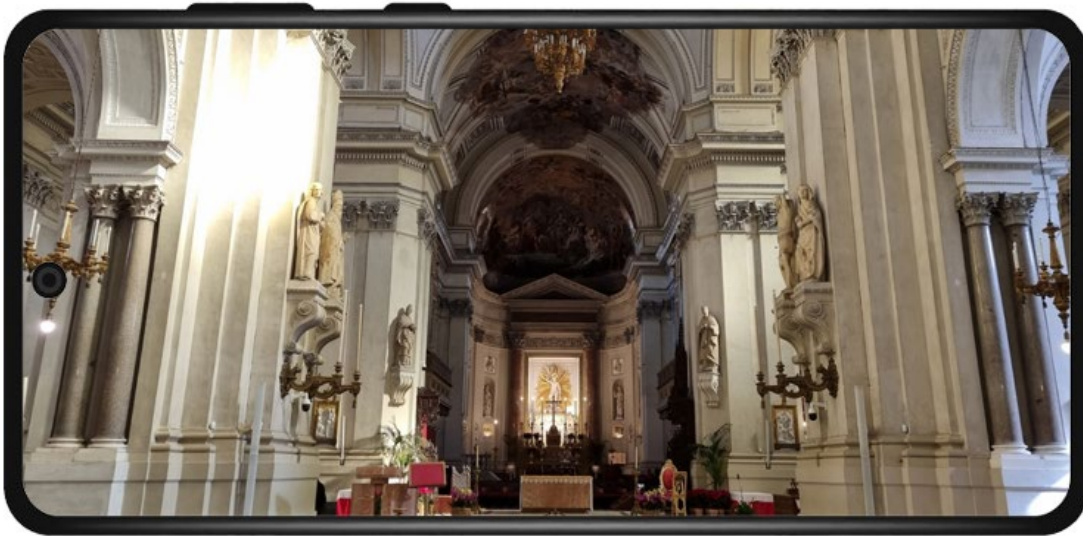


Fig. 11. Tecniche di motion tracking per la contestualizzazione del modello ricostruttivo della chiesa madre di Salemi (TP).



NOTE

* Il paragrafo *Metodi per la ricostruzione di edifici perduti* è stato scritto da Fabrizio Agnello; il paragrafo *Metodi immersivi per la visualizzazione di opere d'arte e di architettura* è stato scritto da Mirco Cannella. I contenuti relativi alle restituzioni prospettiche di edifici perduti sono estratti dalle Tesi di Laurea Corso di Studi Magistrale in Architettura dell'Università di Palermo, redatte dai Dottori: Laura Barrale (convento delle Stimate), Emilia Cavataio (palazzo Moncada), Giovanni Busacca (San Gregorio a Messina), Alain Schimmenti (chiesa

madre di Salemi), Pietro Iraci (chiesa madre di Menfi).

¹ F. AGNELLO, *Before the earthquake: reconstruction and presentation of lost sites and buildings*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. XLVI-M-1, 2021, pp. 957-964.

² M. SLATER, S. WILBUR, *A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments*, Presence: Teleoperators and Virtual, 1997, pp. 603-616.

³ M. CANNELLA, *AR methods for the visualization of the lost marble "tribuna" in the main apse of the cathedral of Palermo*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. XLVI-2/W1, 2022, pp. 129-134.

⁴ M. CANNELLA, *Hulot's Selinunte: digital analysis and virtual reconstruction*, «SCIRES-IT - SCientific REsearch and Information Technology», vol.11, Issue 2, 2021, pp. 113-124.