

Rappresentare geometria forma e materia di una facciata complessa: la chiesa di San Placido a Catania

Representing geometry shape and matter of a complex façade: the church of San Placido in Catania

Mariateresa Galizia, Dipartimento di Architettura, Università di Catania

Cettina Santagati, Dipartimento di Architettura, Università di Catania

Graziana D'Agostino, Dipartimento di Architettura, Università di Catania

Abstract

Il presente studio indaga le potenzialità, i limiti e i vantaggi del modello ottenuto da laser scanner 3D per la documentazione e lo studio geometrico, formale, materico di una facciata storica complessa quale quella della chiesa settecentesca di San Placido a Catania, anche al fine di individuare possibili protocolli per la modellazione e gestione dei dati. Le elaborazioni condotte hanno impegnato il gruppo di ricerca nell'esplorazione dei modelli digitali tridimensionali che ne derivano e che rappresentano, ognuno con la propria specificità, la geometria e la misura, la forma e la materia.

This study investigates the potentialities, the limits and the advantages of the 3D model obtained by means of 3D laser scanner for the documentation and the geometric, formal, materic study of an historical complex façade such as the one of the eight-century church of San Placido in Catania. The aim is also to detect possible protocols useful for 3D modeling and data management. The carried out elaborations have absorbed the research team in the exploration of the subsequent 3D digital models which represent, each one with its own feature, the geometry and the measure, the shape and the matter.

Keywords: 3D modelling, baroque architecture, geometric analysis, 3D reconstruction, complex surfaces.

Introduzione

L'azione di salvaguardia e conservazione del patrimonio architettonico prevede la rigorosa documentazione del bene nelle sue molteplici e diversificate dimensioni: storico-temporale, geometrico-dimensionale-formale, statico-strutturale, tecnologica, materica.

In quest'ambito, il rilievo con tecnologie digitali (laser scanner 3D) consente di ottenere un modello di dati tridimensionali che nel loro insieme documentano il bene architettonico nella sua complessità.

La molteplicità dei dati ottenuti costituisce in se un database di informazioni con cui interagire nelle diverse fasi di indagini, selezionando e discretizzando i dati coerentemente alle finalità della ricerca. Inoltre, il dato grezzo – nuvola di punti – è una effettiva copia digitale dell'oggetto reale che può essere archiviata e successivamente interpretata dagli studiosi anche a supporto di analisi multidisciplinari. L'obiettivo del presente studio è quello di indagare sulle potenzialità, i limiti e i vantaggi del modello ottenuto da laser scanner 3D per la documentazione e lo studio geometrico, formale, materico di una facciata storica complessa anche al fine di individuare possibili protocolli per la modellazione e gestione dei dati.

La sperimentazione è stata condotta sulla facciata della chiesa di San Placido a Catania realizzata nel 1769 dall'architetto Stefano Ittar, come riporta la data incisa sull'epigrafe posta sul portale d'ingresso. Di fatto, la facciata presenta una complessa geometria concava secondo gli stilemi tardo barocchi ed è arricchita da plastiche sculture antropomorfe.

Le elaborazioni condotte hanno visto impegnato il gruppo di ricerca nell'esplorazione della qualità dei modelli digitali tridimensionali che ne derivano e che rappresentano, ognuno con la propria specificità, la geometria e la misura, la forma e la materia.

La chiesa di San Placido

Il progetto e la realizzazione della chiesa di San Placido, annessa all'omonimo convento, è attribuito

all'architetto polacco Stefano Ittar giunto a Catania nel 1765 (Dato, Pagnano, 1997; Boscarino, 1961; Boscarino, 1981). La chiesa, ad unica navata, ha la facciata rivestita in pietra di Siracusa e di Taormina e il basamento in pietra lavica (Figura 1).

Il prospetto, del tipo a campanile, è suddiviso in tre campate dalla geometria concava, definite da rigide paraste a spigolo vivo che si raddoppiano nella parte centrale, interrompendo l'andamento morbido delle superfici curvilinee. Il partito centrale si eleva in alto con un'altana a tre luci, in cui è riposta la campana, conclusa da una trabeazione a timpano triangolare con sculture sovrapposte.

Il portale di ingresso alla chiesa è affiancato da due nicchie semicircolari ad arco a tutto sesto, poste simmetricamente, all'interno delle quali sono collocate due statue.

Nel secondo ordine in asse al portale è posto un finestrone a tutto sesto con balaustra e due piccole nicchie in asse con le sottostanti.

Le due ali laterali sono anch'esse suddivise in due ordini sovrapposti attraverso una imponente trabeazione. La parte bassa del prospetto viene trattata dall'architetto con una rigorosa decorazione a semplici riquadri; nel secondo ordine si apre una finestra a tutto sesto con balaustra in asse con le decorazioni sottostanti. Il prospetto viene concluso da una balaustra con colonnine che segue l'andamento geometrico delle superfici di facciata.

Approccio metodologico

Acquisizione e registrazione dei dati

Per il rilevamento della facciata è stato utilizzato il Laser Scanner a TOF modello Leica Cyrax 2500 (1). Le operazioni di acquisizione dei dati tridimensionali hanno previsto in ante un progetto di ripresa che assicurasse il più possibile l'intera copertura del manufatto indagato, scegliendo accuratamente i punti stazione. Sono state previste quattro stazioni di ripresa: due in asse alla facciata (a quote differenti) e due laterali adeguatamente scelte per coprire le zone d'ombra e seguire l'intera morfologia dell'impianto planimetrico del prospetto, costituito da una sequenza di elementi concavi. A seguito di difficoltà di accesso al palazzo prospiciente la facciata della chiesa, la stazione posta a quota più alta non è stata effettuata lasciando nel modello alcune zone d'ombra.

Dopo aver concluso le operazioni di acquisizione dei dati metrici sul campo si è passati al post-processamento delle nuvole in laboratorio.

L'allineamento delle diverse scansioni rispetto ad un unico sistema di riferimento è stato effettuato manualmente attraverso il riconoscimento di punti omologhi tra coppie di nuvole (10 punti omologhi per ogni coppia). In campo architettonico, tale fase è semplificata, se pur sempre onerosa, per la presenza di spigoli ben definiti degli elementi che compongono l'ornato architettonico (basamento, capitelli, trabeazione e aperture).

Il modello complessivo ottenuto è costituito da 8 scansioni per un totale di 4.752.565 di punti la cui successiva elaborazione (2) verrà trattata nei seguenti paragrafi.

Dalla nuvola di punti al modello texturizzato

Il rilievo digitale tridimensionale ottenuto rappresenta un modello documentativo del bene rilevato su cui è possibile applicare la texture fotografica atta a definire la rappresentazione visiva del manufatto nei suoi caratteri materici, cromatici e conservativi.

Si è proceduto mappando la nuvola di punti con immagini ad alta risoluzione, utilizzando la camera digitale Pentax Optio A20 con risoluzione di 3240x4320. Le riprese fotografiche, d'insieme e di dettaglio, sono state effettuate cercando di simulare la stessa posizione del punto di presa dello scanner, così da seguire il medesimo cono ottico.

Attraverso la selezione di punti omologhi tra la nuvola e la foto (minimo 11 punti) è stata realizzata la calibrazione delle immagini da ri-proiettare sulla superficie mesh.

Si è, successivamente, passati alla fase di creazione del modello poligonale, decidendo di creare una maglia fitta non semplificata, per non perdere informazioni superficiali importanti, vista la particolare

morfologia della facciata e la ricchezza dei dettagli. Ciò ha comportato un'eccessiva quantità di poligoni rispetto il fine ultimo per il quale viene richiesta la creazione di un modello, appesantendo la gestione e visualizzazione del file finale.

Dalla nuvola di punti si sono, quindi, ottenuti sia il modello tridimensionale triangolato (mesh) che quello con mappatura fotografica. Da questi, attraverso la scelta di opportuni piani di riferimento sono stati realizzati anche elaborati bidimensionali – ortofoto - con risoluzione di 3200x3200 (Figura 2).

Queste proiezioni sono dimensionalmente inerenti la realtà del manufatto ed arricchiscono la tradizionale rappresentazione bidimensionale mongiana del dato materico reale, non virtualmente ipotizzato e ricostruito (Santagati, 2007; Santagati, 2008).

Inoltre, è anche possibile ottenere rappresentazioni dettagliate e sofisticate, quali l'ortofoto 3D, spesso chiamata immagine solida, rispetto alle tradizionali rappresentazioni vettoriali e raster, utili per poter essere utilizzate direttamente dall'utente finale soprattutto nel campo della conoscenza, divulgazione e documentazione dei Beni Culturali e per effettuare su di essi analisi di dettaglio ai fini della progettazione di interventi di restauro conservativo, in quanto, oltre a fornire il reale dato materico su un modello tridimensionale, il modello ottenuto è un sistema aperto di conoscenze che può essere continuamente interrogato ed integrato.

La ricerca della genesi geometrica

L'indagine condotta sulla facciata della chiesa di San Placido in questa fase è volta alla conoscenza e all'interpretazione della geometria sottesa e della regola del progetto che disegna proporzioni e armonie, equilibrio e euitmia. La genesi geometrica delle superfici della facciata è indagabile attraverso un rigoroso rilievo che permette la conoscenza approfondita del bene mediante la continuità e la densità del dato, cioè attraverso la quantità dei punti acquisiti.

Spesso il rilievo diretto, valido strumento scientifico a controllo del percorso cognitivo, trova evidenti difficoltà sia per lo stato dei luoghi sia per le condizioni statico-fisiche del manufatto architettonico da indagare. Inoltre la selezione di punti da rilevare, se non operata e controllata da un occhio esperto e colto, può far perdere significato alla forma architettonica.

Il rilievo topografico, di contro, utilizza strumentazioni dedicate atte a facilitare l'acquisizione della misura anche a distanza superando condizioni statico, fisiche e ambientali non favorevoli. Anche in questo caso il limite della procedura di acquisizione è dato dalla discrezionalità del rilevatore nella selezione dei punti da acquisire, oltre che dalla dilatazione dei tempi in funzione della necessaria quantità di punti da rilevare.

Il prodotto ottenuto, denso di dati selezionati, costituisce un modello numerico che è la mappa di punti su cui rappresentare l'oggetto architettonico rilevato e in cui riconoscere la geometria delle forme.

Il risultato è quindi quello di avere tempi più lunghi nella fase di acquisizione, compensati dalla velocità di restituzione in fase di interpretazione. Il limite evidente di questa metodologia è la necessità di operare attraverso figure culturalmente qualificate sia nella fase di acquisizione che di interpretazione.

La scelta di operare attraverso laser scanner 3D consente di superare i limiti di acquisizione posti dalle metodologie di rilievo sopra descritte. Di fatto, la fase di rilievo in situ è del tutto automatizzata, prevedendo un apporto da parte del rilevatore di ordine tecnico-oggettivo e non interpretativo-soggettivo. L'impostazione di lavoro non prevede una selezione dati ma soltanto il campo di presa (angoli verticali e orizzontali) e il passo di scansione (più o meno fitto).

Il modello tridimensionale ottenuto è di tipo numerico e rappresenta una copia fedele dell'architettura rilevata in forma e dimensione. In questo modo, il modello digitale è di per sé una rappresentazione carica di informazioni, su cui è necessario effettuare uno sfolgimento di dati. Esso, di fatto, non rappresenta un modello intelligente ma certamente costituisce un prodotto grezzo su cui operare accurate ricerche di ordine geometrico, dimensionale, materico, strutturale.

Dalla nuvola sono stati estratti alcuni profili orizzontali e verticali che hanno permesso una rigorosa individuazione della genesi geometrica delle forme e delle regole sottese al disegno delle superfici curve che caratterizzano la conformazione del prospetto (Figura 3).

Sono stati misurati i raggi di curvatura e la lunghezza degli archi e si è condotta la verifica della simmetria della facciata (Figura 4).

Dal rilievo e dalle successive analisi attuate sono emerse delle discrasie sul prospetto non percepibili ad occhio nudo. La chiesa, apparentemente simmetrica, presenta delle differenze nella costruzione geometrica delle superfici curvilinee. Certamente la correttezza del dato acquisito mediante laser scanner 3D esclude qualsiasi dubbio su un possibile errore di misurazione. Pertanto, le incongruenze riscontrate nelle costruzioni geometriche sottese alla facciata della chiesa di San Placido si possono addurre al *“uncertainty margin resulting from the analyses done with modern instruments ... and the approximations due to the use of old instruments an tools, the building site, the corrections brought during the works... Besides it must be taken into account the amount of corrections brought by architects and builders to avoid optical effects and other expressive faults which alter the proportional relations utilized in the project”* (Magnano, 2012). Il risultato ottenuto dalle indagini sulla nuvola di punti spesso denuncia uno scostamento dal rigoroso schema di progetto non facilmente controllabile in corso d'opera che comporta, spesso a posteriori, nello studio geometrico della forma architettonica, tracciati regolatori incongruenti e costruzioni geometriche non perfettamente coincidenti.

Dalla nuvola di punti alla strutturazione semantica dei dati

Chi per la prima volta si accosta alle tecnologie a scansione laser 3D spesso ha l'illusione che tutta la conoscenza sul bene architettonico sia stata catturata dallo strumento e che occorran pochi sforzi, anche a livello intellettuale, per ottenere delle rappresentazioni fedeli.

Tuttavia, per uno studio rigoroso sull'architettura finalizzato al ritrovamento delle ragioni del progetto, è necessario avere una preparazione culturale tale da riuscire ad interpretare e manipolare questi dati in modo da renderli intellegibili (Migliari, 2001; Migliari, 2004).

Di fatto, la nuvola di punti è un insieme di punti tridimensionali (x,y,z), strutturati secondo una matrice costituita da n righe ed m colonne, che descrivono l'oggetto nel dettaglio e nella sua spazialità secondo un modello numerico che nulla dice sulla geometria delle superfici che lo costituiscono. L'interrogazione del modello da parte dello studioso attraverso insiemi selezionati di punti – profili verticali e/o orizzontali - restituisce una sequenza di dati da interpretare per poter ricostruire l'andamento dei profili-curve che hanno generato le diverse superfici che costituiscono gli elementi del linguaggio architettonico.

In questa fase l'operatore agisce con consapevolezza riconoscendo i diversi elementi e procedendo dal generale al particolare individuando l'ordine architettonico, le colonne, la trabeazione, scomponendo via via gli elementi che li costituiscono fino ad arrivare alle modanature – le 'particelle di Dio' del lessico architettonico - secondo un processo di astrazione concettuale che vede nella geometria lo strumento per decifrare la complessità della realtà.

L'indagine conoscitiva finalizzata alla modellazione matematica della facciata della chiesa di San Placido ha costituito l'occasione per confrontarsi con la modellazione di superfici curve complesse dovute alla particolare morfologia dell'impianto piani/altimetrico (figura 5).

In genere la modellazione 3D segue due strade distinte: l'una si affida alle mesh triangolari che descrivono accuratamente ed esaustivamente le superfici, la matericità e le irregolarità dell'oggetto; l'altra si affida allo studio geometrico dei profili generatori delle superfici per arrivare ad una descrizione matematica delle stesse (superfici Nurbs) ed ad un modello geometrico astratto che, se da un lato può essere considerato approssimato (Adami, Fregonese, Taffurelli, 2011), dall'altro presenta un surplus cognitivo e semantico nella strutturazione e comunicazione delle informazioni poiché, all'interno dei software di modellazione, le informazioni possono essere distinte per layer, per poi essere successivamente strutturate in sistema informativo (Galizia, Santagati, 2011).

Le esperienze di digitalizzazione dei disegni di Palladio e quelle condotte sul sito archeologico di Pompei da Marco Gaiani (Gaiani, 2005; Benedetti, Gaiani, Remondino, 2010) e il progetto Nubes

ideato da Livio De Luca (De Luca, 2006; De Luca, Véron, Florenzano, 2007) sono pioneristiche ed esemplificative delle potenzialità rappresentative/documentative/comunicative di questi modelli ibridi in grado di generare dei veri e propri sistemi informativi multidimensionali.

Potenzialità che purtroppo non sono state ancora sufficientemente esplorate poiché necessitano di opportuna attenzione da parte dei ricercatori della Computer Science e delle softwarehouse al fine di avviare dei progetti interdisciplinari in cui vengano tenute in considerazione anche queste istanze. E' infatti auspicabile una maggiore automatizzazione nella costruzione del modello geometrico. Nel caso di architetture complesse, la maggior parte dei profili estratti in maniera semi-automatica il più delle volte è inutilizzabile ai fini della comprensione della geometria della forma. Inoltre, bisognerebbe tendere allo sviluppo di algoritmi in grado di riconoscere superfici complesse a partire da insiemi di punti/superfici mesh aventi caratteristiche simili. A tal fine bisognerebbe predisporre delle librerie parametriche implementabili nel tempo ed in grado di declinare tutte le possibilità espressive/inventive del lessico architettonico.

Conclusioni

La ricerca condotta ha generato modelli di rappresentazione e di analisi bidimensionali e tridimensionali che costituiscono documenti scientifici sui quali è possibile eseguire ulteriori indagini volte alla conservazione e valorizzazione del bene architettonico.

Le particolarità del manufatto indagato hanno messo in evidenza i punti di forza e di debolezza di tali rappresentazioni. Le prossime fasi della ricerca verranno indirizzate alla sperimentazione e all'esplorazione delle potenzialità della modellazione BIM nel campo del rilievo e del restauro dell'architettura.

Credits

La responsabilità editoriale dei paragrafi è così attribuita:

Introduzione, La chiesa di San Placido, Conclusioni Mariateresa Galizia, Cettina Santagati, Graziana D'Agostino;

Acquisizione e registrazione dei dati, Dalla nuvola di punti al modello texturizzato, Graziana D'Agostino;

La ricerca della genesi geometrica, Mariateresa Galizia;

Dalla nuvola di punti alla strutturazione semantica dei dati, Cettina Santagati.

Note

1 - *Caratteristiche tecniche: laser di classe II CFR 1040, portata pari a 100-150 m, velocità di scansione 1000 punti al secondo, accuratezza 4 mm a 50 m, campo visivo in orizzontale e in verticale 40°, dimensione dello spot 6 mm a 50 m.*

2 - *Sono stati utilizzati Cyclone della Leica Geosystem, JRC Reconstructor della Gexcel e CloudWorx, applicativo della Leica Geosystem per AutoCAD.*

Riferimenti Bibliografici

Adami A., Fregonese, L. & Taffurelli, L. (2011). *A range based method for complex facade modelling. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume 36 (5).*

Andreozzi, A., Barnobi, L., Colaiacovo, C., Giuffrida, A., Santagati, C. (2004). *Il modello nella rappresentazione delle opere architettoniche e archeologiche. In E-arcom 2004 Tecnologie per comunicare l'architettura. Ancona: Clua edizioni.*

Benedetti, B., Gaiani, M., Remondino, F. (eds) (2009). *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei. Pisa: Edizioni della Normale.*

Baldissini, S., Beltramini, G., Gaiani, M. (2008). *The Andrea Palladio's The Four Book of Architecture as Rich Internet Application. In Digital media and its applications in cultural heritage. Amman: CSAAR Press.*

- Barnobi, L. (2007). *Il rilievo della Badia di Sant'Agata*. In *Il Rilievo dei Beni Architettonici ed Archeologici. Giornate di studio su Le nuove frontiere del rilevamento digitale Esperienze del passato e prospettive. Atti Convegno 2005*. Roma: Aracne.
- Böhm, J., Haala, N., Becker, S., (2007). *Façade modelling for historical architecture*. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, volume 36 (5) XXI International CIPA Symposium, 01-06 October, Athens, Greece.
- Boscarino, S., (1961). *Studi e rilievi di architettura siciliana, Messina*.
- Boscarino, S., (1981). *Sicilia barocca architettura e città 1610-1760, Roma*.
- Chiavoni, E., Paolini, P. (eds) (2007). *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*. Roma: Gangemi editore.
- Dato, G., Pagnano, G. (1997). *Sebastiano Ittar: un architetto polacco a Catania*. In *L'architettura del Settecento in Sicilia*. Palermo.
- De Luca, L. (2006). *Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural Définition d'une approche hybride de reconstruction d'édifices*. Thèse de l'école doctorale Arts et Metiers ParisTech, Aix-en-Provence, mars 2006.
- De Luca, L., Véron, P., Florenzano, M., (2007). *A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements*. *The Visual Computer*, vol. 23, no. 3, March.
- Docci, M., (ed) 2006, *Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'Architettura e dell'Ambiente*. Roma: Gangemi editore.
- Gaiani, M., (2005). *The digitization of architectural document repositories: a method applied to the Andrea Palladio case of study*. In *Multimedia.Information@DEsign for Cultural Heritage - MIDECH 2005 proceedings*. Roma: Aracne.
- Galizia, M., Santagati, C. (2011). *3D virtual reconstruction of an urban historical space: a consideration on the method*. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial and Information Sciences*, volume 38 (5).
- Guidi, G., Russo, M., Beraldin, J.A., (2010). *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. McGraw-Hill Companies.
- Inzerillo, L., (2004). *Disegnare è comunicare*. In *Congresso Uid Il Progetto Del Disegno*. Lerici.
- Lo Turco, M., Sanna, M., (2009). *Digital modelling for architectural reconstruction. the case study of the Chiesa Confraternita della Misericordia in Turin*. In *XXIth International CIPA Symposium*. Kyoto, Japan, 11th-15th October 2009.
- Migliari, R., (2001). *Frontiere del rilievo: dalla matita alle scansioni 3D*. Roma: Gangemi editore.
- Migliari, R., (2004). *Per una teoria del rilievo architettonico*. In *Disegno come Modello*. Roma: Kappa.
- Magnano di San Lio, E., (2012). *The perfect proportion*. In *Less More Architecture Design Landscape. Le vie dei Mercanti _ X Forum Internazionale di Studi X, Collana Fabbrica della Conoscenza 16*. Napoli: La Scuola di Pitagora Editrice.
- Nothegger, C., Dorninger, P. (2009). *3D Filtering of High-Resolution Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Documentation*. *Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation*, Volume 2009, Number 1, February 2009 (11), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
- Santagati, C., (2007). *Il reale e la sua rappresentazione attraverso l'informatica*. Enna: Il Lunario.
- Santagati, C., (2008). *3D Laser Scanner Model for Stones Materials Decay Mapping*. In *Digital Media and its applications in Cultural Heritage*. Amman: CSAAR Press.



Figura 1. La facciata barocca della chiesa di San Placido.

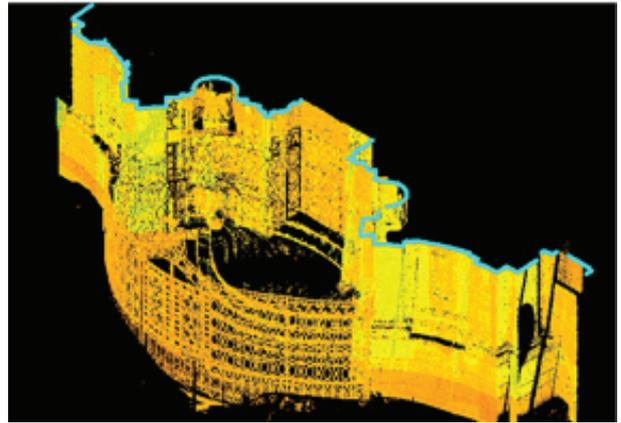
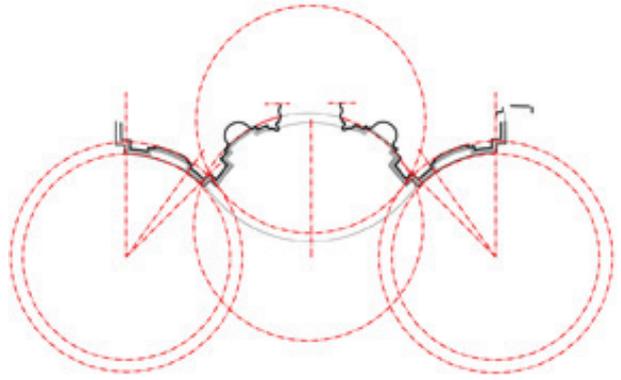


Figura 3. Ricerca grafica della geometria sottesa alla facciata attraverso lo studio dei profili orizzontali.



Figura 2. Elaborazioni sulla nuvola di punti: (a sinistra) ortofoto del modello mesh, (a destra) ortofoto del modello texturizzato.



Figura 4. Studio delle proporzioni tra le parti.

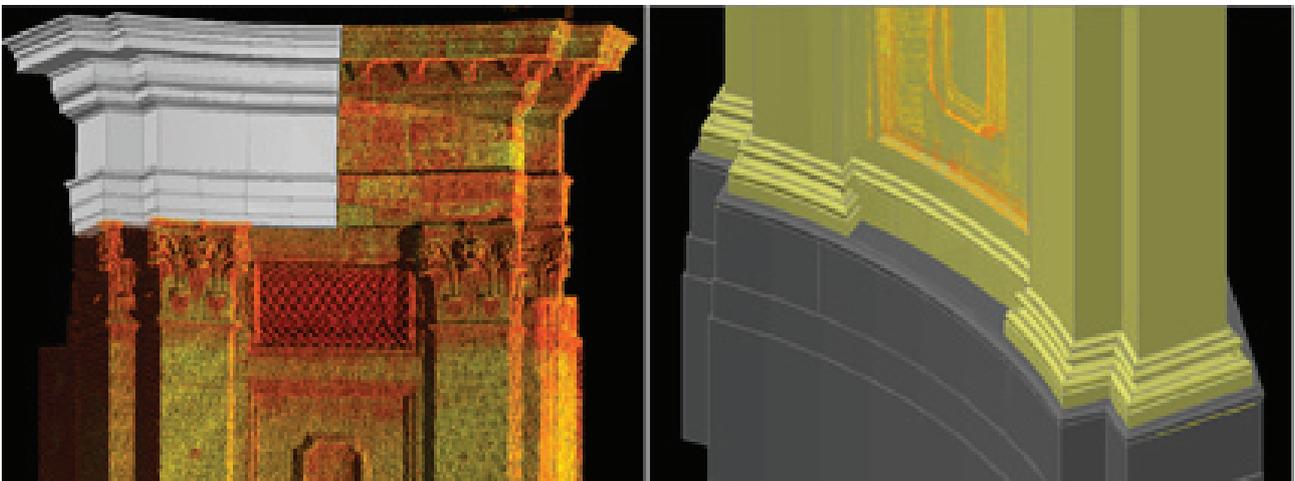


Figura 5. Modellazione 3D della facciata a confronto con la nuvola di punti.