

Colombia, rilievi "circolari" andata e ritorno

Colombia round trip, "circular" surveys

Massimo Leserri
Salvatore Barba
Gabriele Rossi

A valle di un viaggio di studio condotto nel mese di febbraio '20 in Colombia, in occasione del *III Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico*, si presenta la verifica di un modello fotogrammetrico, con l'implementazione di camere sferiche, per la rappresentazione dell'architettura e del contesto urbano. La necessità di acquisire rapidamente informazioni, senza sacrificare l'accuratezza, apre la strada, infatti, a nuove sperimentazioni.

Following a study trip held in Colombia February '20, during the "III Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico", we present here a study on the quality of a photogrammetric model for the graphic representation of architecture and urban context, with the implementation of spherical camera. The need to acquire information quickly, without giving up accuracy, opens the way to new experimentations.

Plaza de Santa Bárbara, disegno di Massimo Leserri

The Plaza de Santa Bárbara, sketch by Massimo Leserri

I 2018
CUBA
La Habana

II 2019
COLOMBIA
Montería
Cartagena de Indias

ORGANIZA

III SEMINARIO
INTERNACIONAL DE
LEVANTAMIENTO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

COLOMBIA
Info: sileparq.monteria@upb.edu.co

Beca "ICOMOS Colombia 2020"
Categoría Estudiantes de Pregrado

SiLepArq 2020

JORNADA ESTUDIO
MONTERÍA | 14 Febrero

WORKSHOP
SANTA CRUZ DE MOMPOX | 16-21 Febrero

COMITÉ ORGANIZADOR
Maximo Leseri | Álvaro Castro Abudibara

COMITÉ CIENTÍFICO
Stefano Bertocci | Antonio Corra | Riccardo Florio
Salvatore Barba | Sandro Parrinello | Gabriele Rossi | Valentina Castagnolo | Raffaele Coluogno
Ana Torres Borchino | Andrés Gaviria Valenzuela | Víctor Velásquez Hernández | Patricia Schmitter Castellanos
Merwan Chouherra Suárez | Mariana Patiño Osorio | Francesca Picchio



Locandina dell'edizione 2020 del Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico

3th "Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico"

Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale | ICOMOS Colombia | Universidad Pontificia Bolivariana | Universidad de Medellín | Universidad de la Sabana | Universidad del Cauca | Universidad del Valle | Universidad de la Guajira | Universidad de Nariño | Universidad de Tolima | Universidad de Córdoba | Universidad de Bucaramanga | Universidad de Santander | Universidad de Cundinamarca | Universidad de Boyacá | Universidad de Casanare | Universidad de Guaviare | Universidad de Meta | Universidad de Magdalena | Universidad de Sucre | Universidad de Cauca | Universidad de Cauca | Universidad de Cauca

Il contesto culturale

Il Seminario, quale consolidata modalità di incontro formativo nonché divulgativo, rappresenta un luogo di confronto e di riflessione, per professionisti e per un pubblico di non addetti ai lavori: sovente, a differenza dei tradizionali moduli didattici, accoglie esperienze multidisciplinari, offrendo scenari e opportunità innovative, dove l'internazionalità si fonda con gli obiettivi dell'evento. Nello specifico ci riferiamo a un ciclo di seminari avviati in America Latina nel 2018, indirizzati, prevalentemente, alla comunità accademica colombiana delle facoltà di Architettura. Un viaggio – di andata e ritorno, come vedremo –, intrapreso allo scopo di sensibilizzare ai temi del rilievo dell'architettura, attraverso un'esperienza teorico-pratica, e per trasferire competenze relazionate alla conoscenza e analisi del patrimonio esistente. Un'occasione per proporre alle università latinoamericane una riflessione sulle lacune nelle locali offerte formative relazionate al patrimonio architettonico e urbano esistente, ma anche come momento per catalizzare nuove collaborazioni e ricerche internazionali. Il *Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico*, promosso dalla Universidad Pontificia Bolivariana, si è finora svolto nei suggestivi siti caraibici dichiarati Patrimonio dell'Umanità dalla UNESCO, La Habana, Cartagena de Indias e Santa Cruz de Mompox.

Locandina dell'edizione 2020 del Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico

3th "Seminario Internacional de Levantamiento del Patrimonio Arquitectónico"



Per una documentazione speditiva

Nella recente terza edizione del Seminario realizzata nello scenario del villaggio fluviale di Santa Cruz de Mompox, sono stati individuati, all'interno della città consolidata, diversi episodi urbani per l'implementazione di tecniche di rilevamento. In questo contributo presentiamo la sperimentazione che ha riguardato la Plaza de Santa Bárbara, con l'obiettivo di verificare le potenzialità fotogrammetriche delle immagini panoramiche a 360° – tradizionalmente utilizzate nelle esplorazioni interattive –, con lo scopo di convalidarne il loro utilizzo per la generazione di modelli metrici per la documentazione del patrimonio. Le ragioni di questa scelta metodologica sono riconducibili alla volontà di testare un nuovo approccio di rilievo speditivo, garantendo risultati conformi alle tolleranze delle più consolidate applicazioni fotogrammetriche. Dovranno, infatti, essere depurati gli errori grossolani, ridotti al minimo le occorrenze sistematiche e trattati quelli

Dettaglio di un'antica mappa del Caribe colombiano, disegnata da Joanes Janssonius (1653) per il Servicio Geográfico del Ejército

Detail of an ancient map of the Colombian Caribbean, by Joanes Janssonius (1653) for "Servicio Geográfico del Ejército"

accidentali, per un impiego dei risultati anche per il monitoraggio del patrimonio in contesti di rischio [1] e di emergenza [2].

La fotogrammetria sferica

La digitalizzazione 3D risponde oggi alle esigenze di documentazione e valorizzazione dei nostri beni, che trascende il mero interesse e conduce le istituzioni a riconoscerne con crescente consapevolezza la necessità, ancor prima dell'utilità. Da diversi anni fotogrammetria e *laser scanning* rispondono a queste richieste, secondo protocolli ormai condivisi, che però richiedono sempre più spesso aggiornamenti in conseguenza delle ultime novità e/o delle semplificazioni introdotte dall'evoluzione tecnologica. In particolare, si sta assistendo a una progressiva diffusione di un particolare paradigma fotogrammetrico, basato come *input* fotografico sui panorami sferici, ovvero sulla relativa rappresentazione cartografica piana delle

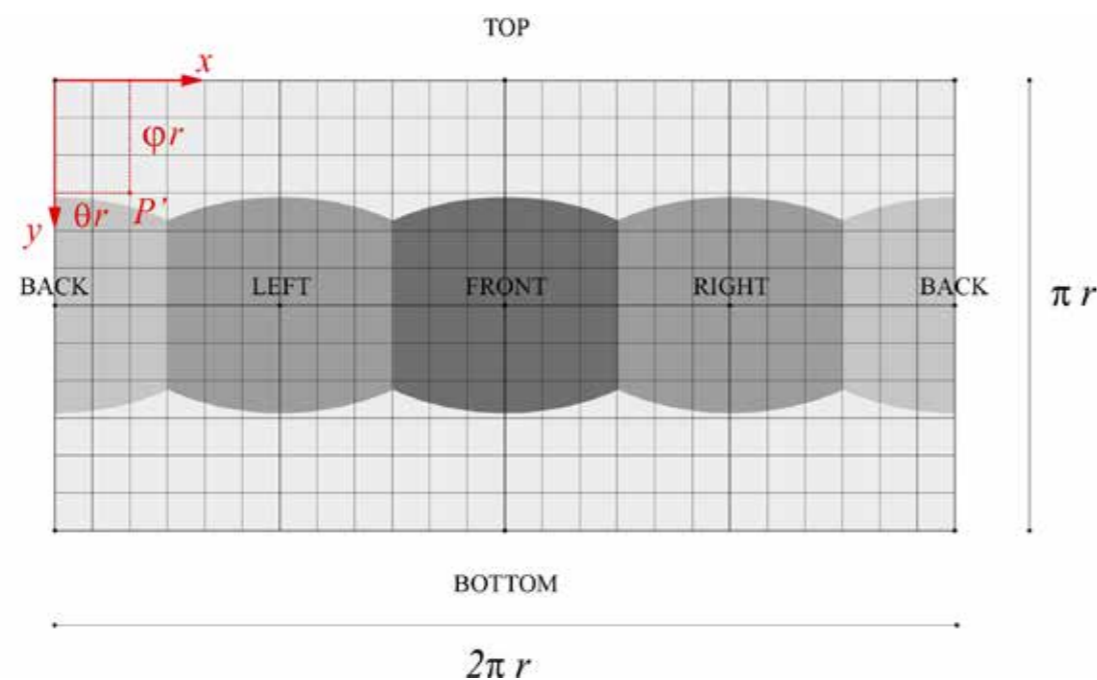
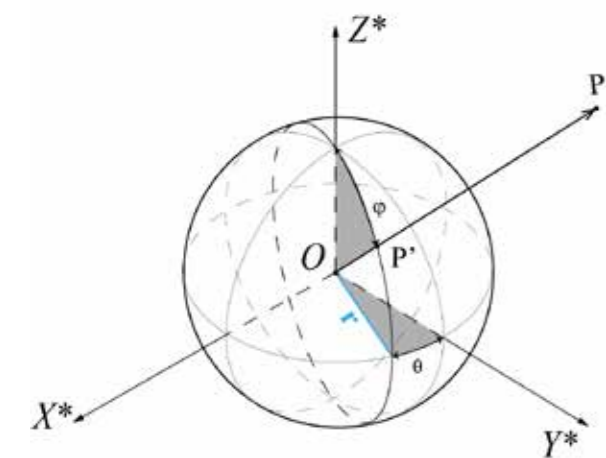
The development of three-dimensional models for the representation from frames of architecture is now a consolidated practice. However, the need to obtain promptly information, without sacrificing its accuracy, encourage new experiments. Recent photogrammetric applications based on spherical panoramic acquisitions, initially intended for interactive explorations,

considering time and cost, quite accurate results. The documentation through spherical photography is possible due to the acquisition of multiple images of the same scene, from a fixed observation point, taken with divergent axes. The high diffusion of the new cameras specifically dedicated to the production of panoramas and the support of photogrammetric algorithms allows to avoid the traditional operation of

stitching individual frames. It also allows some geometrical inconsistencies, since these cameras, specifically designed for 360° use, are already prepared for internal stitching providing a correct output in equirectangular projection. They can also be used – even in the absence of prior calibration – during the workflow for the generation of point clouds according to the SfM process. This will allow to define an operational procedure focused on the

use of spherical cameras for their application in the documentation of heritage and its metric analysis: in addition to the well-known and accessible survey techniques, we propose, an expeditious and innovative solution, which will allow to integrate the metric requirements with those of a comprehensive photographic representation. The objective is to evaluate the ability of photogrammetry pipeline to interpret data provided

by a low-cost 360° camera, the Insta360 ONE X, for the restitution of a three-dimensional point cloud from which to obtain dimensional information for an initial estimate of data reliability and accuracy.



immagini acquisite a 360° da uno stesso punto di presa e parzialmente sovrapposte [3]. La cucitura di queste immagini multiple è una tecnica messa a punto dai ricercatori della Apple per aumentare la scarsa risoluzione delle prime fotocamere digitali, che ha poi trovato successivo impiego come *image-based render* per esplorazioni in realtà virtuale che non necessitano di modellazione dell'ambiente tridimensionale [4]. Oggi è possibile sfruttarne i vantaggi, tra i quali la velocità e il basso costo, per la documentazione 3D del patrimonio; infatti, la possibilità di desumere precise informazioni sulla posizione e sull'orientamento dei panorami sferici può supportare metricamente il processo fotogrammetrico, consentendo di restituire corrette informazioni di tutta la scena catturata [5]. Per l'approccio innovativo i panorami sferici danno vita, quindi, a quella che può essere definita come un nuovo tipo di fotogrammetria dei vicini. Velocità ed economicità di acquisizione rappresentano i vantaggi principali della fotogrammetria sferica, a cui si aggiungono la completezza della documentazione e la drastica riduzione della quantità dei dati rispetto ai modelli fotogrammetrici tradizionali, con conseguente alleggerimento del calcolo computazionale. In ragione di ciò, la fotogrammetria sferica si presta al rilievo di tutti quei beni che necessitano di una catalogazione speditiva a causa delle particolari condizioni di degrado avanzato in cui versano. Nel seguito ci soffermiamo, quindi, sui riscontri di un'applicazione di rilievo speditivo basata su panorami sferici, condotta con una camera a 360° di tipo *entry level*, la Insta360 ONE X.

La proiezione equirettangolare (elaborazione di Sara Antinozzi)

The equirectangular projection (by Sara Antinozzi)

Panorami sferici e proiezione equirettangolare

La generazione di un panorama sferico prevede, 'tradizionalmente', una sequenza di scatti acquisiti con un apparecchio fotografico che, ruotando intorno al proprio punto nodale, copre l'intero giro d'orizzonte per più inclinazioni verticali. Successivamente, nella fase di *stitching*, questi scatti sono mosaicizzati su una superficie sferica, secondo un algoritmo procedurale di cucitura; quindi, la sfera è mappata sul piano cartografico della rappresentazione "equirettangolare", generando un'immagine piana rettangolare di rapporto pari a 2:1 [6]. Come noto la rappresentazione equirettangolare non è conforme, né equivalente. Nel dettaglio, tutte le linee verticali dello spazio rimangono tali, mentre le linee orizzontali degenerano in curve, fatta eccezione per quella d'orizzonte; i poli, inoltre, risulteranno 'stirati' per l'intera larghezza dell'immagine in corrispondenza dei bordi superiore e inferiore [7]. Il motivo di interesse verso questi materiali di *input* risiede nel fatto che le coordinate immagine rappresentano gli angoli di direzione, orizzontale e verticale, dei punti osservati, scalati con un coefficiente pari al raggio della sfera espresso in pixel. In altre parole, il panorama sferico è la registrazione di ogni possibile misura angolare, azimutale e zenitale, effettuabile da un teodolite posto nello stesso punto di stazione. Le principali differenze con queste misurazioni riguarderanno il limite imposto dalla risoluzione e le correzioni angolari da stimare per ripristinare una corretta verticalità del panorama.

Dal panorama alla nuvola di punti

Negli ultimi anni sono state immesse sul mercato diverse soluzioni automatizzate di modellazione 3D con un flusso di lavoro che può includere anche dati provenienti da camere sferiche. Applicativi di questo tipo consentono di settare preventivamente il modello di camera sferica, segnalando all'algoritmo che si sta procedendo a caricare un'immagine equirettangolare e permettendo il riconoscimento automatico dei *frame* sferici; i panorami sono orientati sulla base dei *tie point* estratti dal *maching* automatizzato, ormai implementato in moltissimi ambienti di programmazione. Quindi, la fotogrammetria sferica non differisce molto da quanto avviene nel caso di *frame* piani, ciò che è significativamente diverso è il modello geometrico-matematico per l'orientamento delle immagini, che necessita di un approfondimento.

Si consideri una data immagine sferica *S* con centro in *O* e raggio *r*. Un punto dello spazio *P(X,Y,Z)*, posto a una distanza *d* dal centro della sfera, potrà essere individuato in funzione delle coordinate sferiche *P(X*,Y*,Z*)* con la seguente relazione, dove φ è l'angolo zenitale e θ quello azimutale del sistema panorama:

$$P = [X^* \ Y^* \ Z^*]^T = [d \sin\varphi \sin\theta \quad d \sin\varphi \cos\theta \quad d \cos\varphi]^T$$

Queste ultime direzioni sono le stesse che si misurerebbero strumentalmente, con una differenza fondamentale: l'asse *Z** non è reso perfettamente verticale, ma occorre considerare dei piccoli valori angolari di correzione attorno agli assi *X** e *Y** affinché il sistema panorama risulti parallelo a quello terrestre, operazione che equivale all'azione di un compensatore biassiale. La relazione tra il punto immagine *P(x,y)* sul piano della rappresentazione equirettangolare e il corrispondente spaziale *P(X,Y,Z)* avverrà tramite le equazioni di collinearità – o equazioni della direzione azimutale e zenitale –, corrette per tener conto della specificità dei panorami sferici e dell'introdotta mancata verticalità [8]. I panorami saranno orientanti con questa modellazione della fotocamera a condizione che siano stati estratti sufficienti punti omologhi: sarà così possibile calcolare la posizione delle prese sferiche e le coordinate oggetto dei punti immagine. Una volta stimate le posizioni delle prese sferiche, la ricostruzione della scena può essere condotta con i classici metodi basati sulle intersezioni multiple di raggi proiettivi. In particolare, le equazioni di complanarità stabiliscono che due raggi proiettivi uscenti dai centri *O'* e *O''* di due panorami sferici della stessa scena e diretti verso un generico punto oggetto *P(X,Y,Z)* e la base *b* che li congiunge, giacciono sul medesimo piano (detto epipolare). Le coordinate dei due punti immagine *P'* e *P''* soddisferanno la condizione di complanarità, stabilendo l'orientamento relativo tra due coppie di panorami.

L'acquisizione dei dati

Le fotocamere pensate appositamente per una presa a 360° consentono anche a operatori meno esperti di registrare rapidamente grandi siti con un esiguo numero di stazioni, perché è catturata l'intera scena in cui è immerso lo stesso operatore [9]. Banalmente, l'idea alla base dell'uso di questo tipo di fotocamere è quella di ridurre i tempi di acquisizione, utilizzando una strumentazione *consumer* e semplificando l'approccio della geometria di presa in modo da eseguire campagne complesse in maniera speditiva.

Lo strumento scelto per le acquisizioni è la fotocamera sferica Insta360 ONE X, il cui costo si attesta al di sotto dei cinquecento euro. Dal design leggero – 115 g con batteria – questa camera è caratterizzata da una apertura pari a f/2 e da una risoluzione di 18 MP; fornisce all'utente la possibilità di lavorare con differenti opzioni di esposizione – auto, manuale (1/8000 s - 55 s, ISO 100-3200), priorità di tempi (1/8000 s - 2 s) e priorità ISO (100-3200) –, generando, con uno *stitching* interno, una proiezione equirettangolare (purtroppo, senza possibilità di intervento manuale). Durante il Seminario i panorami sono stati acquisiti in modo da garantire una sufficiente sovrapposizione tra prese contigue. Considerando che la Iglesia de Santa Bárbara presenta tre navate, lo schema di presa è stato articolato in tre percorsi rettilinei in corrispondenza della mezzera delle navate, con fotogrammi sferici distanziati di un metro circa e acquisiti alla quota di due metri. I tre percorsi descrivono una griglia rettangolare che copre in maniera ottimale lo spazio interno dell'edificio, eliminando completamente il problema delle occlusioni. I fotogrammi acquisiti sono stati 135, restituiti direttamente in proiezione equirettangolare, con dimensione di 6912 x 3456 pixel. La campagna di acquisizione è stata realizzata in collaborazione con l'architetto Margherita Tricarico del Dipartimento di Cultura Europea e Mediterranea dell'Università degli Studi della Basilicata.



Panoramiche a 360° degli interni della Iglesia de Santa Bárbara (Santa Cruz de Mompox)

Panoramic views of the Iglesia de Santa Bárbara (Santa Cruz de Mompox)

Una prima valutazione dell'accuratezza

Il paradigma fotogrammetrico, nella sua formulazione analitica, ricorre alle equazioni di collinearità per eseguire l'orientamento dei fotogrammi. Nella fotogrammetria multimmagine, in particolare, la tecnica del *bundle adjustment* consente di ottenere i punti di appoggio direttamente dalle immagini, limitando drasticamente le operazioni di rilievo diretto e risolvendo, in un'unica operazione, la calibrazione della camera e la determinazione dei parametri di orientamento esterno. Le coordinate dei punti di appoggio sono poi utilizzate per valutare la qualità del processo, quantificando la differenza tra quelle rilevate con soluzioni topografiche – più accurate – e quelle restituite dalla risoluzione del sistema di equazioni di collinearità. Questa procedura, consolidata e perfettamente codificata, rappresenta la migliore soluzione da prendere a riferimento. Nel caso di un rilievo speditivo, tuttavia, non sempre si hanno a disposizione le strumentazioni di appoggio che richiederebbero il supporto di altri tecnici e l'articolazione delle acquisizioni in più fasi, con una conseguente dilatazione dei tempi. Il modello sarà valutato e aggiornato, pertanto, sulla base di informazioni associate a un determinato errore, quello di "riproiezione", da intendere come la differenza tra misurazioni dedotte più o meno direttamente e quelle calcolate tramite il *bundle adjustment* in fase di orientamento. Tale errore sarà utilizzato come un indicatore di qualità per il modello restituito.

La camera Insta360 ONE X

The Insta360 ONE X



```
T = photo.transform.inv()
calib = photo.sensor.calibration
point_index = 0

for proj in projections[photo]:
    track_id = proj.track_id
    while point_index < npoints and points[point_index].track_id < track_id:
        point_index += 1
    que = (points[point_index].track_id)
    if point_index < npoints and points[point_index].track_id == track_id:
        if not points[point_index].valid:
            continue

    coord = T * points[point_index].coord
    coord.size = 3
    dist = calib.error(coord, proj.coord).norm() ** 2
    v = M * points[point_index].coord
    v.size = 3
```

Codice in Python scritto da Lucas Matias Gujski

Python code written by Lucas Matias Gujski

L'errore di riproiezione

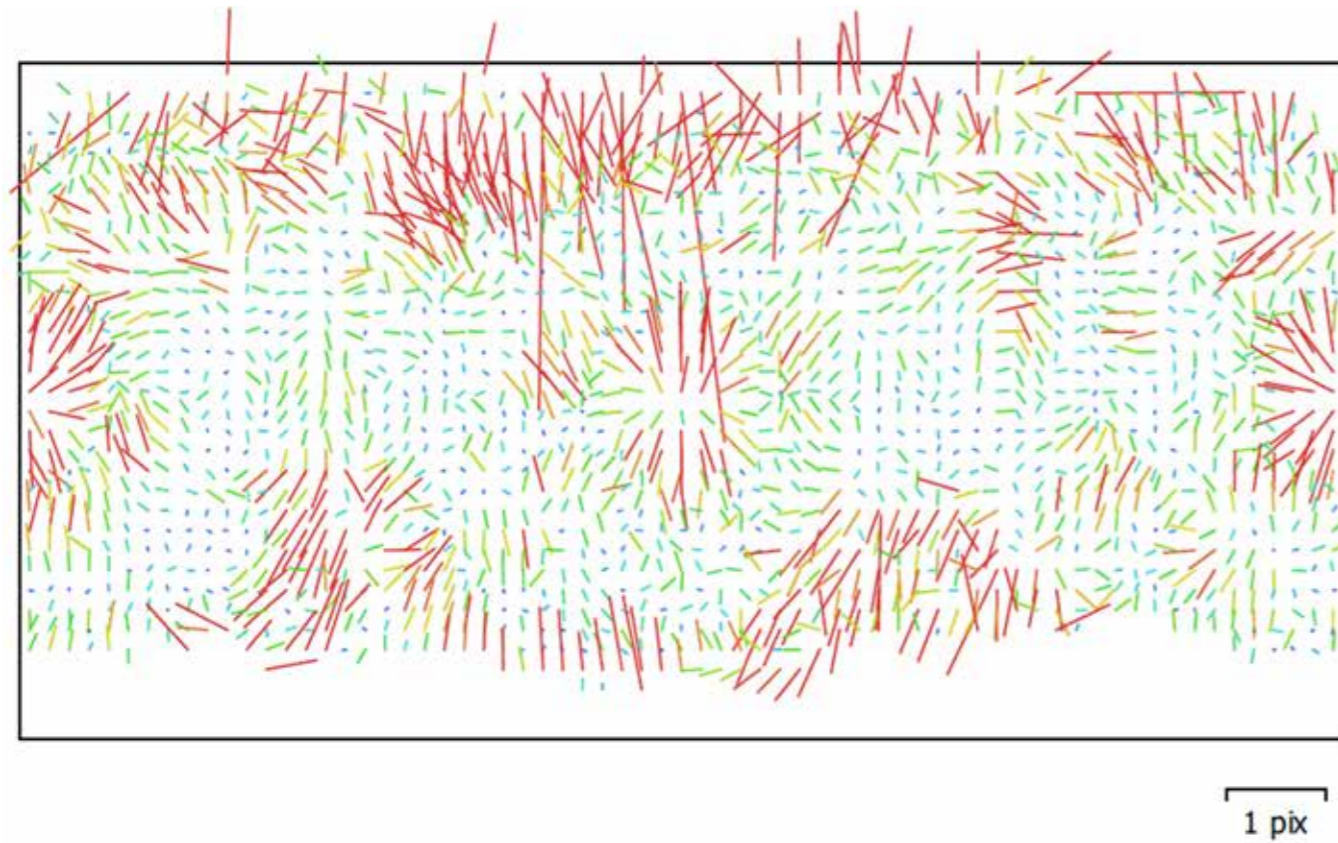
Per quantificare l'accuratezza della posizione di un punto tridimensionale rispetto alla proiezione reale del punto, sarà utilizzato un algoritmo in Python, sviluppato per ottenere da ogni punto il relativo errore di riproiezione [10], che potrà rappresentare l'accuratezza del calcolo di ogni punto di una data nuvola di punti (questo errore dipenderà dalla qualità della calibrazione, così come dalla qualità di collimazione dello stesso punto sulle relative immagini). L'errore di riproiezione è un errore geometrico che corrisponde alla distanza – nello spazio immagine – tra un punto proiettato e la sua misura e può essere ingegneristicamente utilizzato per quantificare quanto vicino alla proiezione di un punto è 'ricreata' la stima più probabile del punto 3D. Infatti, una volta calcolate le coordinate, il punto *i*-esimo è riproiettato in tutte le immagini dove appare: la distanza tra il punto immagine e il punto così riproiettato rappresenta l'errore di riproiezione che ci fornirà una misura quantitativa e qualitativa della precisione.

Analisi dei risultati

Per la validazione del metodo proposto, pertanto, l'accuratezza è valutata come differenza tra valore "reale" e valore "stimato"; quindi, dall'insieme delle osservazioni si otterrà la deviazione standard degli scarti. Analogamente, nell'algoritmo SfM utilizzato, a ogni *tie point* estratto è associato un valore dell'errore di riproiezione, modulo della somma degli errori di riproiezione (ϵ_i) calcolato per il numero di immagini che includono lo stesso *tie point* (*n*), da cui è stato possibile osservare un primo valore medio dell'errore pari a circa 0,6 pixel:

$$\epsilon_t = \left| \frac{\sum_i^n \epsilon_i}{n} \right|$$

I residui di un'immagine equirettangolare mostrano il vettore dell'errore medio di riproiezione, in pixel per ogni cella corrispondente [11], da cui è possibile verificare che le aree più critiche si osservano nei punti di perdita dell'orizzontalità.



Conclusioni

Questi rilievi fotogrammetrici 'circolari', sulla base delle evidenze sperimentali, risultano efficaci anche da un punto di vista geometrico, rappresentando un buon strumento di lettura su cui avanzare progetti di conservazione, monitoraggio e valorizzazione. È necessario, però, stabilire una metodologia rigorosa, dalla campagna di acquisizione all'elaborazione dei dati. Così operando, la qualità della nuvola di punti è stata verificata in funzione dell'errore di riproiezione associato a ogni *tie point*, ottenendo un errore medio inferiore a un pixel, un valore compatibile con le tolleranze di un rilievo fotogrammetrico digitale. Questi nuovi confini fotogrammetrici, più rapidi e a basso costo, ci spingono, quindi, a sperimentare nuove tecniche. Ad esempio, è oggetto di studio una valutazione del grado di precisione del metodo, validandolo i dati restituiti con quelli provenienti da un laser scanner terrestre, il FARO Focus M70, con cui sono state acquisite, sempre in occasione del Seminario, 24 nuvole di punti dell'edificio ecclesiastico e del suo complesso urbano. In questo modo, la validazione non sarà più puntuale ma generale e l'integrazione di diverse tecniche di indagine, passiva e attiva, porterà a una migliore efficienza nella fase di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Residui in un'immagine equirettangolare restituiti da Andrea di Filippo

Residues in an equirectangular image (by Andrea di Filippo)

Si rafforza, quindi, l'esigenza per la nostra comunità di esperienze internazionali di trasferimento tecnologico e di sviluppo delle metodologie operative, senza dimenticare la missione verso una formazione continua e di postlaurea. Da Cuba, alla Colombia si compie una nostra traiettoria per così rientrare nei confini dei Seminari Internazionali della UID: come avviene per le economie ci piace parlare, perciò, di un vero e proprio rilievo circolare.



Visualizzazione della nuvola dei punti da laser scanner della Plaza Santa Bárbara di Mompox

View of the TLS cloud points of Plaza Santa Bárbara in Mompox

Note

1. Calantropio A, Chiabrando F, Spanò A, Use of Digital Photogrammetry techniques for supporting provisional structures in seismic emergency response. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5/W1, 2017, pp. 68-79.
2. Nannei V, Fassi F, Mirabella Roberti G., Photogrammetry for quick survey in Emergency Conditions: The case of Villa Galvagnina. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W15, 2019, pp. 835-842.
3. Szeliski R., Shum H.Y., Creating full view panoramic image mosaics and environment maps. In: SIGGRAPH '97 - 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Los Angeles, 1997, pp. 251-258.
4. Fangì G., Nardinocchi C., Photogrammetric processing of spherical panoramas. *The Photogrammetric Record*, 28, 2013, pp. 293-311.
5. Wahbeh W., Nardinocchi C., Toward the Interactive 3D Modelling Applied to Ponte Rotto in Rome. *Nexus Network Journal*, 17(1), 2015, pp. 55-71.
6. Bandeira Araújo A., Guidelines for Drawing Immersive Panoramas in Equirectangular Perspective. In Proceeding of ARTECH 2017 - 8th International Conference on Digital Arts, 2017, pp. 93-99.
7. Houshian H., Elseberg J., Borrmann D., Nüchter A., A study of projections for key point-based registration of panoramic terrestrial 3D laser scan. *Geospatial Information Science*, 18, 2015, pp. 11-31.
8. Fangì G., La fotogrammetria sferica dei mosaici di scena per il rilievo architettonico. *Bollettino SIFET*, 3, 2007, pp. 23-42.
9. Barazzetti L., Previtali M., Roncoroni F., Can we use low-cost 360-degree cameras to create accurate 3D models? *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, 2018, pp. 69-75.
10. James M.R., Robson S., d'Oleire-Oltmanns S., Niethammer U., Optimising UAV topographic surveys processed with structure-from-motion: Ground control quality, quantity, and bundle adjustment. *Geomorphology*, 280, 2017, pp. 51-66.
11. Barba S., Antinozzi S., Gujski L., Immagini Sferiche per i Beni Culturali: Rilievo e Documentazione con Insta360 ONE X. In: IX Convención Internacional de Agrimensura 2019, La Habana, Poster, DOI: 10.13140/RG.2.2.30394.13760.

Massimo Leseri

Ricercatore, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno • Assistant Professor, Department of Civil Engineering, University of Salerno
mleseri@unisa.it

Salvatore Barba

Professore Ordinario, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno • Full Professor, Department of Civil Engineering, University of Salerno
sbarba@unisa.it

Gabriele Rossi

Professore Associato, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari • Associate Professor, Department of Civil Engineering and Architecture Sciences, Polytechnic of Bari
gabriele.rossi@poliba.it