

Riannodare passato e presente con le foto d'archivio. Ricostruzione della chiesa delle Stimmate di Palermo

Fabrizio Agnello, Laura Barrale

Abstract

La restituzione prospettica è stata pressoché ignorata nelle ricerche incentrate sulla ricostruzione di architetture e contesti urbani da foto d'archivio, a causa dell'ampio margine di approssimazione che caratterizzava il processo di restituzione condotto con gli strumenti tradizionali del disegno. Gli strumenti digitali per la rappresentazione riducono sensibilmente il margine di approssimazione e permettono di ricostruire direttamente nello spazio tridimensionale le opere che compaiono in una singola immagine fotografica. Il caso studio prescelto è la chiesa delle Stimmate di Palermo, demolita alla fine del XIX secolo per la costruzione del teatro Massimo, principale teatro lirico della città di Palermo. La chiesa era decorata da pregiati stucchi che furono salvati dalla demolizione e sono oggi custoditi presso l'oratorio dei Bianchi di Palermo. Tre fotografie di mediocre qualità ritraggono gli stucchi nella loro originaria collocazione in corrispondenza di due nicchie contrapposte della navata, prossime all'ingresso.

La restituzione del modello prospettico e il rilievo degli stucchi hanno consentito la ricostruzione delle nicchie con gli stucchi. Ulteriori immagini e rilievi hanno condotto alla ricostruzione del fronte della chiesa, del monastero annesso e di una di una vicina porta urbana della città, demolita nello stesso periodo.

Parole chiave: chiesa delle Stimmate, teatro Massimo, restituzione prospettica, ricostruzione 3D, immagini equirettangolari.

Introduzione

La restituzione prospettica, nella sua declinazione digitale, consente di modellare, direttamente nello spazio tridimensionale, edifici raffigurati in una singola immagine fotografica. Questa tecnica offre dunque l'opportunità di ricostruire da foto d'epoca, edifici e contesti urbani distrutti o modificati da eventi bellici, disastri naturali e programmi di trasformazione urbana.

Nel 1864 l'amministrazione municipale di Palermo delibera la costruzione di un grande teatro lirico; l'area individuata per il nuovo teatro ricade sul margine settentrionale della città murata, in prossimità di via Maqueda, uno degli assi viari principali del centro storico. Lungo l'asse di via Maqueda il programma di demolizioni include l'omonima porta urbana, la chiesa delle Stimmate e il monastero annesso.

Con questa iniziativa, l'amministrazione comunale persegue un duplice obiettivo: dotare la città di un teatro lirico, secondo l'uso del tempo; aprire il centro storico verso l'espansione urbana a settentrione, con la demolizione di una parte della cinta muraria.

Viene indetta una gara di progettazione internazionale; la giuria, composta da Gottfried Semper e da due rappresentanti dell'amministrazione, nel 1868 assegna la vittoria al progetto di Giovan Battista Filippo Basile. Questi, nel 1874, redige un piano di massima della ubicazione del nuovo teatro, un'accurata planimetria dello stato di fatto dei luoghi, con la ubicazione del nuovo teatro e del perimetro degli edifici da demolire: con la chiesa delle Stimmate, il monastero annesso e porta Maqueda, il nuovo teatro richiedeva la demolizione

della chiesa di San Giuliano, del monastero annesso e di diverse unità residenziali.

Sfortunatamente il piano di Basile non riporta una scala grafica; al fine di estrarre le dimensioni di massima del perimetro della chiesa, si è provveduto a dimensionare il piano sulla carta del 1984 del centro storico di Palermo e sul rilievo con laser scanner dell'area; il confronto ha evidenziato la buona accuratezza del rilievo di Basile (fig. 1).

La chiesa delle Stimate, costruita nei primi anni del XVII secolo, aveva, come gran parte delle chiese annesse ai monasteri femminili, un'unica navata delimitata da pareti con nicchie poco profonde e conclusa da un'abside rettangolare. Le nicchie, poste ai lati della navata in prossimità dell'ingresso, erano decorate con sculture a stucco realizzate da Giacomo Serpotta, scultore di primo piano nel contesto culturale della Sicilia tardo-barocca.

La memoria dello spazio interno della chiesa è affidata a tre fotografie di mediocre qualità, pubblicate in testi che non riportano indicazioni sulla loro provenienza; le foto, scattate nel 1890, poco prima della demolizione della chiesa, trascurano

lo spazio della navata per focalizzarsi sulle nicchie decorate con stucchi (fig. 2).

Le foto furono probabilmente commissionate per documentare la posizione originaria dei gruppi scultorei, in previsione della loro rimozione e della ricollocazione in una sala del museo archeologico di Palermo. Negli anni '90 del secolo scorso gli stucchi vengono restaurati e trasferiti in una grande sala al piano terra dell'oratorio dei Bianchi, sede aggiunta della galleria regionale di palazzo Abatellis; la limitata altezza degli spazi espositivi ha di fatto impedito la riproposizione di un allestimento che evocasse la composizione originaria dei gruppi scultorei.

Anche per il fronte principale della chiesa le informazioni reperite sono scarse e frammentarie: il fronte appare in un dipinto di autore ignoto degli inizi del XVIII secolo, nel quale sono raffigurati in modo paratattico i monumenti di Palermo siti lungo il percorso della processione religiosa di Santa Rosalia.

Nel dipinto la facciata di una chiesa con la dicitura "Badia Delli Stimmati" mostra l'assetto tipico del fronte di una chiesa a tre navate, incompatibile con lo spazio a unica navata della nostra chiesa. Pur nondimeno, alcuni elementi

Fig. 1. Il Piano di Basile del 1890.



Fig. 2. Foto dell'interno della chiesa scattate nel 1890, poco prima della demolizione.



Fig. 3. Le fonti documentarie per la ricostruzione dei fronti e dell'ambiente urbano. Dall'alto verso il basso: foto di porta Maqueda del 1860; foto che ritrae le opere di demolizione del monastero e, di scorcio, la facciata della chiesa delle Stimmate; dettaglio de Il Quadro.

raffigurati nel dipinto sono stati utilizzati perché sono riscontrabili nell'unica foto dove appare la facciata.

Il fronte della chiesa è parzialmente documentato in una foto scattata da uno dei tetti degli edifici del fronte opposto di via Maqueda; la foto inquadra in primo piano il monastero annesso alla chiesa, già in fase di demolizione; sul margine sinistro della foto compare, di scorcio, una porzione del fronte della chiesa (fig. 3).

La scarsa disponibilità di documenti e notizie e la totale assenza di rilievi e disegni assegnano alle immagini fotografiche il ruolo di uniche testimonianze dell'assetto architettonico della chiesa e del suo intorno prima della costruzione del teatro. Per questo motivo tali foto costituiscono un ottimo caso studio per la sperimentazione sulla ricostruzione di edifici e contesti urbani perduti con tecniche di restituzione prospettica.

Il primo obiettivo che lo studio si è proposto è la ricostruzione della composizione dei gruppi scultorei nello spazio architettonico delle nicchie laterali della chiesa.

Stato dell'arte

La restituzione prospettica appartiene di diritto al corpus disciplinare della geometria descrittiva, come problema inverso della prospettiva. La restituzione prospettica da fotografie appartiene altresì al vasto ambito della fotogrammetria, poiché essa conduce alla restituzione di proprietà dimensionali degli edifici raffigurati nelle immagini.

In passato tale tecnica è stata utilizzata marginalmente come strumento di rilievo [Docci 1994, p. 253] o per la ricostruzione di architetture da foto d'epoca, a causa dei margini di approssimazione tipici degli strumenti tradizionali del disegno, inadeguati a garantire pur minimi livelli di accuratezza alla restituzione da immagini fotografiche.

Le dimensioni limitate delle riproduzioni a stampa delle foto e la posizione spesso inaccessibile dei punti di fuga, rendevano estremamente impreciso l'orientamento interno; inoltre, la restituzione prospettica con strumenti tradizionali conduceva alla rappresentazione di figure piane attraverso ribaltamenti sul quadro e non riusciva a sfruttare la potenzialità



di una connessione diretta tra punto di vista, immagine fotografica e oggetto.

Queste limitazioni hanno confinato la restituzione prospettica con strumenti tradizionali a una condizione di marginalità nel vasto ambito delle produzioni finalizzate alla ricostruzione congetturale.

Fig. 4. Foto e rilievo con laser scanner del gruppo scultoreo della nicchia sulla parete sinistra della navata della chiesa delle Stimate.



La disponibilità di nuovi strumenti digitali per il disegno offre oggi l'opportunità di valorizzare questa vecchia tecnica, aumentandone accuratezza ed efficacia.

Nella letteratura sulla geometria descrittiva, la restituzione prospettica è stata pressoché ignorata; un piccolo ma prezioso libro pubblicato alla fine degli anni '70, interamente dedicato all'argomento, illustrava il procedimento con una buona galleria di esempi che potevano essere trasferiti anche alla restituzione da fotografie [Fano 1979].

Alla fine degli anni '90 diversi studiosi di matematica e informatica hanno sviluppato ricerche su processi automatici per l'estrazione di linee rette, la determinazione di punti di fuga, l'orientamento interno ed esterno attraverso la combinazione [Van den Heuel 1998] di misurazioni fotografiche lineari e la conoscenza di relazioni geometriche, come la complanarità, il parallelismo, l'ortogonalità, etc. Lo scopo di gran parte di questi studi è la restituzione automatica di modelli 3D texturizzati da una singola immagine. In una fase successiva sono stati sviluppati pacchetti software sperimentali [Arslan 2014], dei quali tuttavia non emerge alcuna traccia in ricerche e pubblicazioni successive.

Gli architetti e gli studiosi di rappresentazione architettonica hanno percepito le potenzialità offerte dall'uso del disegno digitale nella restituzione prospettica. Un testo interamente dedicato all'argomento [Paris 2000] propone, per la prima volta, una dettagliata rassegna storica di metodi di restituzione descritti nei trattati sulla prospettiva. La seconda parte del testo propone una prima applicazione di metodi di rappresentazione digitale alla restituzione di fronti e piante da fotografie.

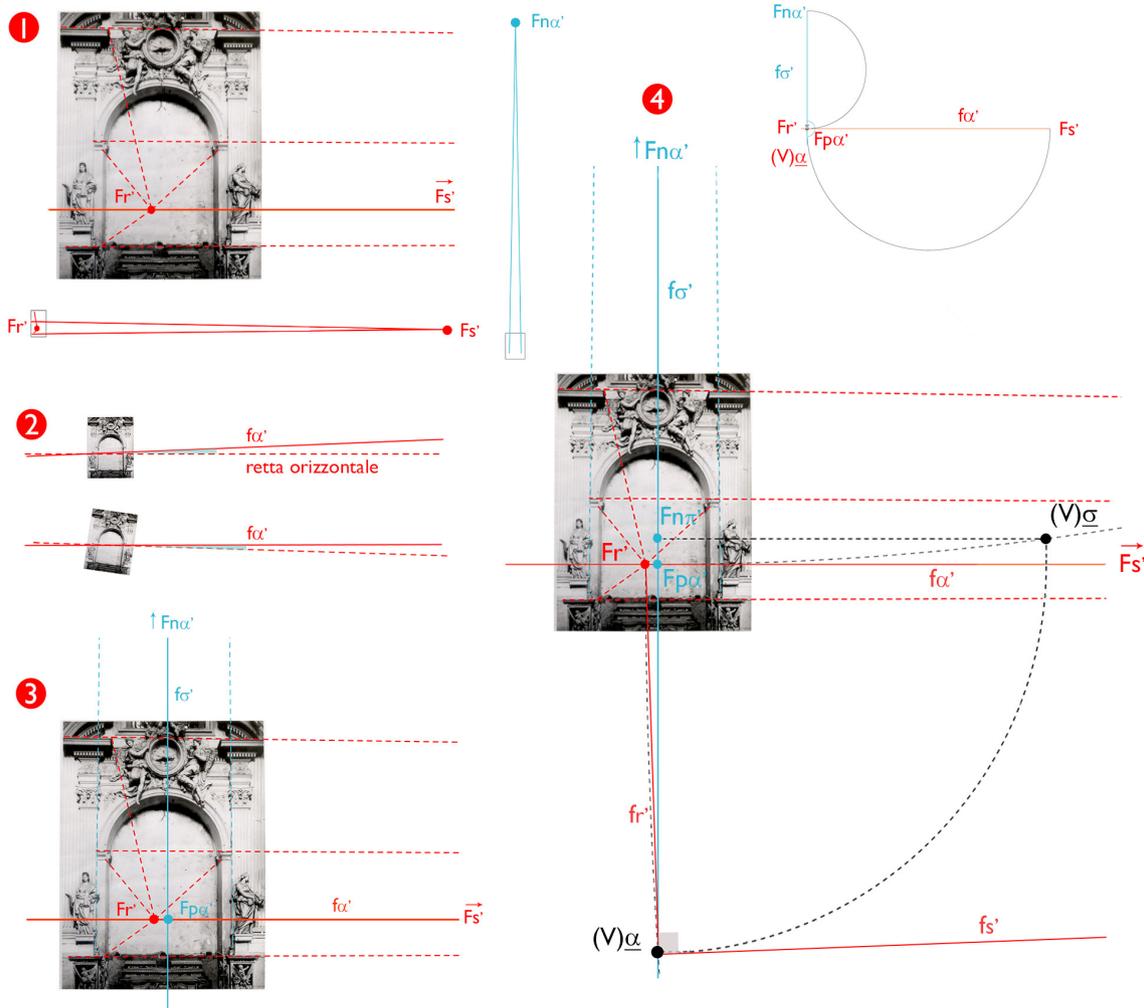
La possibilità di una proficua combinazione tra geometria descrittiva e strumenti digitali per il disegno e la modellazione, conduce alla proposta di una soluzione [Fallavolita et al. 2013] per l'orientamento interno della fotografia e per la restituzione di edifici non più esistenti, che sfrutta strumenti di modellazione 3D.

Studi successive usano la geometria descrittiva per calcolare l'orientamento delle immagini fotografiche [Dzwierzynska 2017], ma non propongono l'uso di strumenti di modellazione nello spazio 3D [Ramon-Constanti and Gomez 2020], perdendo così l'opportunità di ricostruire tridimensionalmente gli elementi raffigurati nell'immagine. Nella restituzione prospettica digitale anche il punto di fuga più distante può essere individuato, l'orientamento assoluto viene calcolato nello spazio tridimensionale, i modelli 3D possono essere costruiti usando rette e piani pro-

iettanti, la corrispondenza fra i modelli restituiti e la loro immagine nella fotografia può essere verificata visivamente da una camera virtuale posizionata sul punto di vista. La restituzione prospettica, come tutte le tecniche fotogrammetriche, non è in grado di restituire misure in modo diretto, ma solo angoli e proporzioni; al fine di costruire

modelli 3D misurabili, è necessario scalare il modello fotogrammetrico; per far ciò, è sufficiente conoscere la dimensione di un elemento raffigurato nell'immagine. Quest'informazione può essere acquisita se nell'immagine fotografica sono raffigurati elementi esistenti e misurabili; se questi elementi vengono rilevati con tecniche laser

Fig. 5. Orientamento interno della foto della nicchia.



scanning o fotogrammetriche SfM, la qualità dell'orientamento interno ed esterno dell'immagine può essere visivamente verificata dal confronto fra la nuvola di punti o la mesh dell'oggetto e la sua immagine fotografica.

Quando nessun elemento esistente compare nell'immagine, la cartografia storica può fornire informazioni angolari utili all'orientamento interno e informazioni dimensionali utili per l'orientamento esterno. In questo studio sono state utilizzate entrambe le soluzioni.

Il processo di restituzione

Lo studio indirizzato alla ricollocazione degli stucchi di Serpotta nella loro originaria disposizione all'interno della chiesa delle Stimate è stato avviato con il rilievo laser scanner delle statue nella loro attuale collocazione nell'oratorio dei Bianchi (fig. 4) e si è concluso, tramite la restituzione prospettica, con la costruzione di un modello ibrido che combina le superfici NURBS degli elementi architettonici con i modelli mesh delle statue.

La seconda fase è stata dedicata alla ricostruzione della facciata della chiesa e del suo intorno, fino a porta Maqueda; in questa fase la ricostruzione dimensionale è stata verificata attraverso il confronto con il piano di Basile.

Nel nostro caso gli stucchi di Serpotta sono l'unico frammento "misurabile" della perduta chiesa e per questo motivo essi hanno assunto il ruolo di elementi di riferimento per la restituzione prospettica; i modelli mesh sono stati ruotati intorno all'asse z per conferire ai piani di fondo delle statue la giacitura del piano xz e del piano $-xz$ nella scena digitale; l'asse x ha assunto di conseguenza il ruolo di asse di simmetria longitudinale della chiesa ricostruita [1]. È noto che l'orientamento di una foto si distingue in orientamento interno e assoluto.

L'orientamento interno conduce alla determinazione della posizione del centro di proiezione V attraverso la costruzione grafica del punto principale e della distanza principale; quando l'immagine raffigura elementi di una scena 3D legati da relazioni geometriche, l'orientamento interno conduce alla determinazione della direzione dell'asse principale nello schema di restituzione prospettico.

L'orientamento assoluto riferisce il punto di vista e la direzione dell'asse principale a un contesto spaziale documentato da rilievi o da cartografie; conduce altresì al dimensionamento dello schema prospettico, presupposto indispensabile alla restituzione di enti geometrici misurabili.

Il primo passaggio del processo di orientamento interno è di solito indirizzato all'individuazione di due punti di fuga di rette orizzontali e alla rappresentazione della linea d'orizzonte che passa per questi punti. La determinazione del punto di fuga delle rette verticali semplifica significativamente questo processo [2].

Nella restituzione prospettica da fotografie la linea d'orizzonte fa' non è mai orizzontale e il punto di fuga delle rette verticali Fna' non è mai improprio. Tali condizioni, tipiche delle prospettive disegnate, si verificherebbero nel caso in cui sia l'asse di presa che la base della macchina fotografica fossero perfettamente orizzontali; inutile dire che queste condizioni non si verificano mai.

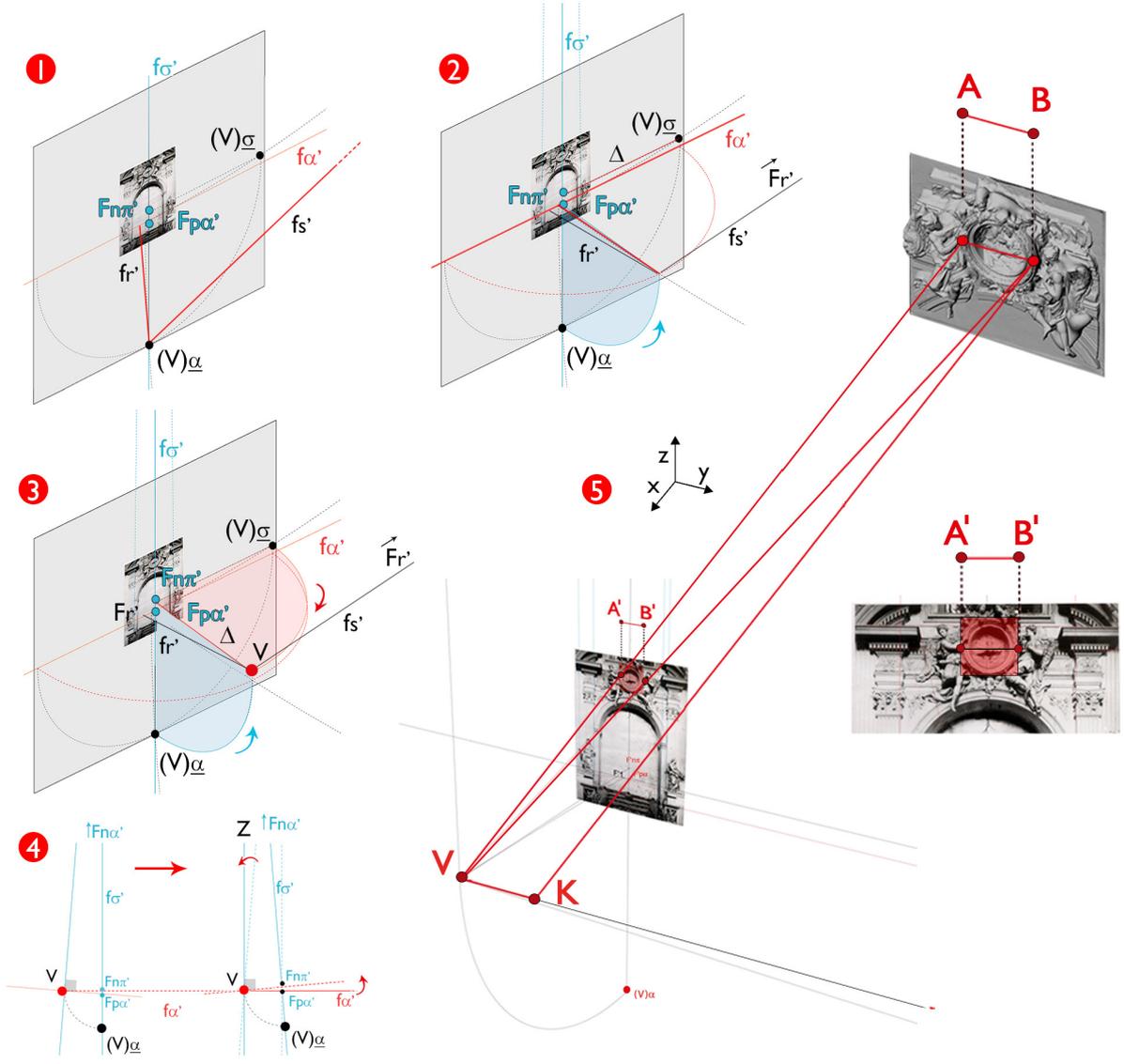
Ne consegue che il punto principale Fnp' di un'immagine fotografica non appartiene mai alla linea d'orizzonte fa' [3]. Poiché quasi sempre i fotografi professionisti operanti tra la seconda metà del XIX secolo e la prima metà del XX cercavano di tenere l'asse della camera quasi orizzontale o usavano dispositivi meccanici, come il banco ottico, per limitare le aberrazioni, nelle foto d'epoca il punto di fuga delle rette verticali Fna' è quasi sempre molto distante dall'immagine fotografica.

Il processo di restituzione è stato avviato con la fotografia della nicchia che si trovava sulla parete sinistra della navata; l'orientamento interno della nicchia può essere così riassunto: si determinano i punti di fuga Fr' e Fs' di rette orizzontali rispettivamente parallele (Fs') e perpendicolari (Fr') alla parete di fondo della nicchia; la retta che passa per Fr' e Fs' è la linea d'orizzonte fa' ; l'immagine fotografica e le rette vengono ruotate per conferire direzione orizzontale alla fa' .

Fna' è il punto di intersezione fra i prolungamenti degli spigoli delle paraste ai fianchi della nicchia; fo' è la retta verticale che passa per Fna' ed è ortogonale a fa' ; Fpa' è il punto di intersezione fra fa' e fo' (fig. 5.3).

Le rette che fuggano in Fr' e Fs' sono ortogonali tra loro; il punto V si troverà pertanto sulla semicirconferenza di diametro $Fr'-Fs'$, che appartiene al piano α . Se consideriamo la rotazione che porta α su π , il punto $(V)\underline{\alpha}$, ossia il punto V ribaltato su π secondo $\underline{\alpha}$, si troverà, sul piano dell'immagine, all'intersezione tra la semicirconferenza di diametro $Fr'-Fs'$ e la retta fo' . Poiché anche le rette che fuggano in Fpa' e Fna' sono perpendicolari, il punto V appartiene alla semicirconferenza di diametro $Fpa'-Fna'$; questa circonferenza appartiene a $\underline{\sigma}$. Se consideriamo la rotazione che porta $\underline{\sigma}$ su π , il punto $(V)\underline{\sigma}$, ossia il punto di vista V ribaltato su π secondo $\underline{\sigma}$, si troverà sul piano dell'immagine sulla semicirconferenza di diametro $Fpa'-Fna'$.

Fig. 6. Orientamento esterno della foto della nicchia.



L'arco di circonferenza di centro $Fp\alpha'$ che passa per $(V)\underline{g}$ interseca quest'ultima semicirconferenza in $(V)\underline{g}$.

La retta orizzontale che passa per $(V)\underline{g}$, corrispondente al ribaltamento su π dell'asse principale, interseca fo' ad angolo retto e determina il punto principale $Fn\pi'$; il segmento $(V)\underline{g}-Fn\pi'$ misura la distanza principale (fig. 5.4).

L'angolo individuato dall'asse principale e dalla linea che passa per $(V)\underline{g}$ e $Fp\alpha'$ misura l'inclinazione dell'asse di presa della camera.

Il punto di vista V viene dunque posizionato nello spazio sulla retta ortogonale all'immagine che passa per $Fn\pi'$ a una distanza pari alla distanza principale. Vengono infine tracciate le rette proiettanti che passano per Fr' , Fs' e $Fn\alpha'$

(figg. 6.1, 6.2, 6.3). Il processo di orientamento interno può dunque dirsi completato.

È utile osservare che, quando disponiamo dell'immagine fotografica nella sua interezza, il punto principale $Fn\pi'$ si trova all'intersezione delle diagonali dell'immagine. Quando l'immagine è tratta da una pubblicazione, o quando è presumibile ipotizzare che siano stati utilizzati dispositivi meccanici per ridurre le aberrazioni, è sempre opportuno determinare la posizione del punto principale con procedure simili a quelle appena descritte.

L'orientamento assoluto dell'immagine è stato articolato in tre passaggi: il primo è la rotazione dell'intero modello prospettico intorno a una retta che passa per V ed è parallela a

Fig. 7. Controllo visivo della corrispondenza fra l'immagine fotografica delle sculture e il loro modello mesh.



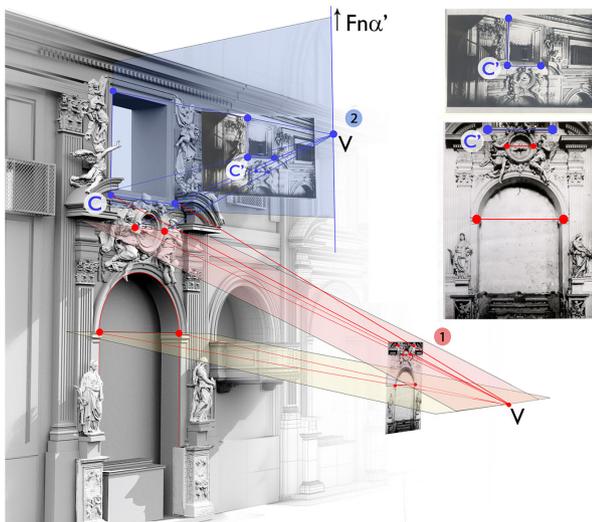
α' ; la rotazione conferisce direzione verticale, parallela all'asse z , alla retta che passa per V e $F_n\alpha'$; di conseguenza, conferisce giacitura orizzontale al piano α (fig. 6.4).

Il secondo passaggio consiste nella rotazione del modello prospettico intorno all'asse z , che assegna la direzione dell'asse x alla retta che passa per V e F_s' (fig. 6.5); vale la pena ricordare che le mesh degli stucchi sono state precedentemente ruotate in modo da rendere il loro piano di fondo parallelo al piano cartesiano xz .

Il terzo passaggio ha condotto alla scalatura del modello prospettico con l'uso di una dimensione nota: dopo aver individuato sulla mesh il diametro parallelo all'asse x del tondo che compare nell'immagine, di estremi A e B , è stato individuato un segmento $VK=AB$ sulla retta che passa per V e F_s' (fig. 6.5). Sull'immagine è stato graficamente determinato il diametro corrispondente, di estremi A' e B' , che fuga in F_s' ; nello schema prospettico sono state tracciate le rette proiettanti che passano per A' e B' .

La retta che passa per K ed è parallela alla retta proiettante che passa per A' , interseca in B la retta proiettante che passa per B' ; la retta parallela all'asse x che passa per B interseca in A la retta proiettante che passa per A' ; attraverso una traslazione dell'intero schema prospettico, il segmento

Fig. 8. Le foto della nicchia sono collegate per mezzo di un elemento visibile in entrambe le immagini.



AB restituito viene sovrapposto al segmento AB del modello prospettico (fig. 6.5). La qualità dell'orientamento dello schema prospettico è stata verificata visivamente, posizionando in V una camera virtuale di lunghezza focale corrispondente alla distanza principale. La possibilità di assegnare all'immagine fotografica un fattore di trasparenza, permette di verificare la corrispondenza fra l'immagine fotografica delle sculture e il loro modello 3D (fig. 7).

L'immagine è adesso compiutamente orientata e la fase di restituzione può dunque essere avviata.

La restituzione di uno spigolo verticale dell'apertura rettangolare sopra la nicchia illustra adeguatamente il metodo che ha condotto alla ricostruzione dei modelli 3D prodotti in questo studio (fig. 8.2): dopo aver modellato il piano verticale su cui si apre la finestra, è stato costruito un piano proiettante individuato dalla retta verticale che passa per V

Fig. 9. L'orientamento dell'immagine è verificato dalla posizione del centro di presa nel modello ricostruito.



e $Fn\alpha'$ e per un punto C' che appartiene all'immagine fotografica dello spigolo. La retta di intersezione fra questi due piani è la restituzione spaziale dello spigolo della finestra. L'intersezione fra il piano proiettante e il piano dell'immagine fotografica dovrà coincidere con l'immagine dello spigolo. La restituzione prospettica può essere condotta con una procedura "a catena", utilizzando dimensioni e direzioni restituite da una foto per l'orientamento di altre foto, dove gli stessi elementi sono interamente o parzialmente raffigurati. La

Fig. 10. Le nicchie nella navata della chiesa.



restituzione della nicchia è stata completata con l'ausilio di una seconda immagine, scattata dall'alto, che mostra la parte superiore della nicchia e una delle finestre che illuminavano la chiesa; questa foto è stata orientata utilizzando lo spigolo orizzontale inferiore della finestra, che compare in entrambe le immagini (fig. 8).

La nicchia contrapposta, ritratta nella terza fotografia dell'interno, è stata ricostruita per simmetria, ipotizzando l'invarianza delle dimensioni della nicchia.

Un'ultima verifica, facilitata dalla natura tridimensionale della restituzione prospettica digitale, riguarda la posizione della camera fotografica all'interno della scena ricostruita; se la posizione risultasse incongruente, ad esempio se V venisse a trovarsi sotto il piano di calpestio o oltre i limiti dello spazio interno della chiesa, sarebbe necessario riconsiderare l'orientamento dell'immagine. L'orientamento della terza immagine, relativa alla nicchia contrapposta e anch'essa scattata dall'alto, ha restituito una posizione di V compatibile con il posizionamento di una camera fotografica su una delle cantorie presenti all'interno della chiesa (fig. 9).

La ricostruzione congetturale dello spazio interno della chiesa è stata condotta sulla base delle dimensioni generali estratte dal piano di Basile e del confronto dimensionale e proporzionale con chiese monasteriali coeve di Palermo (fig. 10).

La terza parte del lavoro di restituzione è stata indirizzata alla ricostruzione del fronte della chiesa, con il monastero annesso, e di porta Maqueda.

La ricostruzione del fronte della chiesa è stata avviata da una foto che mostra porta Maqueda con le barricate erette durante i moti di protesta del 1860, scattata da Eugène Sevastre dall'esterno delle mura; la foto mostra, alle spalle di porta Maqueda, uno scorcio del fronte del monastero.

La colonna di un palazzo sopravvissuto alle demolizioni dell'area ha consentito l'orientamento assoluto dell'immagine e la ricostruzione di porta Maqueda e di una parte del fronte del monastero.

Lo stesso fronte appare, parzialmente in rovina, in una foto che documenta l'avvio dei lavori di demolizione; sul margine sinistro dell'immagine è ritratta di scorcio una porzione della facciata, fino all'asse di simmetria verticale.

La parte condivisa del fronte del monastero ha permesso il collegamento fra le due immagini e così la ricostruzione della facciata della chiesa e del suo immediato intorno; il confronto fra gli esiti della restituzione prospettica e il piano di Basile ha permesso un controllo più accurato del processo e ha mostrato un buon livello di corrispondenza, con margini di errore prossimi ai 10 cm.

L'ultima fase della ricerca è stata indirizzata all'allineamento di immagini equirettangolari prodotte da foto acquisite in situ, con immagini corrispondenti estratte dal modello di ricostruzione.

L'allineamento delle due immagini permette la sincrona visualizzazione dello stato di fatto dei luoghi e della loro ricostruzione prima delle trasformazioni urbane, rendendo accessibile a un'ampia platea di utenti la comprensione delle trasformazioni urbane che hanno interessato quest'area.

L'allineamento richiede l'accurata determinazione del punto di presa e l'allineamento tra il sito e il modello ricostruttivo. L'allineamento è stato facilitato dalla sovrapposizione fra il piano di Basile e la carta del centro storico del 1984.

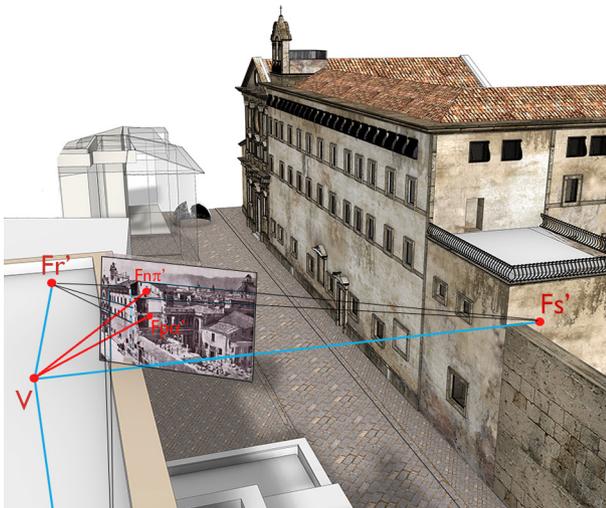
La posizione delle immagini equirettangolari [4] è stata calcolata con procedure fotogrammetriche SfM, attraverso la costruzione di un modello fotogrammetrico che combina immagini standard acquisite con lenti 35 mm e immagini acquisite con lenti *fish-eye*.

Allo stesso tempo, la nuvola di punti prodotta dal rilievo dell'area con laser scanner è stata orientata sulla carta del 1984.

Le coordinate di punti, estratte dalle scansioni laser, hanno permesso di scalare il modello fotogrammetrico e riferirlo alla carta del 1984 e, di conseguenza, al piano di Basile.

Nel modello ricostruttivo le immagini equirettangolari sono state utilizzate per texturizzare sfere posizionate sui punti calcolati fotogrammetricamente.

Fig. 11. Ricostruzione delle facciate e del contesto urbano.



Una camera virtuale posizionata nel centro di una sfera permette di visualizzare l'immagine equirettangolare del sito; riducendo l'opacità della sfera è possibile visualizzare il modello ricostruttivo, permettendo così una immediata visualizzazione del confronto fra lo stato attuale dei luoghi e quello perduto (fig. 11).

Conclusioni

Lo studio ha condotto alla ricostruzione congetturale di monumenti e porzioni di tessuto urbano distrutti nell'ambito di programmi di rinnovamento urbano e documentati esclusivamente attraverso immagini fotografiche d'epoca. L'orientamento interno delle immagini fotografiche è stato determinato applicando i principi della geometria descrittiva, mentre l'orientamento esterno è stato determinato con l'ausilio di cartografie storiche e di rilievi digitali di elementi visibili nelle immagini fotografiche.

Il modello ricostruttivo di due nicchie della chiesa delle Stimate, raffigurate nelle immagini, ha permesso il riposizionamento di sculture scampate alla demolizione e oggi esposte in una struttura museale. Il modello ricostruttivo a scala urbana facilita la comprensione delle trasformazioni avvenute. La restituzione prospettica rimane un processo approssimativo, ma lo studio ha dimostrato che gli strumenti digitali



riducono notevolmente l'errore delle restituzioni pre-digitali e permettono di validare visivamente l'allineamento fra le fotografie e le corrispondenti viste del modello 3D.

La parte conclusiva dello studio è stata dedicata all'uso di immagini equirettangolari per la fruizione diffusa degli esiti di ricerche sulla ricostruzione di contesti perduti; l'allineamento fra le immagini del sito e quelle estratte dal modello rico-

struttivo è stato prodotto con l'ausilio di tecniche fotogrammetriche SfM. Ulteriori fasi della ricerca saranno orientate allo sviluppo di applicazioni che permettano la visualizzazione simultanea di immagini equirettangolari su dispositivi portatili (smartphone e tablets) e alla sperimentazione sulla visualizzazione della chiesa delle Stimate nel percorso di visita all'interno della sala con gli stucchi nell'oratorio dei Bianchi.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il prof. Ettore Sessa, che ha contribuito allo studio offrendo fondamentali indirizzi sulla ricostruzione delle vicende storiche legate alla costruzione del teatro Massimo e ha seguito con interesse tutte le fasi di sviluppo della ricerca. Desiderano altresì ringra-

ziare la dott.ssa Evelina De Castro, direttrice della galleria regionale di Palazzo Abatellis, per aver facilitato le operazioni di rilievo degli stucchi e il dott. Gabriele Guadagna, per aver supportato la ricerca archivistica e la trascrizione di documenti relativi al monastero delle Stimate.

Note

[1] Le scansioni sono state acquisite con uno scanner a modulazione di fase Leica HDS7000 e sono state orientate con il software Autodesk Recap Pro. La restituzione prospettica, la modellazione 3D e il texturing sono stati sviluppati con il software McNeel Rhinoceros 6.0. Ulteriori fasi di elaborazione delle nuvole di punti (campionatura, rotazione, calcolo delle normali, estrazione delle mesh) sono state sviluppate con il software gratuito CloudCompare.

[2] Nel caso in cui sia possibile ottenere i punti di fuga di rette orizzontali ortogonali tra loro e il punto di fuga di rette verticali, il punto principale è l'ortocentro del triangolo che ha per vertici i tre punti di fuga. In questo caso la posizione del punto di vista nello spazio è data dall'intersezione di tre sfere; ciascuna sfera ha centro nel punto medio di un lato del triangolo e diametro pari alla sua lunghezza.

[3] In questo studio viene adottata la seguente simbologia: V è il punto

di Vista; π è il quadro; α è il piano orizzontale di riferimento; $\tau\alpha$ è la linea di terra, ossia la retta di intersezione tra α e π ; $F\pi\pi'$ è il punto principale, ovvero il punto di fuga delle rette che sono perpendicolari (normali) al quadro π ; α' è il piano proiettante parallelo ad α ; $f\alpha'$ è la Linea d'orizzonte, ossia la retta di intersezione fra π e α' ; $F\pi\alpha'$ è il punto di fuga delle rette verticali, perpendicolari (normali) ad α' ; σ è un piano ortogonale alla $\tau\alpha$ e alla $f\alpha'$; σ' è il piano proiettante parallelo a σ ; $f\sigma'$ la retta di intersezione fra π e σ passa per $F\pi\alpha'$ ed è perpendicolare alla $f\alpha'$; $F\sigma\alpha'$, il punto di intersezione fra $f\sigma'$ and $f\alpha'$, è il punto di fuga delle rette di massima pendenza di α , generate dall'intersezione di piani paralleli a σ e α . La notazione utilizzata è un omaggio alle illuminanti lezioni di geometria descrittiva tenute dal prof. Michele Inzerillo all'università di Palermo fino al 2015.

[4] Le immagini equirettangolari sono state generate con il software Pt-GUI da gruppi di 7 immagini acquisite con una fotocamera reflex con obiettivo *fish-eye*, montata su un braccetto Nodal Ninja.

Autori

Fabrizio Agnello, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Palermo, fabrizio.agnello@unipa.it
Laura Barrale, architetto, lbarrale@libero.it

Riferimenti bibliografici

Arslan, O. (2014). 3D Object Reconstruction from a single Image. In *International Journal of Environment and Geoinformatics*, n. 1, pp. 21-28.

Docci, M., Maestri D. (1994). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Bari: Laterza.

Dzwierzynska, J. (2017). Establishing Base Elements of Perspective in Order to Reconstruct Architectural Buildings from Photographs. In *WMESS 2017. Atti del World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium 2017*. Prague, Czech Republic, 11-15 september; vol. 95, pp. 1-7. <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/95/3/032022/pdf>> (consultato il 12 maggio 2021).

Fallavolita, F., Migliari, R., Salvatore M. (2013). Monge e il problema del

vertice di piramide: una applicazione alla restituzione di quote e volumi da una fotografia del 1892. In *DisegnareCon*, vol. 6, n. 12, pp. IX/1-9.

Fano G. (1979). *La restituzione prospettica da prospettiva razionale*. Bari: Dedalo.

Paris, L. (2000). *Il problema inverso della prospettiva*. Roma: Kappa.

Ramon-Constanti, A., Gomez, A. (2020). Perspective restitution from a photograph. In *EGA*, n. 146, pp. 146-156.

Van den Heuvel, F.A. (1998). 3D reconstruction from a single image using geometric constraints. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing*, n. 53, pp. 354-368.