

# DAL RILIEVO ALLA MAQUETTE: IL CASO DI SAN MICHELE IN ISOLA

di Caterina Balletti, Andrea Adami, Francesco Guerra, Paolo Vernier



Figura 1 - Vista della facciata e del sagrato, attraverso la nuvola di punti.

L'esperienza condotta su San Michele in Isola si inserisce nel filone di ricerca della geomatica applicata allo studio dei Beni Culturali. Il rilievo di una facciata, operazione tradizionale in architettura, si caratterizza infatti come campo di applicazione per nuove tecnologie e strumenti e come possibilità di verifica delle metodologie già consolidate. Dopo alcuni anni dal rilievo delle facciate monumentali delle chiese palladiane a Venezia, il Laboratorio di Fotogrammetria si è impegnato nel rilievo della facciata del Codussi con lo scopo di integrare diverse metodologie di rilievo. La nuvola di punti, strumento molto utile nella realizzazione di disegni al tratto e di modelli tridimensionali, in questo caso deriva sia dalla scansione laser scanner sia dall'applicazione della fotogrammetria multimagine alle immagini acquisite mediante un Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Oltre alle fasi di acquisizione in questa pubblicazione si vuole ragionare sulla comunicazione del disegno di architettura e sulla possibilità di affiancarlo con una maquette per comprendere a pieno tutti gli aspetti tridimensionali.

In architettura il tema della facciate è senza dubbio uno dei più studiati e analizzati. I prospetti infatti sono l'elemento che maggiormente connota e contraddistingue un'architettura. Nel corso della storia le facciate delle chiese sono sempre state oggetti di rilievo e ridisegno sia per lo studio delle soluzioni utilizzate dagli architetti sia come strumento progettuale. Assai noti sono i disegni degli architetti rinascimentali, le immagini del Grand Tour e delle Accademie. Queste rappresentazioni, molto ricche di dettagli, mettono in evidenza però le difficoltà delle fasi mensorie. Confronti tra rilievi classici e rilievi strumentali odierni hanno dimostrato che la maggior parte degli errori è collocata nelle parti alte delle facciate. E tale comportamento è chiaramente riconducibile alla difficoltà di misurare le parti alte delle facciate laddove non sia possibile ricorrere a mezzi di elevazione o a punti rialzati, caratteristici del contesto edilizio in cui sorge la facciata.

Il Laboratorio di fotogrammetria dell'Università Luav di Venezia si è a lungo impegnato nel rilievo di fronti e facciate monumentali. Nel 2008, in occasione del 500° anniversario della nascita di Andrea Palladio, il laboratorio di fotogrammetria ha realizzato il rilievo sistematico delle facciate delle chiese palladiane a Venezia. In quella occasione sono state utilizzate diverse metodologie di rilievo come la topografia, la fotogrammetria analogica e digitale ed il laser scanner per individuare quella più efficace e per mettere in evidenza vantaggi e svantaggi di ognuna. Dalle esperienze condotte è stato confermato che tutti i metodi elencati, basandosi sull'uso di sistemi ottici di misura, a sensore attivo e passivo, presentano delle lacune nelle zone alte dei prospetti sia per la cattiva condizione geometrica della presa (immagini molto scorciate) sia perché si formano evidenti zone d'ombra causate dagli aggetti della facciata stessa. Questo problema viene generalmente risolto alzando il punto di acquisizione/vista per mezzo di piattaforme elevatrici che richiedono però un notevole sforzo organizzativo e logistico. L'esperienza condotta a Venezia ha mostrato che in alcuni condizioni particolari, queste operazioni diventano molto impegnative. La collaborazione con il Museo Correr di Venezia ha permesso al laboratorio di fotogrammetria di affrontare nuovamente a distanza di alcuni anni il tema del rilievo delle facciate e di utilizzare nuovi strumenti e metodi sviluppati negli anni più recenti. La mostra, organizzata dal Museo Correr, per la primavera 2012 è incentrata sul ruolo della cultura camaldolese a Venezia e ha consentito di focalizzare l'attenzione sulla facciata della chiesa di San Michele in Isola, un tempo sede dell'ordine Camaldolese in laguna. Una sala dell'esposizione è infatti dedicata alla facciata rinascimentale, progettata da Mauro Codussi tra il 1468-79, di cui non esisteva un rilievo preciso. L'aspetto espositivo ha portato anche a riflettere non solo sulle metodologie di rilievo da applicare, ma sui metodi di rappresentazione più adatti per raggiungere non solo gli specialisti, ma anche un pubblico più vasto. Con questo obiettivo oltre al tradizionale prospetto, sono state elaborate altre rappresentazioni tra cui le ortofoto che coniugano la descrizione fotografica con la precisione metrica. Inoltre è stata realizzata una maquette in resina in scala 1:500 della facciata per poter comprendere, in modo immediato, la plasticità della facciata e la tridimensionalità del progetto.

In questo articolo si vuole descrivere il percorso svolto dal rilievo alla modellazione e alla stampa solida. In particolare si vuole porre l'attenzione sull'integrazione dei sistemi di acquisizione necessari per risolvere alcuni degli aspetti sopracitati. Tra questi i sistemi laser a differenza di fase, l'uso di UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) per l'acquisizione fotografica e di software per il *Dense Stereo Matching* fino alla tecnologia di polimerizzazione per la stampa 3d della facciata.

## I CAMALDOLESI E LA FACCIATA DI SAN MICHELE IN ISOLA

La presenza dei monaci camaldolesi nella laguna veneziana, ed in particolare sull'isola di San Michele è attestata sin dal 1212. Qui i monaci costruirono una chiesa ed un eremo, che nel 1250 divenne monastero e verso la fine del secolo fu elevato ad abbazia. Dalla fine del Trecento sino a tutto il Quattrocento vi era attivo uno *scriptorium* dove numerosi monaci calligrafi e miniaturisti trascrivevano manoscritti da destinare alla biblioteca del monastero o alla vendita. Il ruolo dell'ordine camaldolese nella cultura veneziana, e non, è assai rilevante se si pensa che visse e lavorò a San Michele il famoso cartografo Fra' Mauro, autore del celebre mappamondo.

Nel 1468 i frati camaldolesi affidarono al giovane Mauro Codussi la ricostruzione della facciata della chiesa di San Michele. Si tratta di un progetto complesso poiché la chiesa sorge in una posizione molto particolare nella laguna, visibile da grandi distanze. Il Codussi progettò per i camaldolesi una facciata fortemente rinascimentale, una novità nell'ambiente veneziano.

La facciata, realizzata in pietra d'Istria, è suddivisa in tre parti a richiamare la suddivisione dello spazio interno in tre navate. E' composta da un'alta sezione centrale con un timpano semicircolare, collocato tra due quarti di cerchio corrispondenti alle navate laterali. Nella parte superiore le paraste sostengono una trabeazione completa, che percorre tutta la sezione centrale. Nella parte centrale, si trova un rosone centrale contornato da quattro oculi in marmo policromo. Nella parte inferiore della chiesa compare un bugnato che prosegue sia sulle pannellature principali sia sulle lesene.

Numerosi sono gli elementi finemente decorati presenti sulla facciata: dai capitelli, al portale d'ingresso fino alle rosette in corrispondenza dei timpani ricurvi e alla cornice del rosone principale decorata con un motivo a catena.

Per il rilievo della facciata sono state integrate diverse tecniche e strumenti con lo scopo di ottenere una rappresentazione metricamente corretta e controllata della facciata.

### Il rilievo Laser Scanner

La prima parte del rilievo è stata condotta con un laser scanner a differenza di fase. Come già osservato in occasione del rilievo delle facciate veneziane, il laser scanner risulta uno strumento particolarmente adatto per la digitalizzazione dei prospetti perché consente di acquisire grandi quantità di dati in tempi contenuti. La nuvola di punti che si ottiene attraverso la scansione laser può essere considerata una rappresentazione della facciata di tipo continuo grazie all'alta risoluzione dei punti.

L'acquisizione della facciata è stata condotta con lo strumento Faro Focus 3D. Questo laser scanner funziona con il principio della differenza di fase per la determinazione della distanza dal centro dello strumento. Si caratterizza per un'alta velocità di acquisizione (fino a 900.000 punti/sec) e un'alta precisione ( $\pm 2$  mm tra 10 e 25 m). Pur essendo uno strumento a differenza di fase, il range di misura è piuttosto ampio: consente infatti di misurare fino a distanze di 120 metri.

Oltre all'acquisizione della geometrica, il Focus 3D consente anche l'acquisizione del valore radiometrico attraverso il sensore integrato nel sistema. Nell'ultima versione lo strumento è caratterizzato dalla presenza di un sensore barometrico (per la quota) e da una bussola (per l'orientamento delle nuvole). Il Faro Focus 3D rappresenta inoltre un fenomeno interessante per il mercato perché ha un prezzo molto contenuto rispetto agli altri concorrenti.

L'acquisizione della facciata è stata progettata seguendo lo schema di prese già evidenziato nello studio delle facciate veneziane. Richiama infatti lo schema della fotogrammetria convergente monoscopica che prevede una presa centrale, una da destra ed una da sinistra per poter minimizzare le zone d'ombra (almeno quelle con andamento orizzontale). Si è scelto di fare le scansioni alla massima risoluzione per ottenere una nuvola di punti molto densa e consentire quindi di estrarre una simil-ortofoto ad alta risoluzione.

Sono state realizzate 4 scansioni dello spazio esterno per poter contestualizzare il prospetto della chiesa. Inoltre sono state fatte altre 4 scansioni all'interno della chiesa per poter indagare il rapporto della facciata con l'interno della chiesa. In questo contesto è particolarmente efficace lo strumento poiché consente di acquisire l'intera calotta sferica, con un ricoprimento orizzontale di 360 gradi e verticale di 270 gradi (fig. 1).

La somma delle 4 scansioni ha permesso di avere, per la sola facciata, una nuvola di circa 45 milioni di punti con un passo nella parte inferiore di circa 1 mm e nella parte superiore attorno a 5 mm.

La registrazione delle nuvole di punti è stata realizzata per via topografica. I target, riconosciuti in modo semiautomatico dal software dedicato Faro Scene, sono stati rilevati con una stazione totale per garantire la verticalità del sistema di riferimento locale e per la gestione di tutte le scansioni - dell'interno e dell'esterno - in un unico sistema di riferimento. La georeferenziazione inoltre è stata affinata aggiungendo alcuni vincoli geometrici. Ad esempio sono stati individuati alcuni piani con giacitura orizzontale e verticali che sono stati utilizzati come *tie-plane* tra le diverse scansioni.

Primo risultato del rilievo è stato quindi la nuvola di punti ottenuta mediante laser scanner in cui sono evidenti le lacune determinate dagli aggetti della facciata. Nelle zone sovrastanti le trabeazioni (fig. 2) è infatti riconoscibile una fascia in cui non si hanno dati (circa 0.4 m l'ombra della prima trabeazione e fino a 1.2 m sulla seconda trabeazione).

Nel caso di San Michele in Isola questo effetto è particolarmente evidente poiché il sagrato della chiesa ha una profondità contenuta (circa 8 metri) e quindi non è possibile effet-

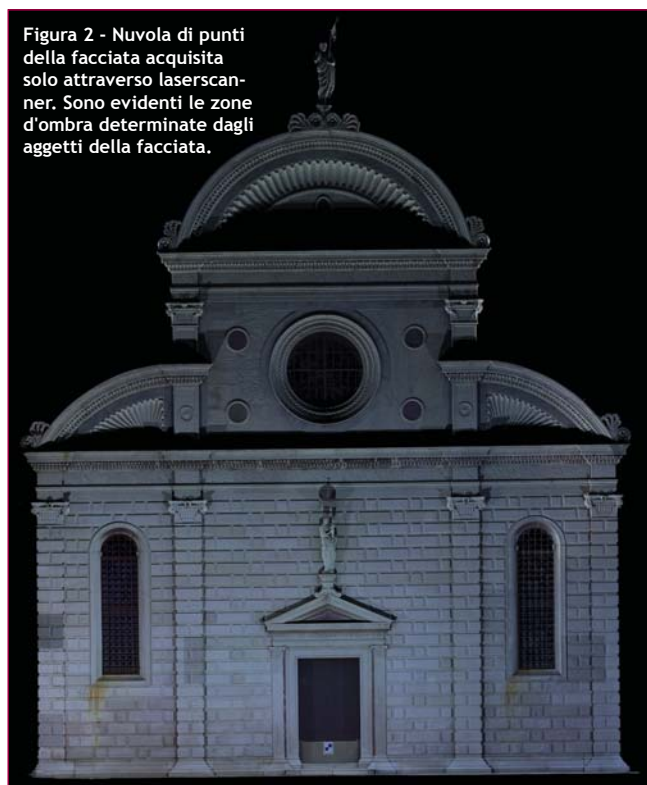
tuare l'acquisizione da distanze maggiori. Le caratteristiche della facciata rendono particolarmente gravi queste lacune. Non si riesce infatti ad ottenere una rappresentazione completa delle conchiglie che sono poste in corrispondenza delle parti sommitali delle navate laterali

#### *Il rilievo UAV e fotogrammetria multi-image*

Per ovviare alle mancanze evidenziate nelle nuvole di punti generalmente si ricorre all'utilizzo di mezzi meccanici per alzare il punto di vista (carrelli elevatori o piattaforme mobili) da cui effettuare le prese fotogrammetriche o altre scansioni laser. In contesti particolari come quello veneziano, ricorrere a tali sistemi diventa molto complesso sia per la movimentazione dei mezzi, sia perché la portanza del piano di calpestio è assai limitata. Quest'ultimo aspetto obbliga ad utilizzare sistemi leggeri che non consentono di raggiungere grandi altezze e comunque sono relativamente instabili.

Per tutte queste ragioni, in occasione di questo rilievo, si è scelto di ricorrere ai sistemi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) che negli ultimi anni hanno avuto un notevole sviluppo per quanto riguarda la manovrabilità e la possibilità di volo stazionario in accordo con lo sviluppo elettronico. Questi sistemi sono caratterizzati da un limite di peso trasportabile, ma possono senza problemi montare camere digitali per le riprese dall'alto.

In una seconda fase del rilievo le prese fotografiche dall'alto (fig. 3) sono state realizzate con strumentazione low cost e amatoriale: un elicottero Align Trex, equipaggiato con GPS e camera compatta Sony Nex 5 con ottica fissa 24 mm. Il velivolo è stato pilotato da terra seguendo delle traiettorie che potessero permettere di acquisire delle strisciate adatte ad una restituzione con un sistema multi-immagine. Il percorso e gli scatti della camera sono stati controllati e registrati tramite pc.



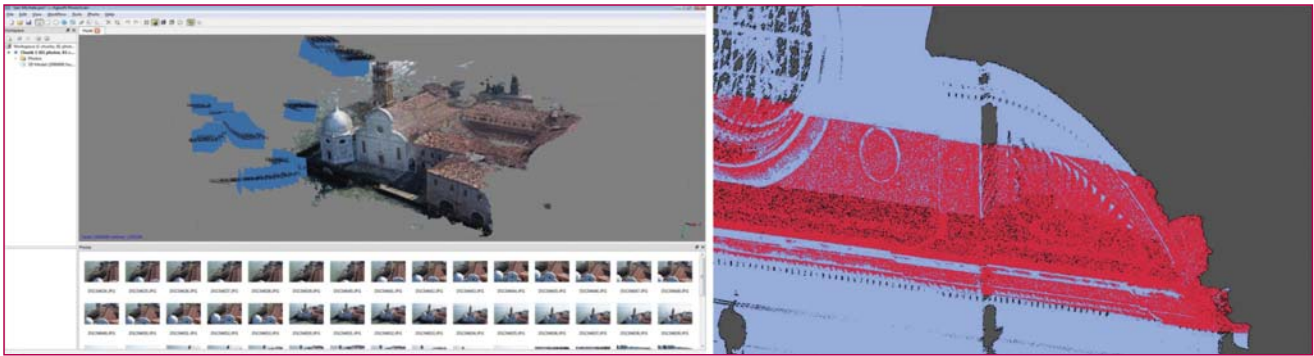


Figura 5, 6 - Schermata del software Agisoft Photoscan; (a destra) unione delle nuvole di punti. In blu la nuvola acquisita con laserscanner, in rosso quella acquisita con sistema multi-image da UAV

In questo caso, dovendo volare vicini all'architettura, si è preferito controllare manualmente l'elicottero e non tramite un sistema auto-pilot per evitare errori della traiettoria causati da eventuali perdite del segnale, che potevano causare danni alla facciata.

Per le immagini si è preferito lavorare senza impostare un tempo di scatto prefissato, ma osservando l'inquadratura da terra e scattando in remoto in modo da poter avere un ottimo controllo del ricoprimento e del soggetto inquadrato.

Le operazioni, condotte in tre sessioni di volo di circa 7 minuti ciascuno, sono state condotte nell'arco di una mattinata evidenziando così anche un notevole risparmio di tempo rispetto agli altri sistemi utilizzabili.

Al termine dell'acquisizione le oltre 500 immagini sono state utilizzate per integrare i dati già acquisiti (fig.4). Tra le diverse possibilità, si è scelto di ricorrere alla fotogrammetria multi-immagine per ottenere una nuvola di punti da integrare con quella esistente.

I fotogrammi sono stati elaborati con il software Photoscan di Agisoft per ottenere un modello tridimensionale della parte superiore della facciata, in particolare della zona che risultava in ombra nel modello ottenuto attraverso il laser scanner. Il software utilizza algoritmi robusti che consentono di orientare i fotogrammi anche se acquisiti con una configurazione non corrispondente ai principi fotogrammetrici. Le operazioni, che avvengono in locale e non attraverso un web server, sono completamente automatiche e l'operatore può impostare solamente alcuni parametri legati alla qualità dei prodotti desiderati (orientamento, costruzione del modello). Non vengono date indicazioni esplicite sul risultato dell'orientamento o della costruzione del modello, per cui le operazioni di verifica si basano sul confronto con modelli di riferimento (se disponibili) oppure attraverso un'osservazione di tipo qualitativo. Test condotti in precedenza dal Laboratorio di Fotogrammetria sul questo software e su altri sistemi di fotogrammetria multi-immagine hanno confermato che Photoscan permette di ottenere dei modelli accurati ed affidabili. E' necessario tuttavia fare attenzione alla fase di scalatura del modello, per ottenere i migliori risultati.

Per la ricostruzione della facciata, sono stati realizzati diversi modelli per completare le lacune evidenziate. Ad esempio nel modello della fascia immediatamente superiore all'architrave che comprende anche le conchiglie sono state utilizzate 21 immagini. Il modello di punti ottenuto è stato messo in scala utilizzando non una misura nota, ma ricorrendo ai punti acquisiti con il laser scanner. In questo modo la nuvola di punti ottenuta per via fotogrammetrica è stata non solo scalata ma anche georeferenziata rispetto ai dati laser (fig. 5 e 6). L'allineamento dei due dataset è avvenuto con scarti di 3mm.

Altri modelli sono stati realizzati per i dettagli della facciata come le rosette in corrispondenza dei timpani curvi e la statua sulla sommità (fig. 7)

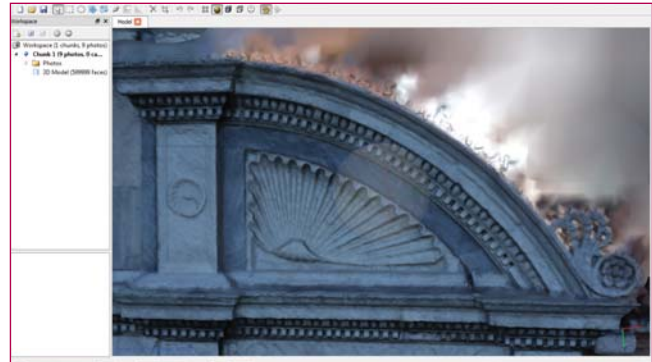


Figura 7 - Schermata con la ricostruzione virtuale della conchiglia.

Al termine delle operazioni di rilievo in campagna si è prodotto un'unica nuvola di punti, in cui i dati laser scanner sono stati integrati con quelli ottenuti attraverso il *dense stereo matching*.

Sebbene la nuvola estratta per via fotogrammetrica sia più rumorosa di quella laser scanner, si è rivelata essenziale per poter colmare le lacune già evidenziate. Il valore RGB della nuvola ottenuta per via fotogrammetrica completa la descrizione geometrica data della facciata.

#### PRIMI RISULTATI DEL RILIEVO 3D

I primi prodotti elaborati dalla nuvola di punti totale sono stati il disegno della facciata in scala 1:20 e la quasi-ortofoto nella medesima scala. Per ottenere questi elaborati si è ricorsi ad una pipeline ormai consolidata nel trattamento delle nuvole di punti. E' stato infatti utilizzato il software *Pointools* che permette di gestire grandi quantità di punti in modo molto efficace. In particolare è stato possibile ottenere una quasi-ortofoto attraverso la proiezione dei punti colorati su un piano parallelo alla facciata con un pixel size di 2 mm.

Il plugin di *Pointools* permette inoltre di gestire la nuvola in ambiente *Autocad* e di elaborare in tempo reali sezioni e viste ortogonali che sono state utilizzare per il ridisegno della facciata secondo il linguaggio tradizione del prospetto d'architettura. Ogni singolo elemento è stato infatti restituito basandosi sulla nuvola di punti e su una nutrita documentazione fotografica di dettaglio. Sono stati rappresentati non solo gli elementi dell'architettura, ma anche gli elementi scultorei (la madonna sopra il portale d'ingresso e la statua di San Michele sulla sommità della chiesa) e i dettagli come il bugnato. Infine si è scelto di rappresentare anche tutti i concetti di cui è composta la facciata per consentire agli studiosi di valutare non solo gli aspetti figurativi, ma anche quelli tettonici.

Gli elaborati, ortofoto e prospetto, sono stati infine sovrapposti per verificare la correttezza di tutte le operazioni.

Figura 8 - Mappa di profondità della facciata in cui si evidenziano i fuori piombo.

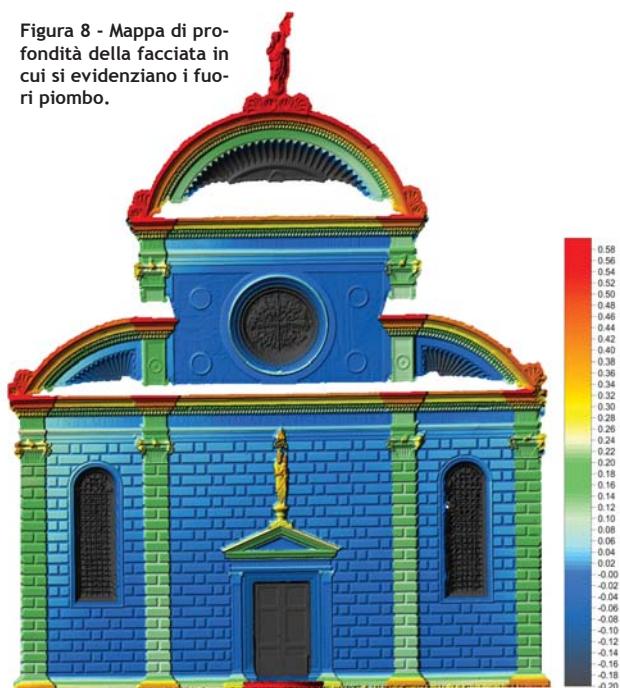
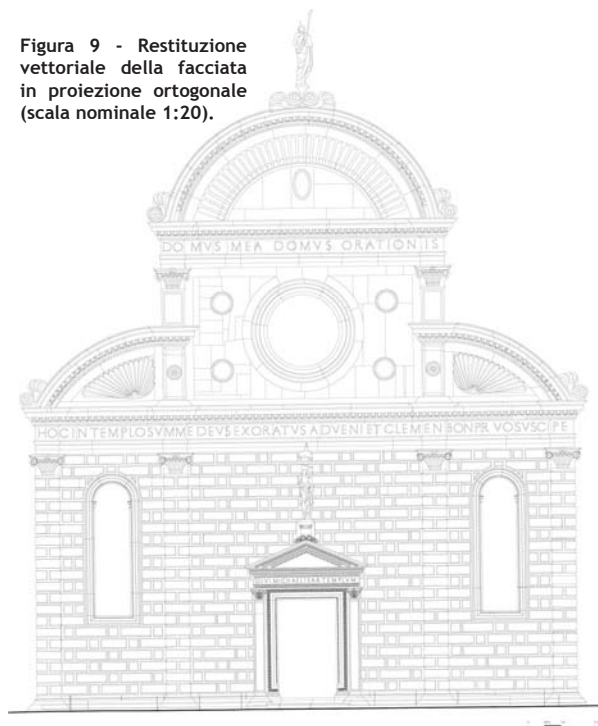


Figura 9 - Restituzione vettoriale della facciata in proiezione ortogonale (scala nominale 1:20).



La nuvola di punti e il prospetto hanno permesso inoltre di analizzare in modo più approfondito la facciata e di mettere in evidenza alcune caratteristiche. Dal disegno del prospetto risulta evidente infatti, se si segue l'andamento degli elementi orizzontali - ad esempio le bugne e la trabeazione - che la facciata è inclinata e tutte le linee "cadono" verso sinistra. Oltre alla rotazione sul piano proprio della facciata, con la nuvola di punti si è potuto mettere in evidenza il fuori piombo di alcune porzioni. La rappresentazione in falsi colori della facciata (fig.8) consente infatti di individuare alcune parti della facciata che presentano un comportamento di fuori piombo. Dalla lettura simultanea di questi due effetti si può supporre un cedimento che ha causato la rotazione e il fuori piombo di alcune parti.

Sempre dalla mappa di profondità a falsi colori è inoltre possibile ipotizzare alcune scelte precise a livello progettuale. Alcuni storici ipotizzano infatti che Codussi abbia progettato la facciata tenendo conto dello stretto spazio antistante. E abbia quindi progettato la parte superiore leggermente aggettante rispetto a quella inferiore in modo da esser più visibile dal sagrato.

### LA MAQUETTE

L'ultima parte del lavoro, tuttora in corso, riguarda la maquette della facciata. La scelta di realizzare un modello reale in scala 1:50 si inserisce nella lunga tradizione dei modelli d'architettura e nella prassi, verificata anche nel caso di Codussi per la chiesa di San Michele, di rappresentare il progetto attraverso una maquette. La scelta inoltre è supportata dal tentativo metodologico di individuare linguaggi di comunicazione per l'architettura che non siano solamente quelli degli esperti, ma che possano esser compresi anche dal pubblico non specializzato.

Per procedere con la stampa solida è stato necessario costruire un modello tridimensionale. La numerosità dei punti e l'integrazione con i dati estratti per via fotogrammetrica ha consentito di realizzare un modello per mesh dell'intera facciata. Infatti inevitabili piccole mancanze e zone con un rumore maggiore sono compatibili con la scala scelta per la stampa.

Il procedimento per la realizzazione del modello è quello ben noto in letteratura.

Dopo il trattamento esterno dei dati per avere tutte le nuvole (laser scanner e fotogrammetriche) nello stesso sistema di riferimento, ogni scansione è stata decimata e ripulita da outliers e rumore fino ad ottenere un'unica nuvola di punti. La triangolazione, la chiusura dei buchi e le indispensabili operazioni di pulitura della mesh hanno consentito di arrivare al modello pronto per la stampa.

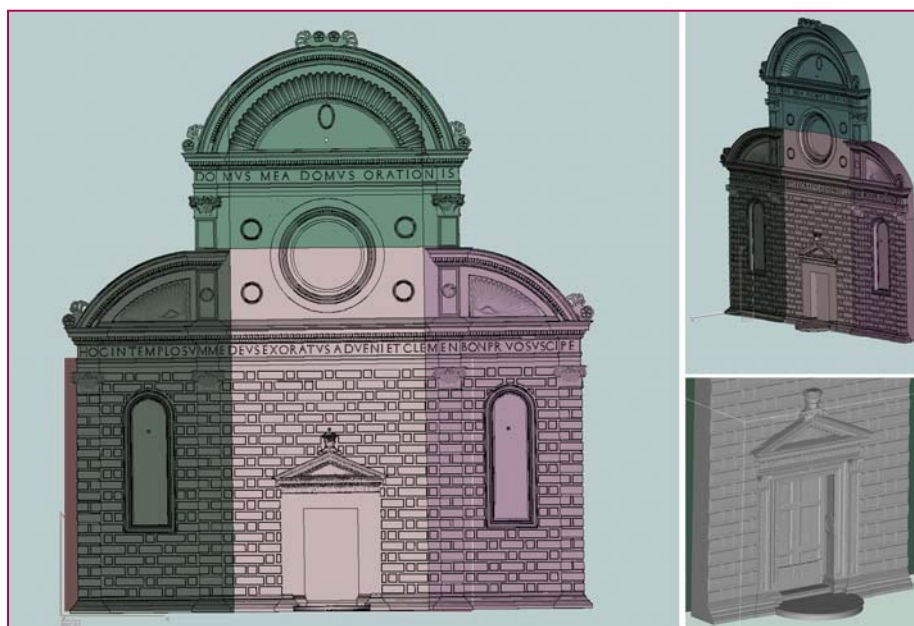


Figura 10 - Il modello 3d diviso in 4 parti per poter essere stampato (la dimensione di stampa massima è di 267x165x203mm).

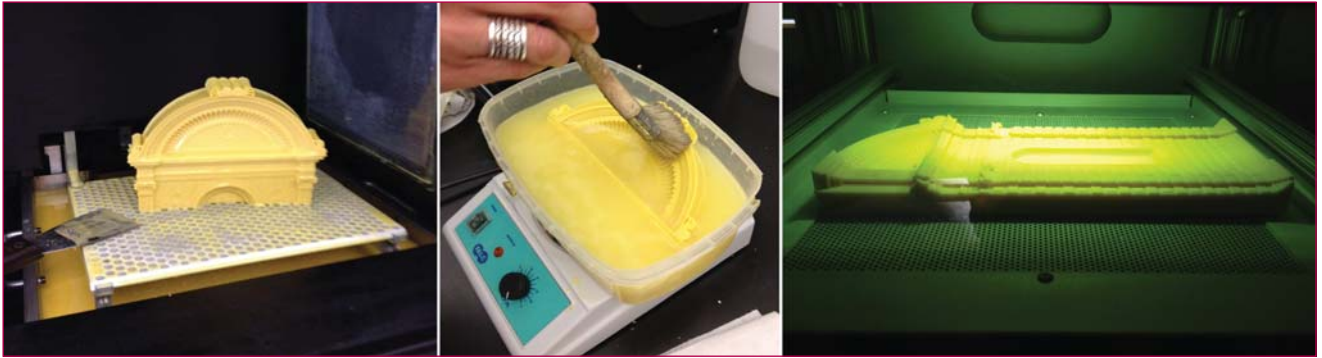


Figura 11 - Fasi finali della stampa 3d in resina.



Figura 12 - Montaggio delle parti stampate.

Figura 13, 14 - Il modello unito della facciata è stato trattato con vernice acrilica bianca, passato con polvere di gesso e montato su una base che definisce l'intorno della facciata di san Michele (il piccolo campo affacciato sulla laguna nord di Venezia)



La stampa solida viene realizzata con la stampante Ultra 2 di Envisiontech basata sulla tecnologia della proiezione di immagini su resine foto polimerizzanti. Il modello infatti viene sezionato in slices molto sottili (spessore 50 micron) che poi vengono stampate singolarmente e vanno a comporre l'interno modello. Il materiale utilizzato permette infine di poter stampare il modello in più parti e rifonderlo assieme. Da inoltre la possibilità di personalizzare l'aspetto superficiale della maquette con prodotti acrilici e vernici.

### CONCLUSIONI

Il percorso qui illustrato rappresenta una possibile alternativa nel rilievo delle facciate monumentali. Per quanto riguarda la fase di rilievo geometrico dell'architettura, la sperimentazione utilizza le tecniche più recenti nel campo della geomatica. Il laser scanner infatti viene affiancato a nuovi sistemi per cercare di colmare alcune lacune e difficoltà già messe in evidenza.



Lo sviluppo dei sistemi elettronici per il controllo degli *Unmanned Aerial Vehicle* e l'implementazione dei sistemi di *dense stereo matching* permettono di risolvere alcune difficoltà note da tempo nel rilievo dei prospetti. Soprattutto in particolari condizioni logistiche di difficoltà, questi sistemi si presentano molto efficaci e quasi risolutivi. Dal punto di vista della qualità del dato, gli algoritmi multi-immagine della computer vision implementati in diversi software *Structure from Motion* (come ad esempio Agisoft Photoscan) permettono di ottenere, partendo da foto acquisite in volo in maniera disordinata, nuvole ad alta risoluzione che, pur essendo più rumorose di quelle ottenute per via fotogrammetrica, diventano supporti molto utili. Il valore radiometrico estratto direttamente dalla nuvola sopperisce infatti, in alcune applicazioni, alle difficoltà legate alla parte geometrica. E' auspicabile nello sviluppo di questi sistemi l'implementazione di sistemi che consentano anche qualche tipo di controllo metrico sulle operazioni e sui risultati.

Nondimeno il lavoro qui presentato ha confermato la necessità di un controllo topografico di tutte le operazioni di rilievo che avviene attraverso una rete topografica di appoggio. Essa infatti materializza il sistema di riferimento unitario in cui georeferire le nuvole ottenute con laser scanner e per via fotogrammetrica per una completa integrazione.

L'integrazione dei dati diviene possibile se le operazioni vengono condotte seguendo un approccio di tipo topografico per poter lavorare in un unico sistema topografico.

Dal punto di vista della rappresentazione, la possibilità di integrare i classici disegni al tratto con maquette reali all'interno di grandi mostre, come quelle ospitate al Museo Correr, consente di abituare gradualmente il pubblico dei meno esperti al linguaggio tipico dell'architettura.

Si ringraziano il laureando Federico Canella e la Neos per aver messo a disposizione la strumentazione UAV.

#### RIFERIMENTI

- Adami A., Gnesutta M., Vernier P., "Dalla scansione laser al modello: il caso esemplare di San Francesco della Vigna, in Architettura delle facciate: le chiese di Palladio a Venezia. Nuovi rilievi, storia, materiali. by M. Borgherini, A. Guerra, P. Modesti, Venezia, Marsilio, 2010 pp. 195-206
- Balletti C., Pilot L., "Conoscere e misurare la forma: il rilievo delle quattro facciate palladiane a Venezia" in Architettura delle facciate: le chiese di Palladio a Venezia. Nuovi rilievi, storia, materiali. by M. Borgherini, A. Guerra, P. Modesti, Venezia, Marsilio, 2010 pp. 195-206
- Fassi F., Gaudio F., Achille C., "Multi-sensor data per il rilievo e la documentazione dei Beni Culturali" in Proceedings of Asita 2010
- McAndrew J., "Architettura veneziana del primo rinascimento", Marsilio, 1995, pp. 202-226;
- Guidi G., Russo M., Beraldin J.A., "Acquisizione 3d e modellazione poligonale" McGraw-Hill Companies, 2010
- Remondino F., Barazzetti L., Nex F., Scaioni M., Sarazzi D., "UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling – current status and future perspectives" in International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22, UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland, 2011
- H. Bendea, F. Chiabrando, F. Giulio Tonolo, D. Marenchino, Mapping of archeological areas using a low-cost UAV. The Augusta Bagiennorum test site, in Atti del XXI International CIPA Symposium, Athens, 2007

#### ABSTRACT

*From survey to mock: the case of San Michele in Isola -The experience of San Michele in Isola is part of the research in the field of geomatics applied to the study of cultural heritage. The survey of a facade, an operation in traditional architecture, is characterized as a field of application for new technologies and tools, and as the possibility of verification for methodologies already established. After a few years the importance of the monumental facades of the churches of Palladio in Venice, the Laboratory of Photogrammetry has engaged in the survey of the facade of Codussi with the aim of integrating different methodologies. The Points Cloud, very useful tool in the production of drawings and three-dimensional models, in this case derives from the laser scanner and from the application of multi-image photogrammetry to images captured by an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). In addition to the acquisition phases in this publication is presented for general communication of the architecture design the opportunity to join the survey with a maquette to fully understand all three-dimensional aspects.*

#### PAROLE CHIAVE

LASER SCANNING, UAV, FOTOGRAMMETRIA DIGITALE, DOCUMENTAZIONE.

#### AUTORI

CATERINA BALLETTI  
BALLETTI@IUAV.IT

FRANCESCO GUERRA  
GUERRA2@IUAV.IT

ANDREA ADAMI  
AADAMI@IUAV.IT

PAOLO VERNIER  
VERNIER@IUAV.IT

UNIVERSITÀ IUAV DI VENEZIA



**PROTECTION WITH POWER**



Serie ES



Tracking · Security · Remote  
Firmware-Software Updates  
Comunicazione Wireless 300 m

[www.geotop.it](http://www.geotop.it)



Serie OS