

# Applicazioni di rapid mapping tramite sistema Freedom 360 a Norcia

## *Rapid mapping approaches using the Freedom 360 system at Norcia*

**LORENZO TEPPATI LOSÈ**

### **Abstract**

I sistemi definibili come camere sferiche o camere 360 sono stati soggetti a importanti sviluppi negli anni passati e le possibilità connesse al loro utilizzo in diversi settori sono state variamente esplorate. Una delle caratteristiche di tali sistemi risiede nella rapidità connessa al loro utilizzo e nella possibilità di acquisire l'ambiente che circonda la camera a 360 gradi. Date queste e altre specifiche, tali sistemi si prestano molto bene a diverse sperimentazioni volte a testarne le possibili applicazioni in contesti d'emergenza e con approcci di rapid mapping.

*In the last years, the systems that can be defined as spherical or 360 cameras have undertaken major developments and the possibilities to use them in different applications have been variously exploited. One of the main characteristics of these systems is connected with their rapid deployment on the field and with the possibility to acquire the entire environment surrounding the camera at 360 degrees. All these specifications considered, it is clear that these systems can be successfully tested for different applications in emergency scenarios and adopting rapid mapping approaches.*

Lorenzo Teppati Losè, dottore di ricerca in Beni architettonici e paesaggistici, assegnista in Geomatica presso il Politecnico di Torino, DAD  
lorenzo.teppati@polito.it

### **1. Le camere 360. Tipologie e caratteristiche**

I sistemi che permettono l'acquisizione di immagini sferiche, definiti come camere 360, sono stati protagonisti di un rapido sviluppo negli ultimi anni, in particolare in relazione al loro utilizzo nei settori connessi all'acquisizione di video e immagini a fini d'intrattenimento. Questi sistemi permettono di registrare in maniera omnidirezionale e omnicomprendiva l'intero ambiente che circonda la camera; un esempio d'immagine sferica in proiezione equiretangolare è riportato in Figura 1. I fondamenti di questa tecnologia risiedono negli algoritmi di *image-stitching* creati e sviluppati all'interno del settore della *computer vision* a partire dagli anni '90 del secolo scorso. Tali algoritmi, che adottano principi di correlazione d'immagini usati anche dalla fotogrammetria, permettono infatti di registrare e unire diverse immagini tra di loro, con l'obiettivo di ottenere una singola immagine omnicomprendiva dello spazio circostante i sensori utilizzati in fase di acquisizione. Inoltre, durante il corso degli anni tali sistemi hanno subito diverse trasformazioni, fino ad arrivare all'attuale configurazione.

Grazie al crescente interesse verso queste tecniche è oggi possibile reperire sul mercato diverse soluzioni a costi ridotti. Ad oggi è possibile definire due tipologie principali di camere 360: le soluzioni DIY (*Do It Yourself*) e le soluzioni COTS (*Commercial Off The Shelf*). All'interno della prima tipologia rientrano quei sistemi che è possibile assemblare utilizzando altre tipologie



Figura 1. Esempio d'immagine sferica in proiezione equirettangolare. Piazza del Duomo, Norcia (luglio 2018).

di camere grazie alla creazione di appositi supporti; molto spesso le camere utilizzate per tale scopo rientrano nella categoria delle *action cam*, grazie alle loro caratteristiche e al costo relativamente ridotto. Queste soluzioni sono state le prime a essere disponibili sul mercato e proprio per la loro intrinseca natura presentano diversi vantaggi, in particolare una più ampia possibilità di personalizzazione dei processi di *stitching* ed un maggior controllo da parte dell'utente nei software dedicati. D'altra parte, esse si configurano inoltre come sistemi meno stabili e meno affidabili rispetto a quelli commerciali. In maniera antitetica, i sistemi COTS garantiscono una maggiore affidabilità e in generale una maggior facilità di utilizzo da parte degli operatori, al prezzo però di rinunciare ad un maggior controllo da parte dell'utente sulle diverse fasi del processo di acquisizione ed elaborazione delle immagini. È inoltre interessante analizzare l'andamento del prezzo di tali sistemi durante gli ultimi anni: esso è infatti andato incontro ad una progressiva e costante riduzione dei costi, facilitando la diffusione di questa tipologia di camere in svariati settori.

## 2. Approcci della geomatica all'utilizzo di immagini 360

Grazie ai fattori precedentemente citati, alla maggiore diffusione di queste camere e al fatto che i principi legati alla generazione di questa tipologia d'immagini siano molto vicini agli approcci fotogrammetrici, le sperimentazioni legate all'utilizzo di tali sistemi con approcci di ricerca della geomatica hanno goduto di un discreto interesse in maniera piuttosto precoce<sup>1</sup>. Tra le varie applicazioni legate all'utilizzo di tali sistemi è interessante riportare come uno degli ambiti che fin da subito ha attratto gli sforzi dei ricercatori è quello legato alle applicazioni di *rapid mapping* e in particolare in connessione con la documentazione del patrimonio costruito<sup>2</sup>. Con il termine *rapid mapping* s'intende tradizionalmente la possibilità di fornire dati geo-spaziali di un determinato fenomeno, contesto od oggetto in tempi ridotti.

L'applicazione di tali sistemi è stata quindi sperimentata in diversi ambiti e utilizzando diversi approcci. Una prima grande diversificazione dell'utilizzo di questi sistemi può essere infatti individuata nella scelta di utilizzarli da soli o in connessione con altri sensori (all'interno dei cosiddetti *Mobile Mapping Systems*). All'interno di questa esperienza si è deciso di testare la possibilità di utilizzo di tali camere da sole, con approcci *Structure from Motion* e di valutare a posteriori la loro interconnessione con altre tecniche e strumenti della geomatica.

## 3. Applicazioni in contesti d'emergenza: potenzialità e problematiche

A fronte di tali caratteristiche l'applicazione di queste tecniche risulta quindi particolarmente interessante in contesti d'emergenza, dove il fattore tempo ricopre da sempre un ruolo di primo piano. Al fattore tempo si sommano inoltre altre caratteristiche peculiari di questi sistemi: il costo ridotto, la facilità di utilizzo sul campo, le dimensioni ridotte e la versatilità dei dati acquisiti.

A seguito delle precedenti ricerche condotte con tali sistemi in altri contesti e all'interno dell'esperienza della task force del Politecnico di Torino successiva al sisma in Centro Italia del 2016 si è deciso di testare le possibilità connesse all'utilizzo di tali tecniche in contesti operativi e d'emergenza, come sarà riportato nel paragrafo successivo. A fronte di questa decisione un'analisi preliminare sulle potenzialità e le problematiche legate all'uso di tali sistemi è necessaria.

Il principale vantaggio risiede nella facilità e rapidità di utilizzo sul campo; diverse soluzioni sono infatti state sperimentate in connessione alla possibilità di adottare svariati supporti per la movimentazione della camera 360 (Figura 2) e in particolare sulla possibilità che tale camera venga utilizzata da operatori impegnati sul campo durante lo svolgimento di altre attività, come ad esempio il personale della Protezione Civile o dei Vigili del Fuoco. Un altro grande



Figura 2. Alcuni dei supporti che possono essere utilizzati per la movimentazione del sistema Freedom 360 durante le fasi d'acquisizione.

vantaggio connesso all'utilizzo di tali sistemi risiede inoltre nella versatilità dei dati acquisiti, che oltre all'utilizzo in ambiti connessi alla geomatica possono essere trattati per altre finalità a supporto delle operazioni sul campo. I dati raccolti possono infatti essere trasformati in video 360 e tour virtuali che possono essere facilmente condivisi tra i diversi enti impegnati sul campo, garantendo lo scambio d'informazioni preziose anche con le persone non presenti fisicamente sui luoghi dell'emergenza. Tali approcci presentano ovviamente anche delle criticità, soprattutto legate alla necessità di sviluppo di ricerche applicate e al fatto che diverse problematiche connesse al loro utilizzo siano ancora oggetto di sperimentazioni.

Il primo problema connesso all'adozione di tali approcci è legato alla loro georeferenziazione: a differenza dei *Mobile Mapping Systems*, che risolvono tale problematica grazie all'utilizzo e all'integrazione di diversi sensori per il posizionamento, un approccio fotogrammetrico con camere 360 utilizzate non in connessione ad altri sensori presenta maggiori problematiche. Una soluzione tradizionale, che prevede il posizionamento e la misura di punti di controllo, non è infatti compatibile con le necessità di rapidità e di

sicurezza degli operatori in connessione alle operazioni in contesti d'emergenza. Uno degli aspetti ai quali si è lavorato è quindi connesso alla ricerca di soluzioni alternative per la georeferenziazione dei modelli ottenuti tramite i dati acquisiti con camere 360.

Un altro importante aspetto connesso ai modelli generati con tali sistemi è da relazionarsi con l'accuratezza e la risoluzione dei prodotti derivabili dai dati acquisiti con camere 360. Rispetto ad approcci fotogrammetrici più tradizionali infatti è possibile riscontrare alcune differenze. In primo luogo, i modelli derivati da camere 360 presentano generalmente una minor accuratezza rispetto a quelli generati con tecniche più tradizionali. In secondo luogo, anche la risoluzione di tali modelli è generalmente minore. Entrambe queste problematiche sono riconducibili alle caratteristiche intrinseche dei sensori che compongono le camere 360. Tali sensori sono infatti spesso derivati dal settore delle *action cam*, in particolare per le camere COTS, e presentano risoluzioni minori e distorsioni marcate che si ripercuotono su diversi aspetti del processo fotogrammetrico<sup>3</sup>. Tuttavia, in determinati contesti quali quelli dell'emergenza, queste criticità possono essere compensate dalla rapidità di acquisizione dei dati sul campo che, in una generale analisi costi-benefici nei contesti di rischio o post disastro, può risultare un fattore vincente rispetto alla perdita di accuratezza e risoluzione dei modelli generati.

#### 4. I primi test a Norcia con il sistema Freedom 360

Diversi test sono stati programmati e completati durante le missioni condotte dal Gruppo di geomatica della task force del Politecnico di Torino nelle aree colpite dal sisma 2016, di particolare interesse risultano i test condotti presso Norcia (PG) il 02/12/2016. In tale contesto il sistema testato è stato il Freedom 360 (Figura 3): questa camera 360 è composta da un supporto stampato in 3D e progettato per alloggiare sei *action cam* (nel caso di questi test sono state utilizzate sei GoPro Hero 4 Silver edition). La qualità finale delle immagini sferiche generate da questo tipo di sistema, che integra camere diverse, è ovviamente influenzata dalle specifiche delle singole camere utilizzate.



Figura 3. Il sistema Freedom 360.





Figura 4. Il percorso effettuato a Norcia utilizzando il sistema Freedom 360.

Nei test portati a termine a Norcia si è deciso di sfruttare al massimo le possibilità connesse alla rapidità di tali sistemi e per tale motivo si è deciso di acquisire sul campo video e non singole immagini panoramiche. Inoltre, il sistema Freedom 360 è stato montato su di un supporto estensibile fissato su di uno zaino rigido, in modo da lasciare l'operatore libero di muoversi e agire sul campo.

Una volta completato il set up del sistema e dopo aver avviato l'acquisizione dei video si è realizzato un percorso a piedi all'interno della zona rossa della città, grazie al supporto e alla presenza dei Vigili del Fuoco impegnati nelle operazioni nelle zone colpite dal sisma. Il percorso effettuato è stato di circa 1 km, ha richiesto 15 minuti ed è riportato in Figura 4. Successivamente sono stati estratti diversi frame dai video

acquisti, utilizzando un intervallo di tempo regolare, in modo da poter procedere alle successive elaborazioni con un approccio fotogrammetrico. Come riportato nei paragrafi precedenti, tra i diversi problemi legati all'elaborazione di questo tipo di dati, risulta sicuramente di centrale importanza la questione della georeferenziazione del modello tridimensionale generato. Per sopperire all'assenza di punti di controllo misurati tramite approcci topografici tradizionali (scelta effettuata per snellire al massimo le operazioni da completarsi sul campo) si è deciso di adottare una strategia diversa. Grazie infatti alla disponibilità di un volo fotogrammetrico da UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) realizzato nei giorni precedenti alle acquisizioni con il sistema 360 è stato possibile estrarre le coordinate di diversi elementi naturali/antropici univocamente riconoscibili anche sulle immagini acquisite tramite sistema 360. Tali punti sono stati poi utilizzati all'interno del processo fotogrammetrico, per verificare l'accuratezza metrica del processo stesso e per completare la georeferenziazione del modello tridimensionale. Questo approccio, che sicuramente sacrifica parte delle accuratèzze raggiungibili, permette comunque di raggiungere livelli di accuratezza sufficienti a supportare una scala di rappresentazione urbana (1:500-1:200). Inoltre, l'integrazione con dati da UAV contribuisce alla generale snellezza dell'intero processo. I dati così acquisiti hanno quindi permesso di completare diversi test seguendo questo approccio, alcune viste del modello 3D generato sono riportate in Figura 5. A fronte dei test condotti permangono tuttavia alcune criticità che necessitano di essere approfondite tramite successivi test e sperimentazioni. Una delle criticità che è necessario considerare con maggiore attenzione al momento riguarda la quantità dei dati raccolti sul campo; il rischio connesso all'utilizzo di tali sistemi è infatti quello di raccogliere dati ridondanti che richiedono un maggior sforzo di selezione nelle successive fasi di elaborazione. In secondo luogo, le caratteristiche intrinseche delle camere che compongono il sistema devono essere attentamente considerate e modellate, per favorire un corretto completamento delle diverse fasi del processo fotogrammetrico. Infine, gli argomenti di ricerca connessi all'utilizzo di camere 360 sono ancora a uno stato preliminare e successivi sviluppi in questi settori saranno sicuramente forieri di miglioramenti.

### Conclusioni

L'implementazione dell'utilizzo di immagini sferiche all'interno di approcci fotogrammetrici ha recentemente aperto nuove prospettive di ricerca e sviluppo nell'ambito di scenari operativi d'emergenza. Le camere COTS 360 si configurano infatti come strumenti versatili, di rapido impiego e che si prestano a promettenti sviluppi futuri. I temi che richiederanno maggiore attenzione per i futuri indirizzi di ricerca saranno probabilmente legati alla risoluzione del problema della georeferenziazione dei prodotti derivabili tramite questi approcci e al miglioramento degli approcci

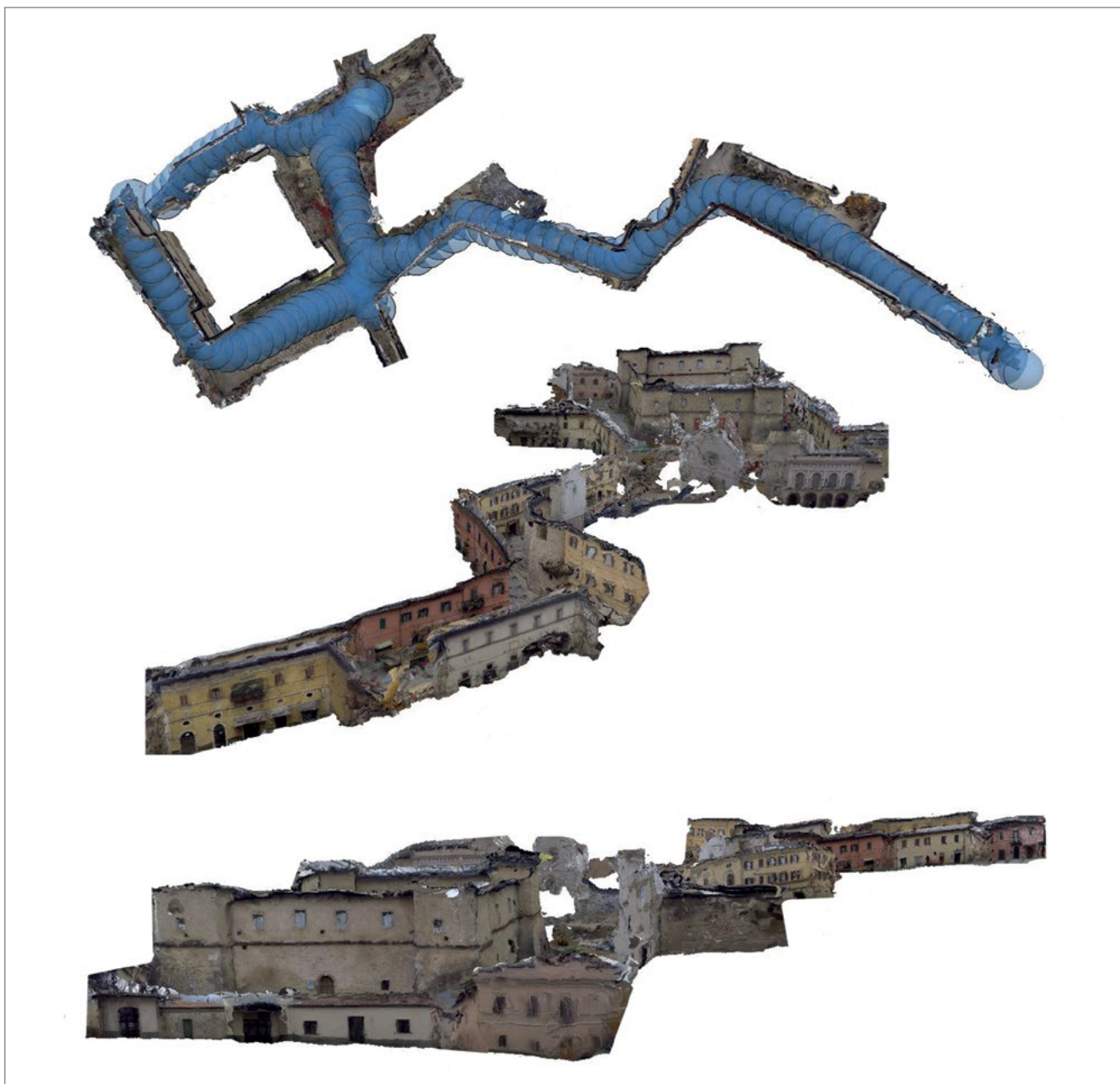


Figura 5. Alcune viste del modello 3D di una parte della città di Norcia generato tramite i dati generati con il sistema Freedom.

fotogrammetrici legati a tali sistemi. Un trend sicuramente interessante è legato allo sviluppo che questo tipo di sensori sta incontrando in tempi recenti; l'aumento di risoluzione di queste camere permetterà probabilmente di migliorare la risoluzione dei modelli 3D derivabili. Sarà infine necessario stabilire delle linee guida da concordare con gli operatori coinvolti nelle operazioni sul campo in modo da favorire e incentivare l'utilizzo di queste camere in tali scenari.

**Note**

<sup>1</sup> Gabriele Fangi, *The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XXXVI-5/C53, 2007, pp. 311-316. Gabriele Fangi, Carla Nardinocchi, *Photogrammetric processing of spherical panoramas*, in «Photogrammetric

Record», 28 (143), 2013, pp. 293-311. Enzo D'Annibale, Livia Piermattei, Gabriele Fangi, *Spherical Photogrammetry as Emergency Photogrammetry*, in *Proceedings of XXIII CIPA (International Committee for Documentation of Cultural Heritage) Symposium*, Prague 2011.

<sup>2</sup> Wissam Wahbeh, Carla Nardinocchi, *Toward the Interactive 3D Modelling Applied to Ponte Rotto in Rome*, in «Nexus Network Journal», 17 (1), 2015, pp. 55-71. S. Kossieris, O. Kourouniotti, Panagiotis Agrafiotis, Andreas Georgopoulos, *Developing a Low-Cost System for 3D Data Acquisition*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-2/W8, 2017, pp. 119-126.

<sup>3</sup> Lorenzo Teppati Losè, Filiberto Chiabrandò, Antonia Spanò, *Preliminary evaluation of a commercial 360 multi-camera RIG for photogrammetric purposes*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII, 2018, pp. 1113-1120.