POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Tecniche di acquisizioni fotogrammetriche per il rilievo speditivo utilizzando una Steadycam commerciale

Original
Tecniche di acquisizioni fotogrammetriche per il rilievo speditivo utilizzando una Steadycam commerciale / Patrucco, G., Calantropio, A., Sammartano, G., TEPPATI LOSE', L.. - In: ATTI E RASSEGNA TECNICA. - ISSN 0004-7287. - ELETTRONICO. - LXXIII:3(2019), pp. 212-216.

Availability:
This version is available at: 11583/2844088 since: 2020-09-04T11:41:57Z

Publisher:
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

13 September 2026

Tecniche di acquisizioni fotogrammetriche per il rilievo speditivo utilizzando una Steadycam commerciale

Photogrammetric acquisition techniques for rapid mapping using a commercial Steadycam

GIACOMO PATRUCCO, ALESSIO CALANTROPIO, GIULIA SAMMARTANO, LORENZO TEPPATI LOSÈ

Giacomo Patrucco, dottorando in Beni architettonici e paesaggistici, Politecnico di Torino
giacomo.patrucco@polito.it

Alessio Calantropio, dottorando in Beni architettonici e paesaggistici, Politecnico di Torino
alessio.calantropio@polito.it

Giulia Sammartano, dottore di ricerca in Beni architettonici e paesaggistici, assegnista in Geomatica presso il Politecnico di Torino, DAD
giulia.sammartano@polito.it

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

Abstract
La rapidità di acquisizione nell'ambito del rilievo metrico 3D è un aspetto fondamentale, soprattutto per quanto riguarda contesti post-emergenziali, che spesso sono connotati da elevata pericolosità; negli ultimi anni, proprio per questo motivo, diverse ricerche applicate sono state sviluppate al fine di ottimizzare nuove metodologie di *mapping* rapide, flessibili e low-cost. Durante questa ricerca è stata testata una steadycam commerciale con la quale sono stati acquisiti in maniera speditiva dei fotogrammi del soffitto ligneo della Basilica di San Nicola a Tolentino, al fine di valutare l'utilizzo di questo strumento per scopi fotogrammetrici come possibile soluzione speditiva ed economica.

In the framework of 3D metric survey, the rapidity of the acquisition is a fundamental aspect, especially as regards post-emergency situations; those conditions are often characterised by high risk, for this reason, in the last few years several researches have been developed in order to optimise new flexible and low-cost rapid mapping methodologies. As part of this study, a commercial steadycam has been tested for photogrammetric purposes in order to collect digital images of the coffered wooden ceiling of the Basilica of San Nicola, with the aim to evaluate the suitability of this device as a possible rapid and low-cost mapping solution.

Introduzione

Gli eventi sismici che si sono verificati in centro Italia nel 2016 hanno evidenziato quanto il nostro patrimonio costruito sia fragile e quanto sia pertanto necessaria una corretta documentazione dei beni culturali a rischio, in particolare in contesti post-emergenziali, in modo da poter fornire un supporto adeguato a coloro che operano all'interno della gestione del disastro. In tal senso, i contributi che la geomatica può fornire con i suoi strumenti sono molteplici, dalla realizzazione di cartografia speditiva alla realizzazione in tempi contenuti di modelli 3D sui quali visualizzare eventuali danni e lesioni.
Un aspetto fondamentale che va considerato in questo specifico ambito del rilievo metrico 3D è appunto il carattere speditivo delle soluzioni adottate, e questo appare quanto mai evidente in contesti connotati da elevato rischio, dove la permanenza sul sito deve essere necessariamente ridotta al minimo e i risultati devono essere elaborati in tempi ristretti.
Inoltre, accanto all'esigenza legata alla rapidità delle soluzioni adottate, vi è anche la necessità di sviluppare soluzioni di tipo low-cost[1], maggiormente accessibili a un'utenza più ampia e sostenibili economicamente. Per questo motivo, andando ad affiancare soluzioni più consolidate (e spesso molto costose),

Figura 1. Fronte della basilica di San Nicola a Tolentino.

Figura 2. Soffitto ligneo a lacunari della basilica.

negli ultimi anni si stanno affermando sul mercato in misura sempre maggiore nuove tecnologie low-cost in grado di rispondere efficacemente a tali esigenze (smartphone, tablet, camere 360° e action cam)[2]. Esse, grazie ai continui miglioramenti degli algoritmi legati alla fotogrammetria digitale, offrono la possibilità di ottenere prodotti metrici di elevata qualità. Infine, un ultimo aspetto che vale la pena sottolineare riguarda la flessibilità a cui puntano queste nuove metodologie in rapido sviluppo, basata su diverse caratteristiche, tra cui l'adattabilità in diversi contesti, la maneggevolezza dei dispositivi e la facilità di utilizzo.

Per questo motivo durante la ricerca presentata è stato preso in considerazione l'utilizzo di una *steadycam* commerciale come possibile soluzione speditiva per l'acquisizione di dati per scopi fotogrammetrici[3]. Per poter valutare correttamente i dati ottenuti grazie a questa *steadycam* sono state inoltre eseguite altre due acquisizioni con sensori maggiormente consolidati: è stato eseguito un rilievo fotogrammetrico tradizionale con una camera DSLR (*Digital Single Lens Reflex*) e diverse scansioni 3D utilizzando un laser scanner.

Il caso studio è il soffitto ligneo a lacunari della Basilica di San Nicola a Tolentino (Figura 1), compresa, come ormai è noto dai precedenti contributi, nelle aree che a partire dall'agosto 2016 sono state colpite dagli eventi sismici. In particolare, il soffitto a cassettoni della navata centrale (Figura 2), è connotato da un apparato decorativo sia ricco di dettagli figurati (santi), sia di intarsi articolati ad altorilievo e particolari architettonici con spiccata configurazione tridimensionale[4]; queste caratteristiche, insieme alla sua posizione particolarmente elevata (quasi 15 m dal piano di calpestio della chiesa) e alla illuminazione non ottimale, rendono questa esperienza di modellazione 3D da rilievo fotogrammetrico particolarmente interessante per le difficoltà da affrontare.

1. Acquisizione ed elaborazione dei dati con DJI OSMO+

Il sensore testato durante questa ricerca è una *steadycam* low-cost modello DJI OSMO+. Si tratta di una camera da 12,4 Mp con lunghezza focale di 4 mm (22-77 mm equivalente) stabilizzata grazie ad un *gimbal*[5] motorizzato a 2 assi (Figura 3).

Durante il rilievo, il sensore portatile, sostenuto da un operatore che ha camminato svariate volte lungo la navata della chiesa con la camera orientata con asse perpendicolare rispetto al soffitto, è stato in grado di acquisire un video in 4K (24 frame al secondo) dal quale sono stati successivamente estratti 328 frame (1 frame al secondo). Al fine di simulare una situazione di rischio elevato, e dunque massimizzare la rapidità dell'acquisizione, l'assetto della camera è stato mantenuto solo nadirale, senza acquisire immagini oblique. L'intero procedimento ha richiesto in tal modo circa cinque minuti.

Per quanto riguarda il rilievo eseguito con la camera DSLR, è stata utilizzata una Canon EOS 5D Mark II, equipaggiata con un obiettivo 24-70 mm con focale bloccata su 24 mm; le immagini sono state acquisite con l'ausilio di un treppiede fotografico. In tutto sono state acquisite 84 immagini (sia con orientamento parallelo al cassettonato che inclinato a ≈ 45°). Per questa operazione sono stati necessari circa 80 minuti.

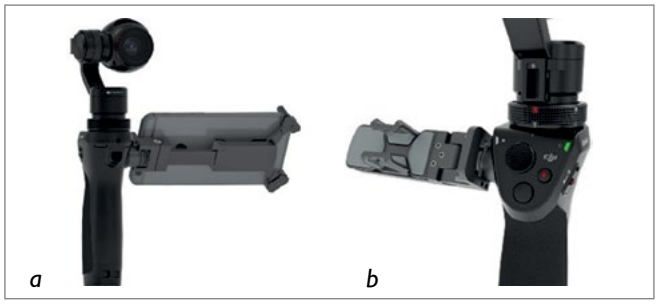

Figura 3. DJI OSMO nell'insieme (a) ed in un suo dettaglio (b).

Infine, in relazione alle scansioni laser, è stato impiegato un laser scanner a differenza di fase Faro Focus^{3D} della CAM2. È stato ovviamente sfruttato il rilievo laser scanning realizzato per la documentazione dell'interno della chiesa[6], che contava 17 scansioni (distribuite omogeneamente lungo la navata). In questo caso il tempo necessario è stato di circa tre ore. Le scansioni sono state successivamente unite tra loro grazie ad una procedura consolidata che prevede dapprima un allineamento di tipo *cloud-to-cloud* e in seguito la georeferenziazione del blocco di scansioni grazie a dei punti misurati con metodi topografici classici mediante una rototraslazione rigida[7].
I fotogrammi di entrambi i dataset sono stati invece processati con un software basato su algoritmi di tipo *Structure-from-Motion* (SfM) seguendo la metodologia tradizionale: orientamento dei fotogrammi, generazione di una nuvola sparsa di *tie-points* e generazione di una nuvola di punti densa[8]. Considerando gli errori residui sui punti di controllo misurati con stazione totale (7,3 mm per il dataset della camera DSLR e 8,8 mm per quello della *steadycam*) si può constatare la coerenza dei due risultati ottenuti.

2. Analisi e discussione dei risultati

In seguito all'elaborazione di questi dati è stato possibile ottenere diversi prodotti metrici: il modello 3D texturizzato (Figura 4), il DSM (*Digital Surface Model*), e l'ortofoto del soffitto a cassettoni (Figura 5). Come già accennato questi elaborati, tipici prodotti del rilievo metrico 3D, sono di fondamentale importanza per quanto riguarda la gestione del disastro e contribuiscono a fornire un valido supporto in contesti di emergenza; pertanto, l'obiettivo in questo caso è consistito nell'analizzare i prodotti elaborati a partire dal dataset della *steadycam* e valutare in che misura fossero competitivi rispetto a quelli degli altri sensori e se fossero adatti a fornire un supporto adeguato durante un contesto emergenziale.

	Media ass.	Dev. St.	Min	Max
Tutti	0,012	0,008	0,000	0,036
● A	0,009	0,005	0,000	0,021
◆ B	0,017	0,009	0,002	0,036
▲ C	0,010	0,006	0,003	0,018

Tabella 1. Valori statistici dei residui sui punti di controllo rispetto alla loro distribuzione sul soffitto (tutti i valori sono espressi in metri).

Come si può osservare nella Figura 4, il modello 3D ottenuto dalla nuvola di punti generata dai fotogrammi acquisiti con la *steadycam* è caratterizzato da una risoluzione apprezzabile e un buon livello di dettaglio; inoltre anche la qualità radiometrica della texture è di buona qualità, anche considerando l'illuminazione non ottimale riscontrata all'interno della chiesa durante l'acquisizione del video.
I DSM ottenuti da entrambi gli approcci fotogrammetrici sono stati confrontati in ambiente GIS per verificare le discrepanze sulla coordinata z. Dal momento che il soffitto a cassettoni è connotato da un'elevata tridimensionalità – l'ampiezza in sezione verticale del soffitto a lacunari è di circa 1 m – i punti di controllo sono stati distribuiti, con riferimento alla figura 5, dal basso verso l'alto: in parte sulle cornici (punti gialli), in parte sui profili decorativi cruciformi (punti arancioni) e in parte sulle decorazioni rappresentanti i santi (punti verdi). In Tabella 1 è possibile osservare gli errori residui: anche in questo caso il risultato ottenuto con la *steadycam* confrontato con quello ottenuto dal rilievo fotogrammetrico tradizionale da camera DSLR può essere considerato positivamente.
Per quanto riguarda la definizione e il livello di dettaglio dei modelli 3D, alcune analisi sono state condotte su un'area campione dell'apparato decorativo, nella fattispecie un modulo composto da tre cassettoni. In particolare, sono

Figura 4. Dettaglio del modello 3D (texturizzato e non texturizzato) di un lacunare: (a) modello generato da camera DSLR; (b) modello generato da steadycam.

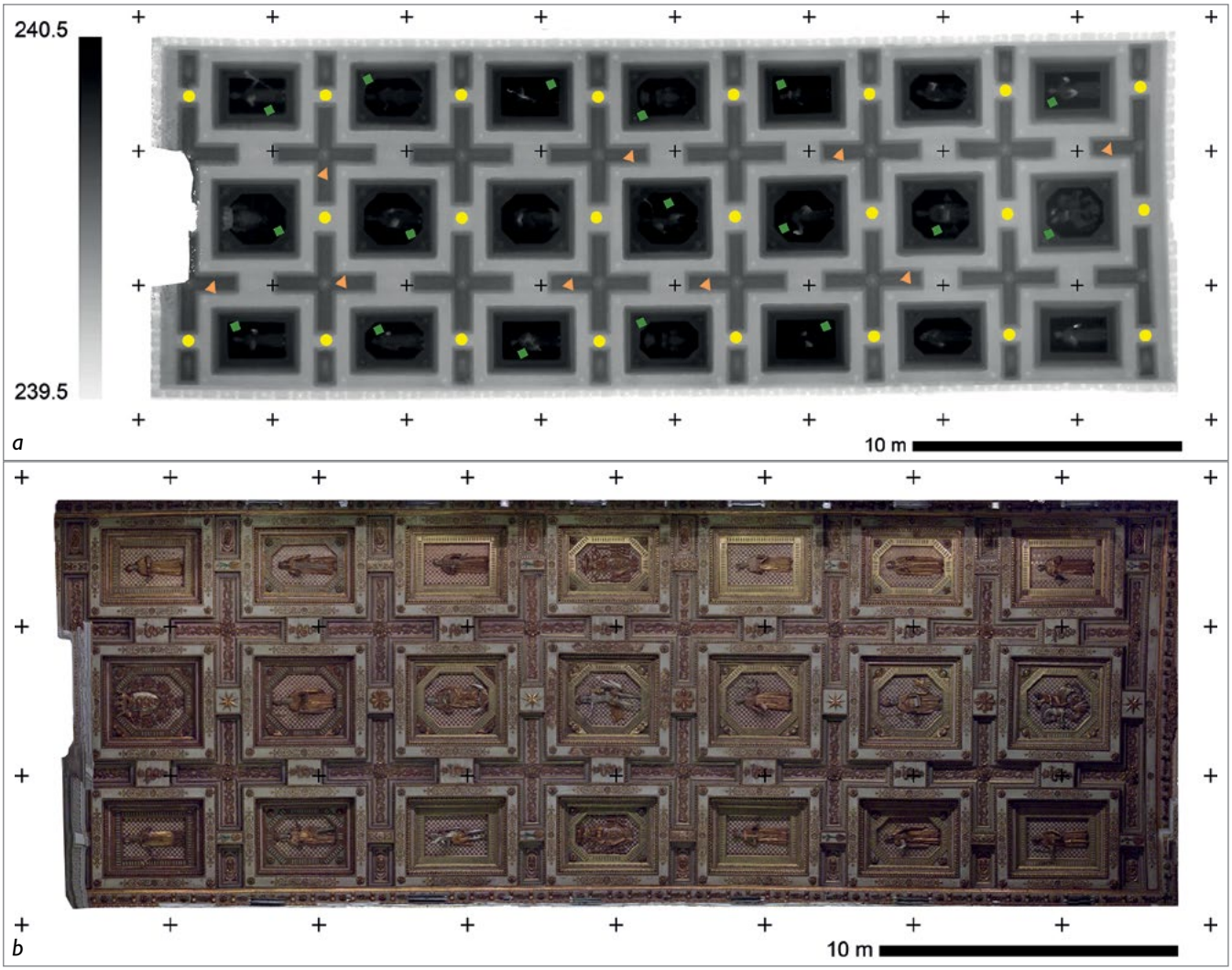

Figura 5. Ortofoto del soffitto cassettonato della Basilica (a) e DSM con evidenziati i punti di controllo selezionati sulla superficie rilevata (b).

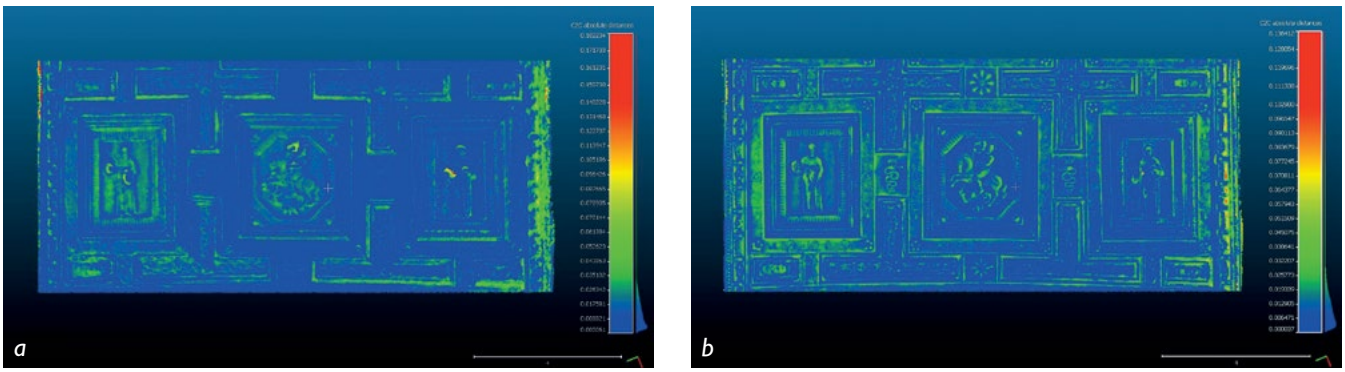

Figura 6. Analisi delle differenze tra i diversi dataset: (a) modello steadcam/modello da camera DSLR. (b) modello steadycam/modello LiDAR. Le superfici in blu sono quelle che presentano scostamenti tra 0 e 1,5 cm; in quelle in verde le differenze sono maggiori e si attestano tra 1,5 cm e 3-4 cm. Le superfici evidenziate in verde intenso-giallo-rosso presentano delle differenze maggiori e sono relative alle porzioni di modello che presentano errori topologici (solitamente situate nelle aree esterne a causa della minore sovrapposizione delle immagini).

state misurate le discrepanze esistenti tra le diverse nuvole di punti (quella ottenuta da *steadycam* e quelle generate utilizzando sensori consolidati) al fine di valutare la risoluzione e la definizione geometrica (Figura 6). Rispetto alla nuvola di punti acquisita con il laser scanner che è quella maggiormente dettagliata delle tre calcolate, la definizione della

Differenze [m]	Media	Dev. St.	Min	Max
Steadycam vs. DSLR	0,014	0,010	0,000	0,182
Steadycam vs. LiDAR	0,012	0,009	0,000	0,136

Tabella 2. Differenze tra i diversi dataset analizzati.

superficie del soffitto nel modello derivato da *steadycam* è penalizzata dalla distanza di ripresa elevata (circa 13 m, considerando l'altezza di più di 14,5 m del soffitto dal piano di calpestio, e l'altezza da terra della presa del dispositivo da parte dell'operatore), dall'elevata tridimensionalità dei cassettoni e dalla scarsa illuminazione riscontrata nella chiesa durante la fase di acquisizione. Tuttavia, anche se la definizione è certamente inferiore rispetto alla nuvola acquisita da laser scanner, le geometrie dei particolari dei cassettoni sono state correttamente ricostruite consentendo un'adeguata documentazione del manufatto architettonico in questione.

Conclusioni

Durante questa ricerca sono stati eseguiti dei confronti tra i diversi dataset presentati al fine di valutare la competitività della *steadycam* per il rilievo 3D speditivo, considerando sia l'aspetto operativo legato alla fase di acquisizione che la qualità dei prodotti finali, che potenzialmente potrebbero servire a supportare attività di salvataggio dei beni artistici o architettonici durante situazioni di emergenza.

La velocità di acquisizione è sicuramente un punto forte di questo sensore, dal momento che sia il laser scanner che la camera DSLR hanno richiesto tempi molto maggiori. Inoltre, la maneggevolezza e la facilità di utilizzo consentono l'impiego anche da parte di operatori meno esperti. Al netto di alcuni aspetti critici osservati durante lo svolgimento della ricerca – tra cui la scarsa durata della batteria, inadatta a rilievi di lunga durata, e la necessità di calibrare frequentemente il *gimbal* – i prodotti ottenuti a partire dal dataset acquisito con la *steadycam* sono estremamente competitivi. Nonostante il livello di dettaglio e definizione geometrica sia inferiore a quello del laser scanner e, in misura minore, a quello della camera DSLR, l'accuratezza metrica e la qualità complessiva dei prodotti generati è più che accettabile e contribuisce al giudizio positivo del DJI OSMO+ come possibile soluzione per l'acquisizione fotogrammetrica speditiva.

Note

[1] Stelios Kossieris, Olympia Kourounioti, 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», vol. 42, 2017, pp. 119-126.

[2] Fausta Fiorillo, Marco Limongiello, Belén Jiménez Fernández-Palacios, *Testing GoPro for 3D model reconstruction in narrow spaces*, in «ACTA IMEKO», vol. 5, n. 2, 2016, pp. 64-70. Roman Shults, *New opportunities of low-cost photogrammetry for cultural heritage preservation*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. 62, 2017, pp. 481-486.

[3] Questo lavoro è già stato presentato dagli stessi autori alla Conferenza nazionale SIFET nel 2017, essendo selezionato come migliore per il Premio Poster nella categoria "Terremoti ed Emergenze". La stessa ricerca è stata quindi presentata in: Alessio Calantropio, Giacomo Patrucco, Giulia Sammartano, Lorenzo Teppati Losè, *Low-cost sensors for rapid mapping of cultural heritage: first tests using a COTS Steadicamera*, in «Applied Geomatics», 10, 2018, pp. 31-45; DOI: 10.1007/s12518-017-0199-6.

[4] Il soffitto fu realizzato dal 1605 al 1628 dal maestro intagliatore Filippo da Firenze coadiuvato da suo figlio Piero, ed è così descritto: «Capolavoro di ebanisteria barocca – unico nelle Marche – si sviluppa per una lunghezza di più di 38 metri, spartito in ventuno cassettoni su file di tre e perimetrato da una ricca trabeazione ad ovoli e dentelli sorretta da mensole con modiglioni a gola dritta, alternatamente intercalate da rosoncini e da biscioni viscontei, che compaiono peraltro anche nei riquadri che collegano i singoli lacunari lateralmente fra loro. Nel fondo dei lacunari – alcuni scorniciati ad ottagono – su di un tappeto a scacchiera rosso e bianco, risaltano alternativamente ora lo stemma vescovile ora diciotto statue di santi, a grandezza superiore al naturale, oltre a quella centrale del Cristo Redentore e quella della Madonna. Tutte le superfici sono indurate a zecchino [...]»; Fabio Mariano, *Soffitto ligneo*, in Centro Studi Agostino Trapè (a cura di), *La Basilica di San Nicola a Tolentino. Guida all'arte e alla storia*, Biblioteca Egidiana, Tolentino 2008.

[5] Un *gimbal* è un dispositivo che serve a stabilizzare un oggetto (di solito una camera fotografica o una videocamera), ammortizzando e riducendo le vibrazioni causate dal movimento dell'operatore. Quello utilizzato nella ricerca presentata è a 2 assi, ovvero contribuisce alla stabilizzazione sugli assi X e Y; esiste, per il modello di steadycam utilizzato, un ulteriore accessorio che provvede alla stabilizzazione anche per quanto riguarda l'asse Z, come consueto anche nei droni.

[6] Cfr. in questo volume il contributo a p. 102.

[7] Filiberto Chiabrando, Vincenzo Di Pietra, Andrea Lingua, Paolo Maschio, Francesca Noardo, Giulia Sammartano, Antonia Spanò, *TLS models generation assisted by UAV survey*, in «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. 41, 2016, pp. 413-420.

[8] Dettagli sui principi della fotogrammetria digitale sono stati forniti a partire dal primo contributo di Geomatica. Cfr. in questo volume il contributo a p. 41.

BY-NC-SA