

Fotomodellazione con immagini da smartphone per la diffusione della conoscenza dei Beni Culturali

di Saverio D'Auria



Fig. 1 - La chiesa di Sant'Eligio al Mercato nel contesto urbano attuale.

Nell'era dell'high tech e della virtualizzazione diffusa risulta indispensabile avvalersi anche dei dispositivi mobili di uso comune per un nuovo modo di fare cultura e ricerca. La valorizzazione del patrimonio storico può – e deve – passare per la sua digitalizzazione low cost e user-friendly, se condotta in maniera consapevole e secondo protocolli di scientificità.

La rapida diffusione di software per la fotomodellazione, soprattutto di tipo open-source o comunque gratuiti per alcune categorie di utenti o tipologie di applicazioni, ha avvicinato alle tecniche di rilievo image-based un pubblico sempre più ampio, anche non necessariamente specializzato in questa disciplina. Il costo relativamente contenuto delle attrezzature (fotocamere, treppiedi, droni), la loro facile trasportabilità, l'agevole archiviazione, trasferimento, riproducibilità e processamento dei dati acquisiti (file di immagini o video) e l'elevata affidabilità degli output prodotti (grazie al perfezionamento degli algoritmi di structure from motion e di

ricostruzione multi-view stereo) consentono, inoltre, ad archeologi, esperti in beni culturali, architetti, ingegneri, studiosi e ricercatori di avere a disposizione strumenti infografici dalle notevoli potenzialità che sempre più spesso affiancano, o addirittura sostituiscono, i modelli tridimensionali ottenuti con tecniche range-based.

I progressi della ricerca in questi ambiti, uniti alla crescente attenzione dei settori industriali, assicurano tecnologie in continuo aggiornamento e, in casi frequentissimi, tendenti al low cost e all'impiego user-friendly, 'democratizzando' di fatto la rappresentazione digitale e virtuale del costruito. Non a caso la recente letteratura scientifica

sull'argomento pone molta attenzione alle ricostruzioni 3d da fotografie ottenute da *device mobili* e all'accuratezza, affidabilità e utilizzabilità dei modelli elaborati in questo modo. Il paragone immediato è quello con le nuvole di punti da laser scanning, sempre validi geometricamente e immediatamente in scala al vero; i modelli da immagini, infatti, necessitano di un maggior controllo nel post-processamento dei dati, dell'implementazione di punti di controllo e, nella maggior parte dei casi, della calibrazione dell'ottica della camera il tutto al fine di ottenere la corretta parametrizzazione dimensionale della nuvola e di ridurre gli errori di allineamento e restituzione.

Pertanto, appare necessario definire una metodologia di rilevamento fotogrammetrico con dispositivi di uso comune e di restituzione tridimensionale che contempli protocolli adatti a varie esigenze: ricerca e diffusione scientifica, rilievo architettonico, valorizzazione, catalogazione, restauro e settori affini.

Questo contributo mostra i risultati di una ricerca volta a stabilire in che modo e fino a che livello di dettaglio la fotomodellazione con immagini acquisite da smartphone di elementi architettonici morfologicamente complessi possa essere utilmente impiegata ai fini della documentazione e divulgazione scientifica del patrimonio culturale, confrontando opportunamente le nuvole di punti da fotogrammetria con quella da laser scanning – con e senza l'impiego di punti di controllo – per valutarne l'affidabilità metrico-formale.

Tale sperimentazione si inserisce all'interno di un programma di ricerca più vasto che ha riguardato il rilievo sistematico della chiesa di Sant'Eligio al Mercato (o Maggiore) a Napoli per la costruzione di una metodologia che facilitasse, con un approccio multidisciplinare al tema, la comprensione degli edifici medievali napoletani utilizzando quindi il rilevamento tridimensionale, la rappresentazione grafica e i dati d'archivio, iconografici e bibliografici come strumenti finalizzati alla conoscenza storica delle fabbriche antiche e fortemente stratificate.

L'oggetto di studio è il portale di ingresso che, costituendo un *unicum* nella storia dell'architettura medievale partenopea, è stato più volte descritto nella letteratura sull'argomento senza però mai essere rilevato digitalmente e rappresentato.

Il caso studio: il portale gotico della chiesa di Sant'Eligio al Mercato a Napoli

La chiesa di Sant'Eligio al Mercato riveste un ruolo fondamentale nello studio del gotico degli edifici sacri partenopei poiché rappresenta il primo caso di diretta importazione dello stile architettonico d'oltralpe a Napoli (Fig 1).

Con l'avvento dei primi re francesi in città si manifestarono i segnali di un progressivo rinnovamento delle scelte architettoniche, dando anche luogo a soluzioni nuove rispetto a quelle d'origine. Realizzata a partire dal 1270 per volere di Carlo I d'Angiò, durante la sua erezione la fabbrica subì diverse interruzioni e trasformazioni a causa dello scoppio della guerra del Vespro nel 1282, delle esigenze di ampliamento dell'annesso ospedale e del manifestarsi di dissesti strutturali inferti dai terremoti del 1349 e del 1456. Nei primi anni del Seicento la chiesa fu ulteriormente modificata fino a essere oggetto di un profondo cambiamento nel corso del XVIII secolo, all'interno del quadro di rinnovamento

edilizio e urbanistico di Napoli (divenuta nel 1734 la capitale del regno carolino) promosso dai Borbone. In seguito a ulteriori "restauri" ottocenteschi, l'edificio giunse al XX secolo con una struttura radicalmente diversa da quella del Duecento. Le ingenti distruzioni dovute ai bombardamenti bellici della seconda guerra mondiale, infine, portarono i restauratori a ricomporre la presunta immagine tardo-medievale comportando il sacrificio di secoli di cospicue e rilevanti stratificazioni.

Il portale di ingresso sul fianco sud costituisce, però, una delle pochissime testimonianze gotiche della fabbrica, quasi interamente sopravvissuto alle trasformazioni subite dalla chiesa nel corso dei suoi sette secoli di vita. Esso "[...] appare violentemente profilato con tre tori e cinque profonde gole nello sviluppo dell'arco acuto, che è incluso, all'esterno, entro una cuspidate coronata da un pinnacolo. Nel timpano così formato s'inserisce un grande trilobo a lobi aguzzi, che forse accoglieva una figura in rilievo, mentre in alto un acrotorio concludeva la successione delle



Fig. 2 - A sinistra, foto prima dei bombardamenti della Seconda guerra mondiale (Archivio fotografico della Soprintendenza di Napoli, inv. n. 1160-B001); a destra, foto attuale.

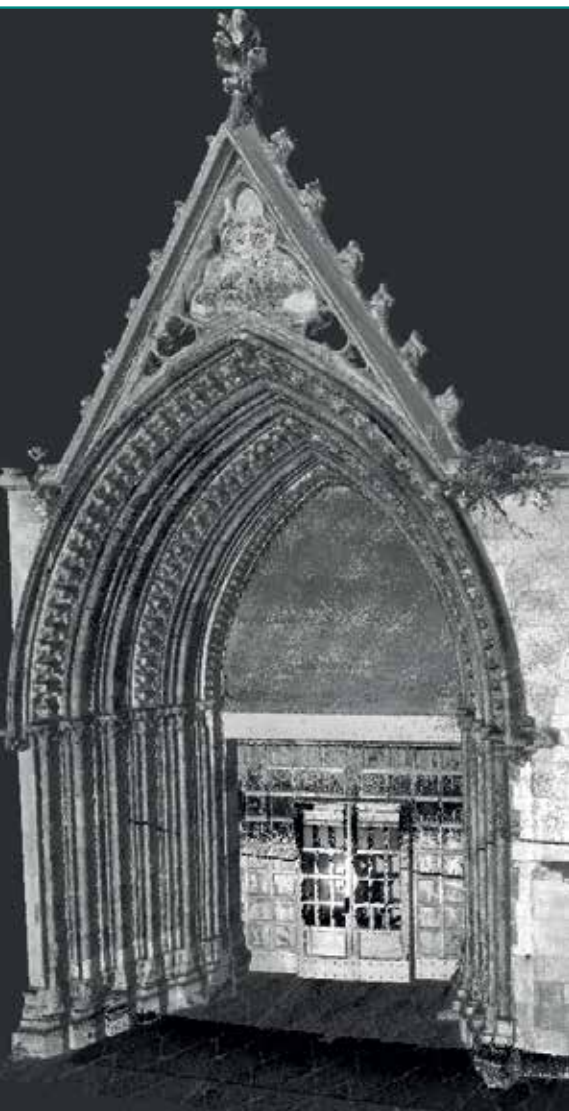


Fig. 3 - Modello a nuvola di punti da laser scanning.

*foglie di acanto ripiegate all'insù disposte lungo il duplice gocciolatoio” (Venditti, 1969: 717). Le profonde modanature e le ricche decorazioni floreali rendono il portale un elemento unico nella sua complessità formale e la sua bellezza è certamente opera di maestranze francesi e il risultato dell'influenza del gotico *rayonnant*, lo stile predominante a Parigi (Fig. 2).*

Il rilevamento fotogrammetrico e l'elaborazione dei dati

Le operazioni di rilevamento del portale sono state condotte dap-

prima con il laser scanner Faro Focus 3D 120, settato ad una risoluzione di 1/5 con qualità 4X in modo da garantire punti battuti con un passo di circa 8 millimetri a una distanza del laser di 10 metri dalle superfici (mantenuta comunque inferiore ai 5 metri), successivamente con lo smartphone Samsung Galaxy J7, modello SM-J710FN, dotato di sensore ottico di immagine di tipo CMOS da 13 MP (3096 x 4128 pixel).

Le scansioni laser sono state tre, per un totale di circa 250 MB di memoria occupata, di cui una a quota superiore rispetto al vertice del timpano. La nuvola, elaborata in ambiente Autodesk ReCap e decimata in modo da isolare il solo portale, conta circa 8,5 milioni di punti ed è stata utilizzata come riferimento per i successivi confronti (Fig. 3).

La fase di acquisizione fotogrammetrica ha previsto, invece, 15 stazioni di presa e 47 scatti fotografici alla massima risoluzione, mantenendo fisse la focale reale a 4 millimetri e l'apertura del diaframma al valore di $f/1.9$, per un totale di circa

200 MB di memoria occupata. Una stazione è stata definita in corrispondenza della proiezione a terra del sesto dell'arco, le altre lungo una direttrice pressoché equidistante dalla facciata, a circa 3 metri da essa per la vicinanza del portale all'edificio di fronte (Figg. 4-5).

La fotomodellazione è avvenuta in ambiente Agisoft Photoscan; affidandosi all'auto-calibrazione delle camere e impostando i parametri più performanti per la fase di orientamento, il calcolo delle posizioni relative tra gli scatti non ha prodotto errori (Fig. 6).

Per il processamento della nuvola di punti sono stati sperimentati tre algoritmi di *depth filtering* (*mild*, *moderate* e *aggressive*) – oltre che l'assenza del filtraggio – poiché l'elemento architettonico in esame è caratterizzato sia da elementi decorativi molto complessi sia da forme geometriche regolari. Il risultato migliore in termini di incidenza del rumore e di corrispondenza alle forme reali è stato ottenuto moderando l'algoritmo. Il modello finale, opportunamente decimato, conta



Fig. 4 - Alcune delle prese fotografiche.

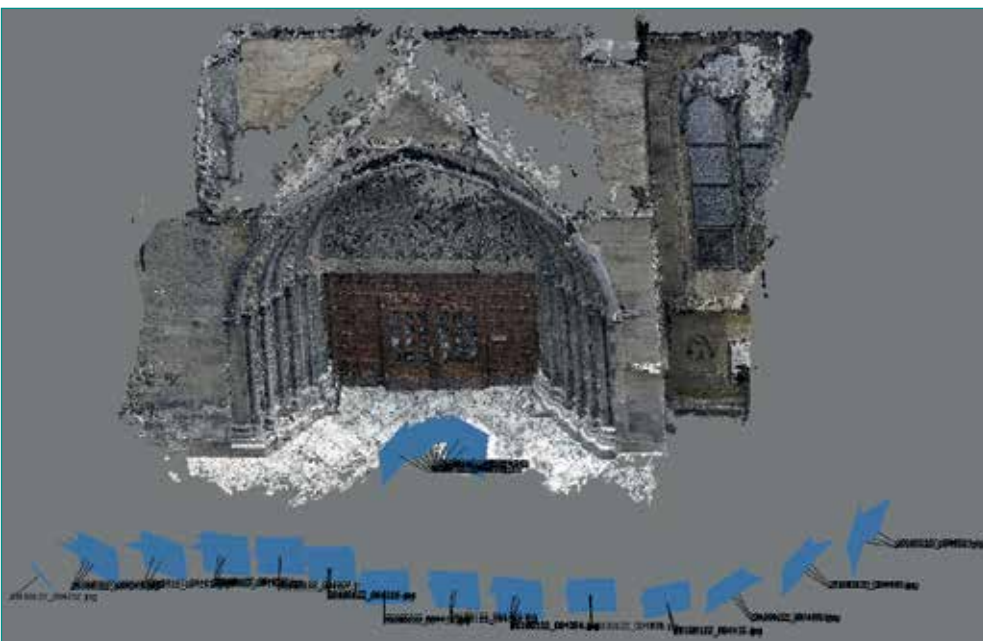


Fig. 5 - Le stazioni di presa.

circa 8,4 milioni di punti (Fig. 7), comparabile quantitativamente a quello da laser scanning, e non risulta in vera grandezza – come era prevedibile – per l'assenza iniziale di riferimenti metrici.

I risultati ottenuti

Per valutare l'affidabilità formale della nuvola da fotomodellazione, sono stati implementati all'interno del software tre punti di controllo (ground control points, GCPs) ricavati dalle misurazioni laser scanning (Fig. 8).

Aggiornando la nuvola di punti (a), sono stati ottenuti nell'immediatezza due risultati: l'esatto scalamento del modello e il suo orientamento rispetto al sistema di riferimento relativo al laser. Successivamente è stata riprocessata la *dense cloud* (b) con l'impiego dei GCPs. I modelli così elaborati, (a) e (b), sono stati confrontati in ambiente CloudCompare. Il calcolo ha messo in evidenza come la distribuzione

gaussiana dei punti con scostamenti relativi inferiori ai 5 millimetri prevalga per quasi l'82% (raggiungendo il 98% per differenze inferiori al centimetro), dimostrando che il modello (a), semplicemente scalato secondo misure note, è corretto dal punto di vista formale rispetto al modello (b), processato ex-novo con i GCPs.

Un ulteriore controllo sull'affidabilità morfometrica del modello image-based da smartphone è stato condotto confrontando (b) con la nuvola da rilievo laser (c), presa come riferimento assoluto. In questo caso, pur denunciando in generale la correttezza della geometria di (b), i punti che si scostano meno di mezzo centimetro sono in numero inferiore rispetto al caso precedente, pari a circa il 37% del totale dei punti discostati (Fig. 9), con una concentrazione maggiore in corrispondenza degli ornamenti architettonici, in cui lo scostamento del modello image-based arriva a superare in alcune zone i 15 millimetri (comunque per quantità limitate di punti, mai superiori al 5%).

Conclusioni

Il paragone condotto sui modelli 3d ottenuti da tecniche di rilevamento differenti (fotogrammetria da smartphone e laser scanning) dimostra che lo scostamento dei punti della nuvola da fotomodellazione rispetto a quella da laser è da considerarsi accettabile per la creazione di realtà virtuali affidabili, valide quindi per la divulgazione, la catalogazione e la valorizzazione del patrimonio culturale.

La nuvola di punti da dispositivo mobile, come visto, non necessita di GCPs per il controllo della forma; risulta invece necessario lo scalamento del modello rispetto a misure note, ottenute semplicemente anche con l'uso di strumenti tradizionali per il rilievo diretto. Inoltre, è caratterizzata da una qualità cromatica oggettivamente superiore rispetto a quella della nuvola da laser, data la

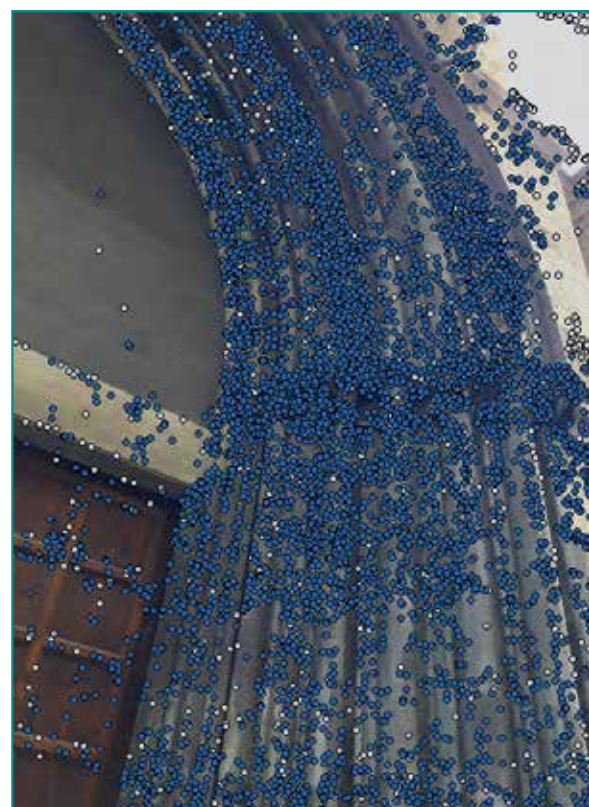


Fig. 6 - In blu i punti di una singola foto utilizzati per la composizione del modello.



Fig. 7 - Nuvola di punti da fotomodellazione.

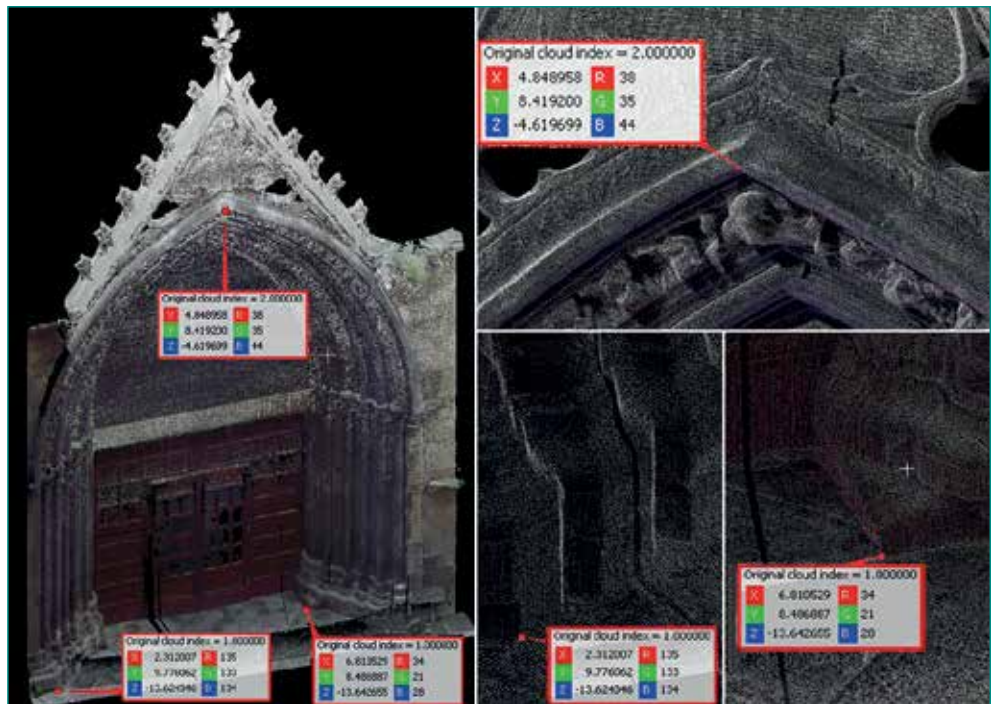


Fig. 8 - Individuazione dei GCPs sulla nuvola da laser.

diversa qualità di sensore ottico installato. Pertanto, le potenzialità di strumenti di uso comune e di procedure informatiche spedite, se comunque impiegate secondo operatività ormai consolidata,

consentono in molti casi ed entro certi parametri di pervenire all'economicizzazione (in termini di tempo e di risorse) e all'affidabilità metrica dell'intero processo finalizzato alla modellazione infografica di parti di manufatti architettonici.

La prosecuzione della ricerca in questi ambiti, che si rende necessaria per le diverse variabili e condizioni al contorno ancora da esaminare, riguarderà l'estensione ad un numero più elevato di smartphone, per analizzare l'efficacia degli algoritmi di auto-calibrazione su differenti camere, contemplerà anche i modelli mesh creati da nuvole di punti e valuterà il livello di dettaglio raggiungibile ai fini delle rappresentazioni grafiche di rilievo, indispensabili, ad esempio, alla ricerca scientifica e alla progettazione di interventi di conservazione e restauro.

Ringraziamenti

L'autore ringrazia Emanuela De Feo e Rodolfo Maria Strollo per la preziosa collaborazione alla stesura dell'articolo.

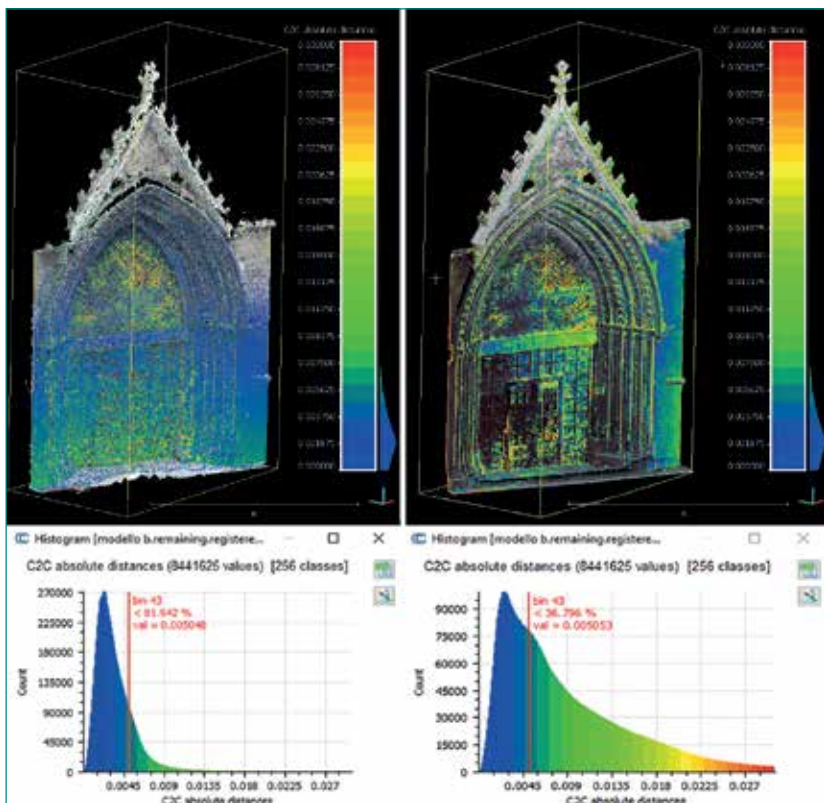


Fig. 9 - Confronti numerici tra modelli e relativi istogrammi. A sinistra (a) con (b), a destra (b) con (c)

BIBLIOGRAFIA

- Alabiso A.C., Campi M. & di Luggo A. (a cura di) (2016). *Il Patrimonio architettonico ecclesiastico di Napoli. Forme e spazi ritrovati*. Napoli: ArtstudioPaparo
- Barazzetti L., Binda L., Scaioni M. & Taranto P. (2011) Photogrammetric survey of complex geometries with low-cost software: application to the 'G1' temple in Myson, Vietnam. *Journal of Cultural Heritage* 12, 253-262
- Bianchini C. & Senatore L.J. (2012). *Metodi speditivi per la visualizzazione ed esplorazione interattiva di nuvole di punti*. In (a cura di) Bianchini C., *Documentation of Mediterranean Ancient Theatres: Athena's activities in Merida*. Roma: Gangemi Editore, 53-57,
- Bruzelius C. (2004) *The stones of Naples. Church Building in Angevin Italy, 1266-1343*. New Haven: Yale University Press; trad. it. (2005) *Le pietre di Napoli. L'architettura religiosa nell'Italia angioina, 1266-1343*. Roma: Viella
- Capone M., Catuogno R. & Palomba D. (2015) Automated image-based modeling, metodologie di rilievo low cost per svelare le geometrie nascoste. La chiesa di Sant'Eligio al Mercato a Napoli. *Disegnare CON* 8, 1-12
- D'Auria S & De Feo E. (2017) *La chiesa di Sant'Eligio al Mercato a Napoli. Storia, indagini documentarie, rilievi, analisi critica*. Fisciano: CUA
- Guerriero L. & De Feo E. (2012) *Rilievo materico e restauro: l'architettura angioina a Napoli*, in *Gráfica del Diseño: Tradición e Innovaciones, Acti del IV CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y CARRERAS AFINES, LA PLATA*, 651-656
- IPPOLITO A. & BARTOLOMEI C. (2014) *LA GESTIONE DEL DATO DI RILIEVO ATTRAVERSO SOFTWARE OPEN SOURCE: IL SISTEMA DELLE PORTE BOLOGNESI*, in *ITALIAN SURVEY & INTERNATIONAL EXPERIENCE, ATTI DEL 36° CONVEGNO INTERNAZIONALE DEI DOCENTI DELLA RAPPRESENTAZIONE, ROMA*, 897-906
- KERSTEN T.P. & LINDSTAEDT M. (2012) *IMAGE-BASED LOW-COST SYSTEMS FOR AUTOMATIC 3D RECORDING AND MODELLING OF ARCHAEOLOGICAL FINDS AND OBJECTS*, in *PROGRESS IN PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE EURO-MED CULTURAL HERITAGE PRESERVATION, BERLINO*, 1-10
- Mangiameli M., Musumeci G. & Zito S. (2017) *Low cost digital photogrammetry: From the extraction of point clouds by SFM technique to 3D mathematical modelling*, in *AIP Conference Proceedings*, 1863
- Nocerino E., Poiesi F., Locher A., Tefera Y.T., Remondino F., Chippendale P. & Van Gool L. (2017) 3D reconstruction with a collaborative approach based on smartphones and a cloud-based server. *ISPRS XLII-2/W8*, 187-194
- Nocerino E. & Remondino F. (2016) *Uso consapevole di software speditivi per ricostruzioni 3D*. *GEOmedia* 5, 40-42
- Strollo R.M., D'Auria S. & De Silla F. (2017) *A multidisciplinary approach to digital archaeology*. *Disegnare CON* 10 (19); 2.1-2.11
- Venditti A. 1969. *Urbanistica e architettura nella Napoli angioina*. *Storia di Napoli* III, 665-888

PAROLE CHIAVE

PATRIMONIO CULTURALE; ARCHITETTURA GOTICA; RILIEVO; FOTOMODELLAZIONE, SMARTPHONE

ABSTRACT

Sant'Eligio al Mercato is the first gothic church built in Naples. The portal on the south side is the primary example of the influence of the Rayonnant style prevailing in Paris, the result of French workmanship and one of the few Late Medieval remains largely untouched in the numerous restorations over seven centuries. In this research, the portal is the case study of an investigation aimed to define and test the potential offered by three-dimensional reconstruction based on photogrammetric survey carried out with mobile device and with the goal of documenting and spreading the knowledge of cultural heritage

AUTORE

SAVERIO D'AURIA
SAVERIO.D.AURIA@UNIROMA2.IT
LABORATORIO DI RILIEVO E ARCHITETTURA (LAREA)
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA TOR VERGATA

c'è
vita
nel nostro
mondo.

REALIZZAZIONE DI INFRASTRUTTURE

DATI TERRITORIALI (SDI)

CONFORMI A INSPIRE

FORMAZIONE SPECIALISTICA

SU TECNOLOGIE

GIS OPEN SOURCE

 **Epsilon**
ITALIA

per noi parlano i dati

Epsilon Italia S.r.l.
Via Pasquelli, 79
87040 Mendicino (CS)
Tel. 0984 631949
Fax 0984 631747
Info@epsilon-italia.it

www.epsilon-italia.it