

ISTI Technical Reports

Analisi dei software Agisoft Metashape e 3DF Zephyr per la ricostruzione 3D tramite fotogrammetria

Marco Tampucci, Davide Moroni

ISTI-CNR, Pisa, Italy

Analisi dei software Agisoft Metashape e 3DF Zephyr per la ricostruzione 3D tramite fotogrammetria

Marco Tampucci, Davide Moroni

ISTI-TR-2020/030

In questa relazione vengono analizzati i software Agisoft Metashape[1] e 3DF Zephyr[2] per la ricostruzione 3D da serie immagini tramite l'utilizzo di tecniche fotogrammetriche. Obiettivo dell'analisi è quello di confrontare le funzionalità dei due software al fine di identificare i vantaggi e gli svantaggi dell'utilizzo di ciascuno dei due software. L'analisi dei due software verrà condotta realizzando due ricostruzioni 3D diverse così da poter analizzare il comportamento dei due software in situazioni differenti. Nel primo test verrà ricostruita la terrazza del Mastio di Matilde sfruttando le immagini acquisite manualmente in loco tramite una macchina fotografica Canon EOS 550D; nel secondo test verrà ricostruito il Mastio di Matilde e l'interno della Fortezza Vecchia sfruttando le immagini, e relative coordinate GPS, acquisite tramite una macchina fotografica Sony DSC-QX100 installata a bordo di un drone.

Keywords: Fotogrammetria, Ricostruzioni 3D, Metashape, 3DF Zephyr.

Citation

Tampucci M., Moroni D. *Analisi dei software Agisoft Metashape e 3DF Zephyr per la ricostruzione 3D tramite fotogrammetria*. ISTI Technical Reports 2020/030. DOI: 10.32079/ISTI-TR-2020/030.

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo"
Area della Ricerca CNR di Pisa
Via G. Moruzzi 1
56124 Pisa Italy
<http://www.isti.cnr.it>

Analisi dei software Agisoft Metashape e 3DF Zephyr per la ricostruzione 3D tramite fotogrammetria

Marco Tampucci, Davide Moroni

Indice

1. Introduzione	3
2. I software	4
2.1. Allineamento delle immagini.....	4
2.2. Nuvola densa di punti.....	7
2.3. Generazione del modello 3D	7
2.4. Generazione della texture	7
3. Le ricostruzioni di test	8
3.1. La terrazza del Mastio di Matilde	8
3.2. Il Mastio di Matilde e il piazzale della Fortezza Vecchia	10
4. Risultati	11
5. Conclusioni	13
Riferimenti.....	14

1. Introduzione

In questa relazione vengono analizzati i software Agisoft Metashape[1] e 3DF Zephyr[2] per la ricostruzione 3D da serie immagini tramite l'utilizzo di tecniche fotogrammetriche. Obiettivo dell'analisi è quello di confrontare le funzionalità dei due software al fine di identificare i vantaggi e gli svantaggi dell'utilizzo di ciascuno dei due software.

L'analisi dei due software verrà condotta realizzando due ricostruzioni 3D diverse così da poter analizzare il comportamento dei due software in situazioni differenti. Nel primo test verrà ricostruita la terrazza del Mastio di Matilde sfruttando le immagini acquisite manualmente in loco tramite una macchina fotografica Canon EOS 550D; nel secondo test verrà ricostruito il Mastio di Matilde e l'interno della Fortezza Vecchia sfruttando le immagini, e relative coordinate GPS, acquisite tramite una macchina fotografica Sony DSC-QX100 installata a bordo di un drone.

Nella sezione 2 vengono descritti in dettaglio i due software discutendo delle varie funzionalità offerte e delle loro diversità.

Nella sezione 3 vengono quindi analizzati i test condotti e i risultati ottenuti.

Infine, nella sezione 4, vengono espresse le conclusioni dell'analisi condotta.

2. I software

Come già menzionato, i software analizzati sono Agisoft Metashape e 3DF Zephyr. Entrambi i software permettono di ottenere delle ricostruzioni 3D di oggetti e/o scene di grandi dimensioni tramite tecniche di fotogrammetria.

Entrambi i software adottano la stessa catena di operazioni per ottenere le ricostruzioni 3D a partire dalle immagini acquisite:

- **Allineamento delle immagini:** una volta creato un nuovo progetto, le immagini vengono caricate all'interno del software che si occupa della calibrazione e del loro allineamento. La calibrazione è eseguita in automatico e si appoggia ad un database di valori di calibrazione per ogni macchina fotografica e lente utilizzata. L'allineamento delle immagini (avviato in automatico in Zephyr e manualmente in Metashape) permette al software di identificare la posizione nello spazio da dove è stata acquisita l'immagine e di creare una nuvola sparsa di punti dell'oggetto da ricostruire. In questa fase, se disponibili, è possibile inserire anche le coordinate geografiche delle acquisizioni. Zephyr permette di inserire, al posto di fotografie normali, anche filmati o fotografie panoramiche.
- **Generazione della nuvola di punti densa:** una volta allineate le immagini ed ottenuta la nuvola sparsa dei punti è possibile generare la nuvola di punti densa inerente all'oggetto da ricostruire. La nuvola di punti densa viene ottenuta basandosi sul set di immagini allineate e verrà utilizzata per generare il modello 3D. I punti trovati possono contenere l'informazione del colore (in entrambi i software esiste una opzione dedicata).
- **Generazione del modello 3D:** dalla nuvola di punti è quindi possibile generare il modello tridimensionale. In entrambi i software è possibile utilizzare sia la nuvola sparsa che quella densa anche se, mirando alla qualità finale della ricostruzione, è ovviamente consigliabile utilizzare la nuvola di punti densa. Se i punti della nuvola di punti utilizzata possedevano l'informazione del colore, anche i poligoni del modello 3D avranno l'informazione del colore.
- **Creazione della texture del modello 3D:** l'ultimo passo della ricostruzione si occupa della creazione della texture da apporre sul modello 3D generato. La texture viene generata dalle immagini precedentemente acquisite.

Di seguito verranno analizzati i due software e le funzionalità offerte per ciascun passo della catena di ricostruzione.

2.1. Allineamento delle immagini

L'allineamento delle immagini, e la generazione della nuvola sparsa di punti, è il passo iniziale della ricostruzione 3D. I due software si distinguono per una diversa configurabilità dei parametri utilizzati, cosa che è costante durante tutta la catena di ricostruzione: Metashape offre meno opzioni per poter interagire con il processo di allineamento rispetto a quanto offerto da Zephyr. Come illustrato in Figura 1, Metashape permette di definire soltanto il livello di accuratezza, il tipo di preselezione delle coppie di immagini, il massimo dei punti da considerare per allineare le immagini e il massimo dei punti della nuvola sparsa.

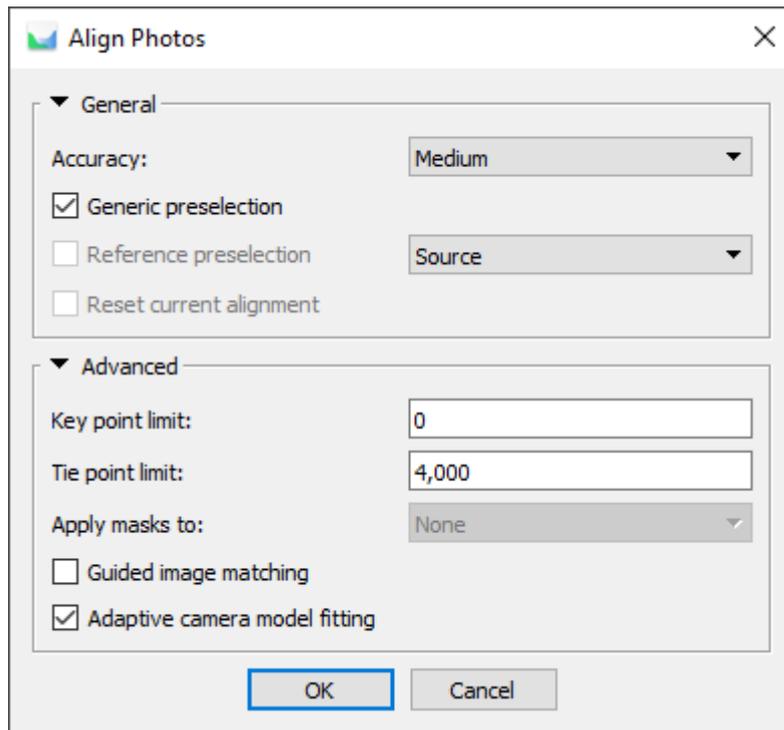


Figura 1 Opzioni offerte da Metashape per l'allineamento delle immagini

Dall'altro lato Zephyr, come illustrato in Figura 2, offre tre livelli di configurabilità dei parametri:

- **I preset:** i parametri vengono configurati automaticamente per ottenere il risultato ottimale a seconda della categoria di quello che viene ricostruito; le categorie disponibili sono "general", "close range", "aerial", "urban", "human body". È possibile scegliere anche l'accuratezza della ricostruzione in termini di bundle adjustment e key points tramite i preset "fast", "default" e "deep".
- **Configurazione avanzata:** nella configurazione avanzata è possibile definire l'accuratezza dell'allineamento delle immagini per quantità di keypoint, accuratezza nell'accoppiamento, numero di immagini limitrofe allineate, il motore di ricostruzione, l'utilizzo del bounding box per filtrare punti ritenuti troppo distanti dalla ricostruzione e il tipo di ordine in cui sono presentate le immagini (senza ordine, sequenziali, circolari, a griglia)
- **Custom:** permette di settare manualmente i valori che entrano in gioco nell'allineamento e successiva nuvola sparsa di punti

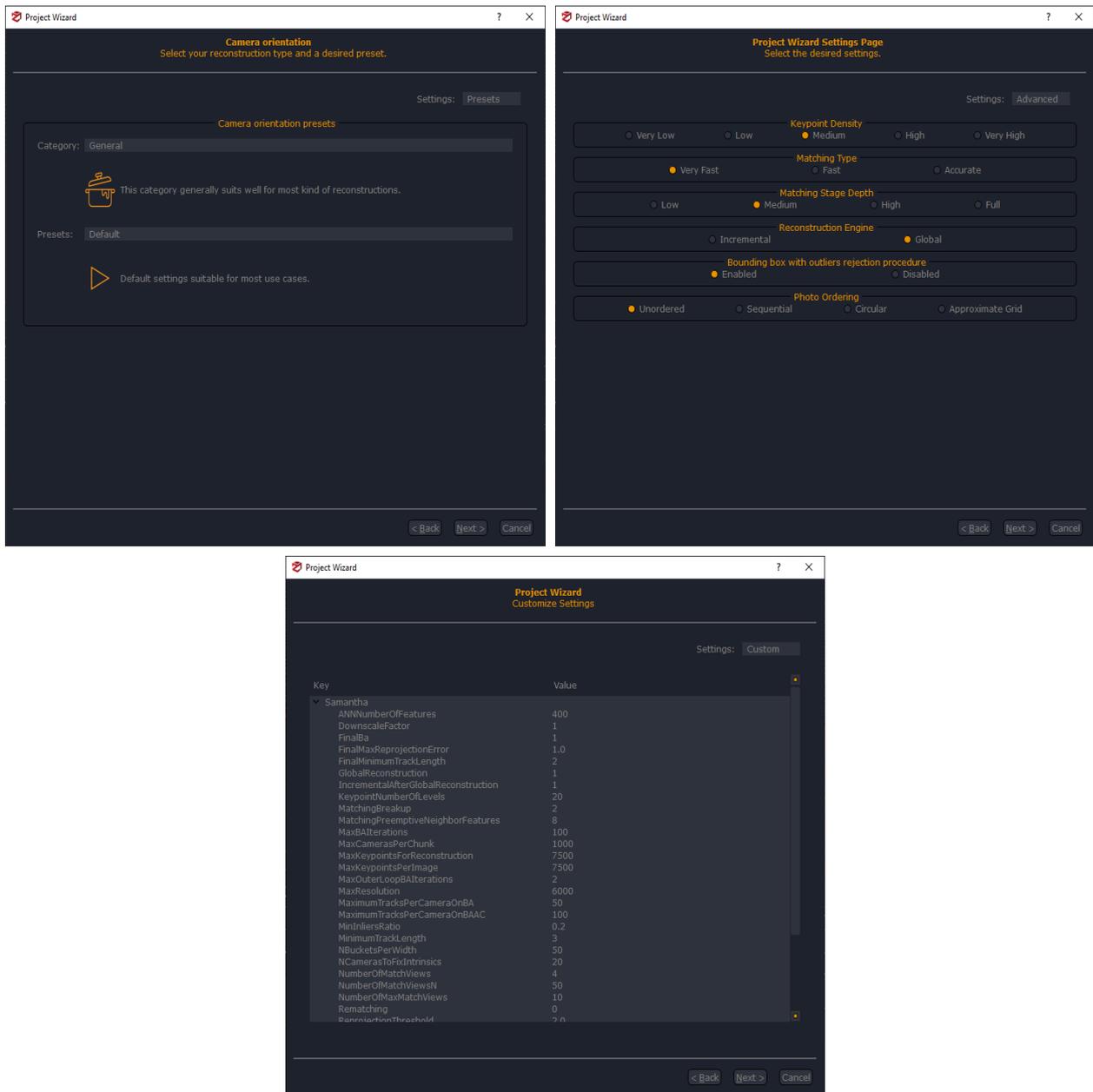


Figura 2 Opzioni offerte da Zephyr per l'allineamento delle immagini

L'allineamento delle immagini può prevedere anche l'inserimento e l'utilizzo delle coordinate GPS dei punti di scatto. Sebbene entrambi accettino anche una sorgente esterna per le informazioni geografiche, Metashape permette l'inserimento parziale delle coordinate (ovvero la possibilità che alcune immagini possano avere le coordinate GPS mentre altre no) mentre Zephyr necessita che tutte le immagini che vengono inserite siano in possesso dell'informazione Geografica lasciando la possibilità di aggiungere solo in seguito immagini non georeferenziate.

Una volta allineate le foto è possibile, in entrambi i software, aggiungere un altro insieme di immagini per migliorare o estendere la ricostruzione. Entrambi i software permettono di allineare le nuove immagini sfruttando punti di controllo (o target) inseriti manualmente sulle immagini allineate, per questa operazione risulta più facile da utilizzare Metashape che, in questo caso, vanta un'interfaccia più usabile. Entrambi i software offrono comunque la possibilità di allineare le nuove immagini anche senza l'utilizzo di punti di controllo inseriti manualmente. In questo caso Metashape non offre nessuna opzione affidandosi totalmente

al riconoscimento dei keypoint individuati durante il primo allineamento; Zephyr adotta un comportamento migliore offrendo l'opportunità all'utente di cambiare l'accuratezza nell'allineamento e di selezionare, fra quelle già allineate, una o più immagini vicine alle immagini da aggiungere. Infine, Metashape permette di aggiungere immagini con lo stesso nome rispetto a quelle già presenti nel progetto al contrario di Zephyr che non lo permette.

Infine entrambi i software offrono la possibilità di stampare dei marker che vengono automaticamente riconosciuti. Mentre in Metashape vengono riconosciuti automaticamente già in fase di allineamento delle immagini, in Zephyr vengono riconosciuti selezionando l'apposita funzionalità una volta che le immagini sono allineate.

2.2. Nuvola densa di punti

La generazione della nuvola densa di punti viene eseguita dopo aver allineato le immagini. Come per l'allineamento delle immagini, Metashape offre meno opzioni per configurare l'operazione di calcolo della nuvola densa di punti mentre Zephyr offre tre livelli di configurazione: preset, avanzato e custom.

Zephyr permette inoltre di escludere alcune immagini dalla generazione della nuvola densa di punti; per fare altrettanto in Metashape, è necessario eliminare le immagini dal progetto.

2.3. Generazione del modello 3D

La generazione del modello 3D è il passo successivo nella catena di ricostruzione. Mentre Metashape permette di scegliere se utilizzare la nuvola sparsa o la nuvola densa per generare il modello 3D, Zephyr vincola l'utente a scegliere la nuvola densa di punti.

Metashape offre solo la possibilità di decidere il numero massimo di facce che avrà il modello 3D, se abilitare l'interpolazione e se preservare l'informazione del colore. Dall'altro lato Zephyr offre nuovamente i tre livelli di configurazione elencati precedentemente. È quindi possibile modificare il comportamento dello script che si occupa di generare il modello 3D dalla nuvola di punti in modo che consideri anche la coerenza fra le immagini migliorando così la qualità del prodotto finale. È possibile impostare il comportamento del controllo della fotocoerenza così che reiteri su se stessa, la risoluzione delle immagini (espressa in percentuale rispetto alla risoluzione originale) e il numero di passi necessari allo script per raggiungere la massima risoluzione espressa.

2.4. Generazione della texture

La generazione della texture è l'ultimo passo della catena di ricostruzione. In questo caso i due software si differenziano molto sulle opzioni messe a disposizione per l'ottenimento della texture. Metashape offre infatti la possibilità di definire il tipo di texture, la modalità del mappaggio della texture, il blending mode e le dimensioni della texture (in pixel) e, eventualmente, se suddividere la texture in più di un file. Zephyr, dall'altro lato, permette di specificare le dimensioni della texture, la possibilità di suddividere la texture in più file, la risoluzione dell'immagine, quanti vertici del modello 3D debbano essere considerati nella creazione della texture, se generare una texture a 32 bit, il peso del filtro nitidezza che viene applicato alla texture ottenuta e il bilanciamento del colore (espresso in tre livelli: limited, default, aggressive).

La possibilità di chiudere i buchi offerta in questa fase da Metashape, in Zephyr è offerta durante la creazione della mesh dove è anche possibile definire una dimensione di soglia entro il quale coprire i buchi.

3. Le ricostruzioni di test

In questa sezione saranno mostrate alcune immagini nei vari passaggi delle ricostruzioni fatte con entrambi i software.

Le acquisizioni fotografiche, sia quelle manuali utilizzando la Canon EOS 550D che quelle utilizzando la Sony DSC-QX100 installata a bordo di un drone, sono state conseguite nell'ambito del progetto regionale PAR-FAS Moscardò (Tecnologie ICT per il MONitoraggio Strutturale di Costruzioni Antiche basato su Reti di sensori wireless e DrOni)[3]. Le acquisizioni sono state utilizzate per la generazione di ricostruzioni 3D che sono state inserite all'interno di una scena virtuale liberamente esplorabile. L'esplorazione della scena permette di interagire con i vari elementi in essa presenti al fine di avere informazioni in tempo reale sui valori rilevati e sullo stato dei sensori installati nella struttura interessata[4, 5] ed è, inoltre, possibile seguire i movimenti eseguiti dal drone all'interno della scena grazie all'applicazione di tecniche di SLAM[6] sui filmati acquisiti durante le fasi di volo.

3.1. La terrazza del Mastio di Matilde

Come già riportato, le immagini relative alla terrazza del Mastio di Matilde sono state acquisite manualmente tramite l'utilizzo di una macchina fotografica Canon EOS 550D.

Figura 3 e Figura 4 mostrano, rispettivamente, l'interfaccia di Metashape e di Zephyr una volta allineate le immagini. Essendo le interfacce molto simili non ci sono grandi differenze nell'usabilità di entrambe.

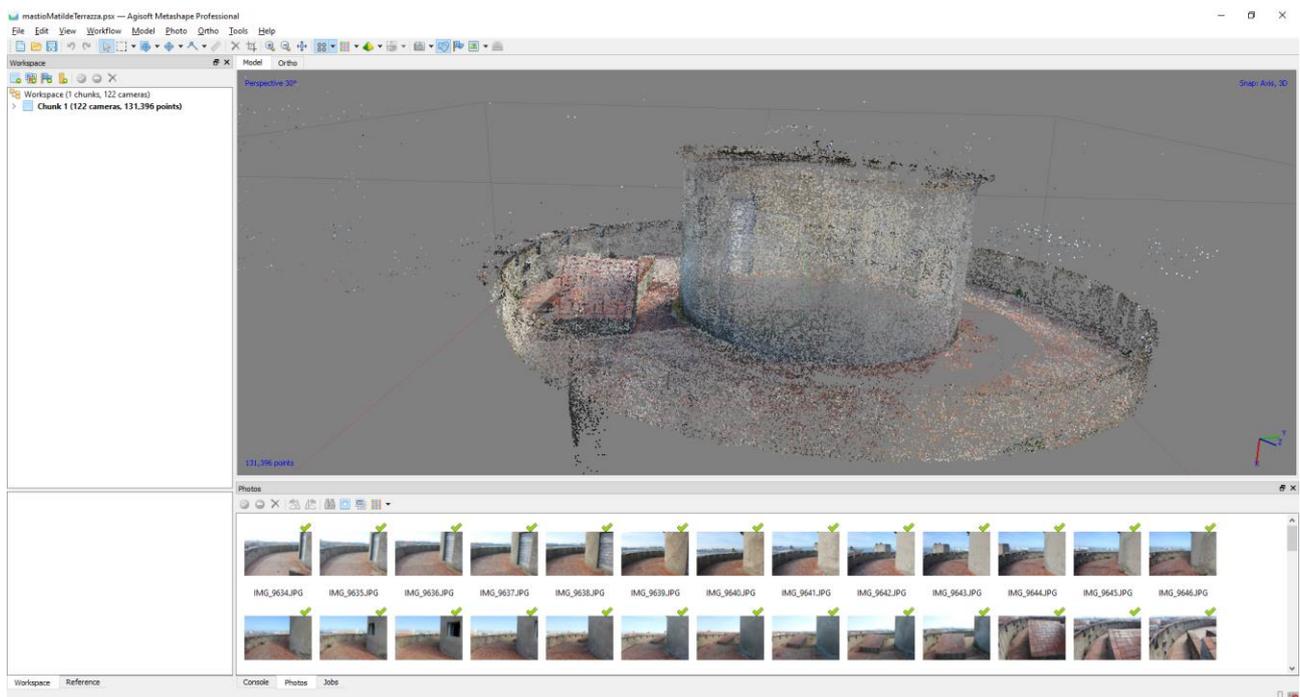


Figura 3 L'interfaccia di Metashape con la nuvola sparsa

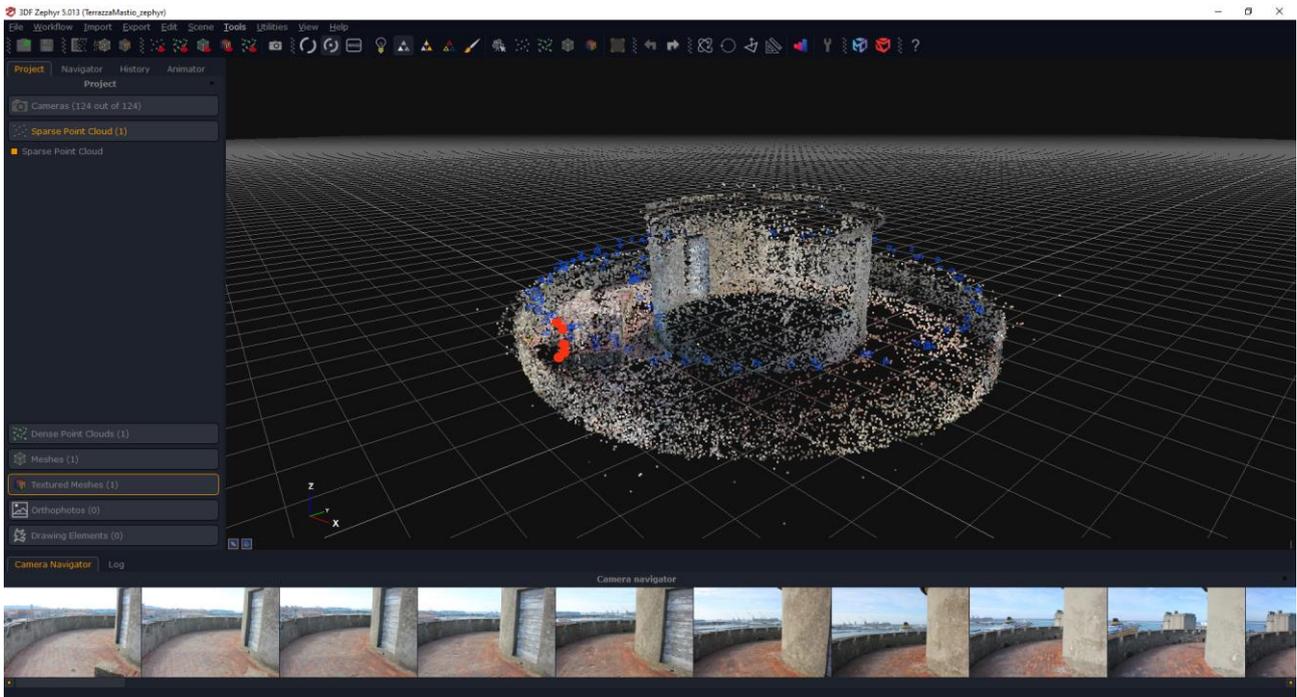


Figura 4 L'interfaccia di Zephyr con la nuvola sparsa

Come è possibile vedere in Figura 5 e Figura 6 non ci sono grandi differenze nelle due ricostruzioni della terrazza del Mastio di Matilde.



Figura 5 Modello 3D della terrazza ricreato con Metashape

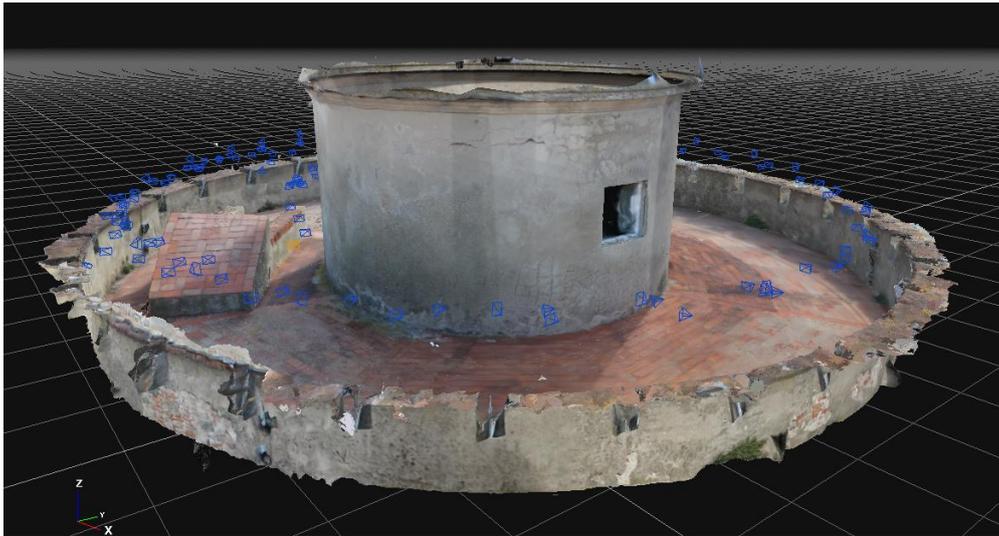


Figura 6 Modello 3D della terrazza ricreato con Zephyr

3.2. Il Mastio di Matilde e il piazzale della Fortezza Vecchia

Il secondo test effettuato è incentrato sulla ricostruzione 3D dell'intero Mastio di Matilde e del piazzale interno della Fortezza Vecchia di Livorno. Le acquisizioni fotografiche sono state eseguite tramite una macchina fotografica Sony DSC-QX100 installata su un drone. Il drone si è alzato dal piazzale all'interno della Fortezza Vecchia per poi circoscrivere il Mastio di Matilde e riatterrare nel piazzale.

La qualità delle due ricostruzioni 3D ottenute con i due diversi software differisce di poco sebbene la ricostruzione 3D ottenuta con Metashape risulti meno rumosa (il problema del rumore è facilmente risolvibile con le opzioni offerte da Zephyr durante la creazione del modello 3D). Dove però le due ricostruzioni si discostano sensibilmente sono sulle dimensioni. Come mostrato in Figura 7 la porta misurata con Metashape (a destra) e Zephyr (a sinistra) da due risultati differenti dove, nel dettaglio, la misura corretta è quella ottenuta con Zephyr.

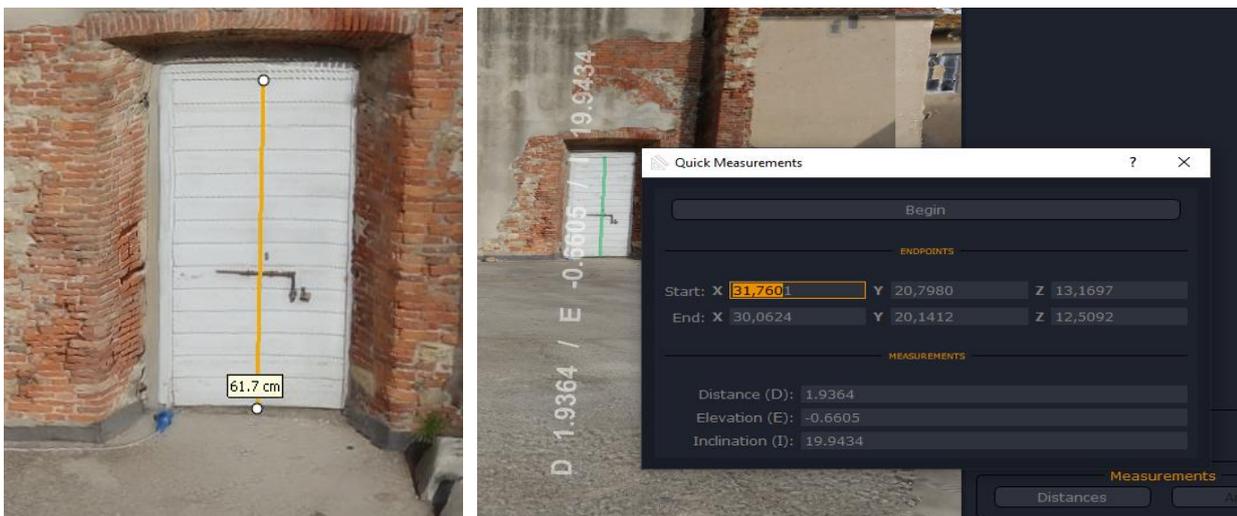


Figura 7 La misura della stessa porta da risultati differenti. Rispettivamente, 61,7cm su Metashape (a sinistra) e 1,94m su Zephyr (a destra)

4. Risultati

In questa sezione viene espressa una valutazione sintetica dell'utilizzo dei due software sotto forma di tabella.

Funzionalità	Metashape	Zephyr	Commento
Batch process (la possibilità di eseguire in automatico i vari passi della catena)	5/5	3/5	Entrambi i software offrono questa funzionalità; Zephyr però offre una minore configurabilità rispetto all'eseguire i passaggi singolarmente: è infatti possibile scegliere soltanto fra i preset a disposizione.
Utilizzo dei CUDA core	5/5	5/5	Entrambi i software offrono la possibilità di utilizzare i CUDA core per velocizzare l'esecuzione degli algoritmi di ricostruzione.
Georeferenziazione	5/5	4/5	Entrambi i software gestiscono le informazioni inerenti la georeferenziazione delle immagini inserite. Metashape permette l'inserimento misto di immagini georeferenziate e immagini non georeferenziate; Zephyr è più macchinoso in quanto richiede che tutte le immagini inserite siano georeferenziate e l'unico modo per inserirne di non georeferenziate è quello di farlo in un secondo momento.
Aggiunta di nuove immagini a quelle già allineate	4/5	5/5	Entrambi i software permettono di aggiungere ulteriori immagini a quelle già allineate. Zephyr si distingue in meglio in quanto offre l'opportunità di specificare a quali immagini, fra quelle allineate, sono vicine quelle che vanno inserite.
Utilizzo dei marker definiti dall'applicazione	5/5	4/5	Entrambi i software offrono la possibilità di stampare dei marker proprietari da porre intorno agli oggetti da ricostruire. Metashape riconosce automaticamente i target durante l'allineamento delle immagini mentre in Zephyr è necessario selezionare tale operazione che può essere compiuta solo una volta che le immagini sono allineate.
Inserimento manuale di target sulle immagini	4/5	4/5	Entrambi i software offrono la possibilità di inserire manualmente dei target all'interno delle immagini così da facilitarne l'allineamento. Zephyr è più macchinoso rispetto a Metashape in quanto permette l'aggiunta di un solo target per volta però ha un'interfaccia migliore nel determinare la posizione approssimativa del target nel caso alcune delle immagini siano già allineate
Configurabilità dei passi della ricostruzione	3/5	5/5	Come descritto nella sezione 2, Zephyr offre molte più opzioni per configurare il compromento degli algoritmi per meglio adattarlo al tipo di acquisizione fatta.
Selezione porzioni della ricostruzione	4/5	5/5	Entrambi i software permettono di selezionare una porzione dei risultati ottenuti dai vari passi della ricostruzione (utile per eliminare il rumore che può

			crearsi durante la generazione della nuvola sparsa o di quella densa); Zephyr offre anche l'opportunità di selezionare solo la parte visibile e non quella posta sulla colonna che viene selezionata.
Navigabilità della ricostruzione	5/5	3/5	Entrambi i software permettono di ruotare, traslare e zoomare la ricostruzione ottenuta. Metashape permette di ruotare sugli assi offrendo quindi una maggiore manovrabilità nella navigazione della ricostruzione.
Stima delle dimensioni	2/5	5/5	Entrambi i software offrono una stima delle dimensioni reali degli oggetti ricostruiti. Metashape però richiede che le foto siano geolocalizzate e, per quanto riguarda il caso di studio, non è riuscito a dare una buona stima delle dimensioni reali dell'oggetto.

5. Conclusioni

I due software analizzati sono risultati essere due prodotti molto simili fra loro in termini di funzionalità offerte e due ottimi prodotti nell'ambito della ricostruzione 3D tramite fotogrammetria.

Metashape offre un'interfaccia più intuitiva andando però a sacrificare la configurabilità del comportamento del software durante le varie fasi della catena di ricostruzione. Ad esempio, l'aggiunta di un nuovo gruppo di immagini da allineare a quelle già allineate risulta più efficiente in Zephyr grazie alla possibilità di selezionare le immagini vicine che sono già allineate.

Quindi, sebbene i risultati ottenuti siano paragonabili fra di loro, Zephyr dimostra avere più ampi margini di miglioramento grazie ad una configurabilità migliore delle varie fasi di ricostruzione (basti pensare alla possibilità di definire una regolarità tenuta durante l'acquisizione fotografica o la possibilità di reiterare l'algoritmo di confronto della mesh con le immagini acquisite per regolarizzare le superfici generate).

Infine una maggiore fedeltà nel riportare propriamente le misure metriche reali è una caratteristica utile per l'utilizzo della ricostruzione 3D ottenuta in sistemi che necessitino di una coerenza nelle misure riportate (si pensi, ad esempio, ad integrare un algoritmo di SLAM per calcolare i movimenti effettuati durante una ripresa all'interno della scena dove è presente la ricostruzione 3D ottenuta).

Riferimenti

- [1] Agisoft Metashape: <https://www.agisoft.com/>
- [2] 3DF Zephyr: <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/>
- [3] Moscardo: <https://www.moscardo.it/>
- [4] Bacco, M., Barsocchi, P., Cassarà, P., Germanese, D., Gotta, A., Leone, G. R., Pascali M.A., Moroni, D. & Tampucci, M. (2020). Monitoring Ancient Buildings: Real Deployment of an IoT System Enhanced by UAVs and Virtual Reality. IEEE Access, 8, 50131-50148 (<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980359>)
- [5] DEMO ambiente virtuale: <http://moscardo.isti.cnr.it/>
- [6] SLAM: https://github.com/raulmur/ORB_SLAM2