

STRUMENTI, TECNICHE E SOLUZIONI OPEN SOURCE A CONFRONTO PER L'ELABORAZIONE FOTOGRAMMETRICA DELLE IMMAGINI DIGITALI IN AMBITO ARCHEOLOGICO

IL CASO DELLA SEPOLTURA IN "ENCHYTRISMOS" PROVENIENTE DALLA NECROPOLI TARDOANTICA DI POGGIO GRAMIGNANO

di Roberto Montagnetti, Pier Paolo Chiraz, Andrea Ricci, David Gerald Pickel

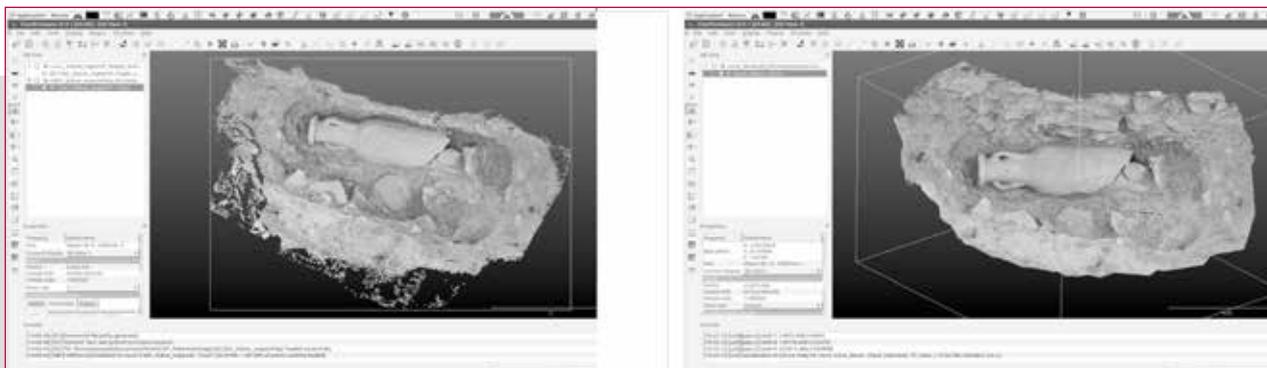


Fig. 1 - Nuvola densa ottenuta con MicMac (sinistra) e con OpenMVG (destra).

Il presente lavoro non vuole essere un trattato sulla teoria della fotogrammetria a cui si rimanda ad altri contributi per tutti gli approfondimenti del caso (KRAUS 1994; SELVINI 1994), bensì una panoramica sui vari *software open source* che possono essere utilizzati per ottenere rendering, dati fotogrammetrici e planoaltimetrici georeferenziabili e fruibili con strumenti GIS a partire dalla gestione del dato bidimensionale (*frames* e scatti fotografici).

Attualmente infatti tutte le fasi di elaborazione fotogrammetrica delle immagini digitali possono essere eseguite interamente in ambiente *open source* con tutti i vantaggi che questo comporta (STALLMAN 2003; ALIPRANDI 2010). Questo contributo, pertanto, vuole fornire un'alternativa all'utilizzo dei più blasonati software fotogrammetrici commerciali, prendendo in esame e mettendo a confronto le differenti modalità di elaborazione fotogrammetrica disponibili a livello *open source* per ottenere il dato finale, cercando di capire se e come è possibile integrarne le informazioni e quali sono le condizioni ottimali per ottenere il risultato migliore.

I software utilizzati sono stati: MicMac (<https://micmac.eng.eu/index.php/Accueil>), OpenMVG (<https://github.com/openMVG/openMVG>), CloudCompare (<https://www.danielgm.net/cc/>), MeshLab (<http://www.meshlab.net/>), Qgis2.8 (<https://www.qgis.org/it/site/>) e GrassGIS7 (<https://grass.osgeo.org/>).

Il lavoro di comparazione-integrazione tra i diversi software citati è stato testato su una sepoltura in *enchytrismos* rinvenuta durante gli scavi condotti nel sito archeologico di Poggio Gramignano - Lugnano in Teverina (TR) (Inwood, Montagnetti, Pickel 2016).

Le indagini archeologiche in questo sito, effettuate inizialmente dalla Soprintendenza dei Beni Archeologici dell'Um-

bria per il biennio 1982 - 1984 e portate avanti, successivamente, dal 1988 al 1992 e poi ancora dal 2016 al 2018, dall'Università di Tucson - Arizona, sotto la direzione scientifica del Prof. Devid Soren, hanno portato al rinvenimento dei resti di un'imponente villa rustica, che doveva estendersi su una superficie di circa 2000 mq e il cui impianto originario risale alla metà del I secolo a. C. circa. Dopo il momento di apogeo, culminato alla metà del I secolo d. C., a partire dalla fine dello stesso secolo, iniziò una lenta ed inesorabile decadenza della struttura, testimoniata dall'abbandono del settore residenziale della villa, fino al completo crollo del complesso nel III secolo d. C. a causa di cedimenti strutturali dovuti agli smottamenti della collina verso il fondovalle. Nonostante questo, il sito continuerà ad essere frequentato anche successivamente: gli scavi, infatti, hanno rivelato come a partire dal 450 d. C. circa, una serie di vani ormai in disuso della villa furono adibiti a necropoli da cui emersero i resti inumati di 49 infanti, di un'età compresa fra lo stato fetale e i 6 mesi, più un individuo di 2-3 anni di vita, morti tutti nel giro di poco tempo, probabilmente a causa di un'epidemia di malaria. Una realtà archeologica molto rara in Europa, che ha fatto di questi ritrovamenti un'eccezionale scoperta scientifica (SOREN, 1999).

OBIETTIVI E PREROGATIVE

I risultati finali che si possono acquisire da un rilievo fotogrammetrico e che possono essere utilizzati nelle varie fasi di una ricerca archeologica con scopi differenti consistono, in genere, nell'ottenere dal manufatto (come in questo caso) o dall'area presa in esame:

- ▶ un modello tridimensionale dell'oggetto o dell'area rilevata, restituito sottoforma di una nuvola di punti densa e renderizzata con texture associata,
- ▶ il Digital Surface Model (DSM),
- ▶ l'elaborazione di ortofoto.

Questi dati possono essere poi georeferenziati, possibilmente, in un sistema di riferimento geografico noto. Anche in questo caso, pertanto si è lavorato al raggiungimento di tali prodotti finali che i software *open source* impiegati hanno permesso di ottenere utilizzando, tuttavia, percorsi e strategie differenti ma dimostrando, al tempo stesso, grande affidabilità e, come si vedrà più avanti, dando la possibilità di sfruttarne le relative caratteristiche in maniera integrata per arrivare ad elaborati finali di elevatissima qualità e risoluzione.

Tali *output*, inoltre, consentono poi di essere gestiti ed utilizzati per ottenere, in ambiente GIS, ulteriori dati quali sezioni, valori di acclività, valori di esposizione e soprattutto la possibilità di una digitalizzazione degli stessi in grado di accogliere qualsiasi tipo di informazione grazie al database associato a ciascun elemento vettoriale.

ACQUISIZIONE DELLE IMMAGINI DIGITALI

L'acquisizione delle immagini pertinenti la sepoltura in *enchytrismòs* usata come modello per le diverse procedure fotogrammetriche attuate in questo lavoro, è avvenuta per mezzo di una macchina digitale NIKON D90 avente lunghezza focale 24.0 mm (35 mm equivalente: 36.0 mm) con sensore CMOS 23,6 mm X 15,8 mm (rispettivamente base x altezza). Tali informazioni (dati del sensore) risultano fondamentali per le operazioni di calibrazione e di orientamento eseguite sia dal software MicMac che da OpenMVG e vanno inserite, con apposita codifica, in un file specifico. Nel caso di MicMac risulta essere un file .xml denominato "DicoCamera.xml", mentre nel caso di OpenMVG è un file di testo denominato "sensor_width_camera_database.txt".

Sono state scattate 56 fotografie in totale, alcune delle quali eseguendo degli zoom ottici.

Le immagini sono state processate con il software MicMac ed OpenMVG ed hanno consentito di ottenere una nuvola densa costituita rispettivamente da 2.050.760 punti e 23.874.968 punti (Fig. 1).

Si è deciso per motivi legati a tempi di calcolo, di utilizzare i risultati ottenuti con MicMac sebbene le operazioni sulla nuvola densa che si descriveranno in seguito siano applicabili in toto al risultato proveniente dall'elaborazione con OpenMVG.

DESCRIZIONE DEL FLUSSO DI LAVORO: GENERAZIONE DI UN'ORTOFOTO GEOREFERENZIATA

In questo lavoro sono stati testati due distinti metodi per ottenere un'ortofoto georeferenziata del manufatto preso in esame. Il metodo più diretto è senza dubbio quello di utilizzare gli algoritmi presenti all'interno di MicMac che permettono di assegnare a dei punti noti individuabili direttamente nelle foto a disposizione, delle coordinate geografiche note (in questo caso target posizionati sul terreno prima dell'acquisizione fotografica e rilevati con strumentazione GPS) elaborando un'immagine finale georeferenziata. L'altro metodo, invece, richiede un utilizzo comparato di tre diversi software: MicMac, CloudCompare e Meshlab. Esso consiste nel generare un'immagine ortogonale ad alta riso-

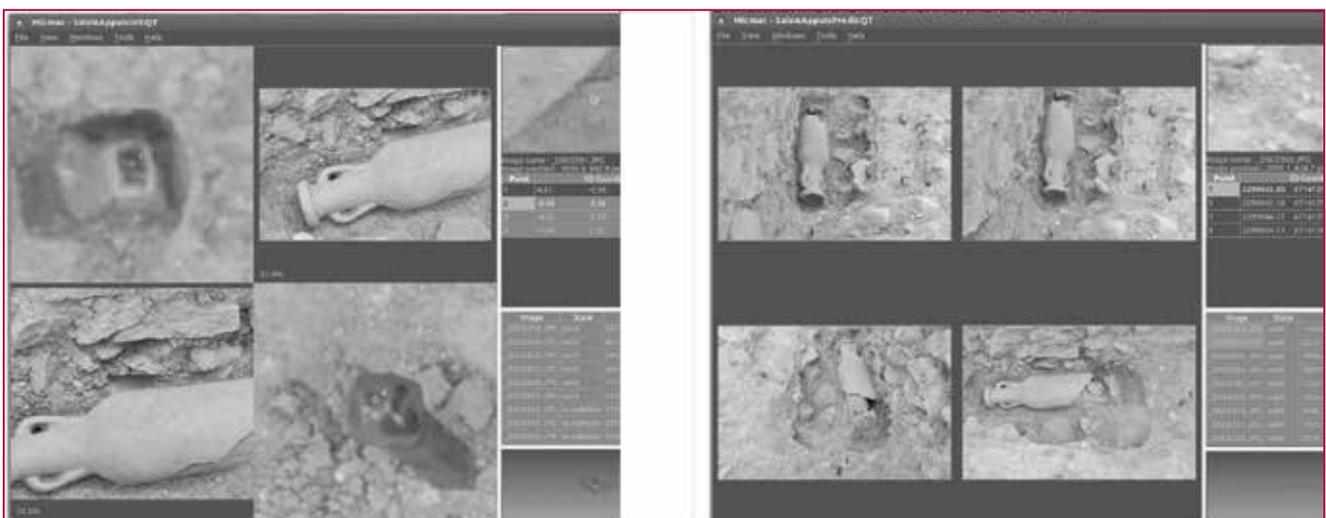


Fig. 2 - Procedura di inserimento delle coordinate 2D e 3D dei GCP attraverso il modulo "SaisieAppuisInitQT" (a sinistra) e "SaisieAppuisPredicQT" (a destra).

luzione mediante una *mesh* texturizzata ed operare la georeferenziazione dell'immagine ottenuta direttamente all'interno del software Qgis attraverso lo strumento "Georeferenziatore" (vedi *Infra*). Non sono state riscontrate differenze evidenti tra i due metodi proposti.

Procedura diretta: Ortofoto ottenuta mediante MicMac

MicMac tra i suoi innumerevoli moduli per l'elaborazione e gestione dei dati fotogrammetrici ne possiede alcuni che permettono di trasformare un orientamento puramente relativo, ottenuto con il modulo "Tapas", in uno assoluto, attraverso almeno 3 Ground Control Point (GCP), posizionati anticipatamente sul terreno prima dell'acquisizione delle immagini, la cui proiezione è nota in almeno 2 fotogrammi. Ciò avviene utilizzando due moduli: "GCPBascule" e "Campari", i quali permettono di trovare la migliore posizione ed orientamento della camera nel momento in cui sono stati effettuati gli scatti. L'utilizzo di questi due moduli è agevolato da altri due strumenti, rispettivamente "SaisieAppuisInitQT" e "SaisieAppuisPredicQT", i quali non sono altro che delle interfacce grafiche di "GCPBascule" e "Campari" che permettono di assegnare ai GCP presenti sui fotogrammi acquisiti le corrispondenti coordinate X,Y,Z battute con il GPS in un sistema di riferimento cartografico (Fig. 2).

Tali operazioni sono propedeutiche al modulo "Tawny" che permette di generare, infine, in abbinamento al modulo "Malt" in modalità "Ortho", l'ortofoto georeferenziata dell'oggetto come nel caso di questo lavoro o dell'area rilevata.

L'ortofoto ottenuta può quindi essere così importata all'interno del GIS.

Procedura indiretta: Ortofoto ottenuta mediante MicMac, CloudCompare e MeshLab

In questo caso il procedimento utilizzato integra l'uso di CloudCompare e MeshLab sfruttando un altro algoritmo di MicMac chiamato "Apero2MeshLab".

Il primo passo è stato quello di utilizzare il *plugin* presente in CloudCompare per il calcolo delle normali (*Hough Normal Computation*) tramite il quale è stato possibile generare la relativa *mesh* poligonale (*Poisson Surface Reconstruction*) dell'oggetto preso in esame.

Gli algoritmi di *Computer Vision* per generare la nuvola di

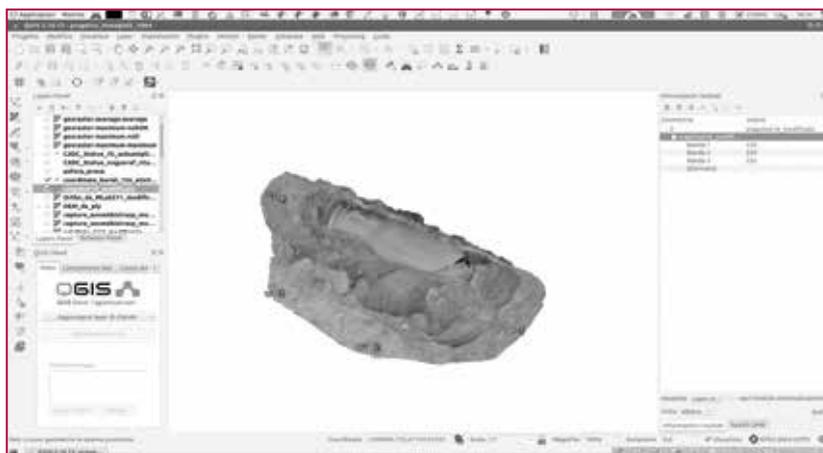


Fig. 4 - Immagine georeferenziata ed importata in Qgis.

punti, quali quelli presenti in MicMac, hanno necessità di calcolare la calibrazione e gli orientamenti dei fotogrammi utilizzati (Fig. 3).

In virtù di tali algoritmi che sono utilizzati per ottenere la calibrazione e l'orientamento delle foto, MicMac ha quindi la possibilità di generare un file di esportazione degli orientamenti delle prese fotografiche in formato ".mlp" che può essere caricato da MeshLab. Tale operazione è resa possibile attraverso il modulo "Apero2meshlab", il quale genera una cartella di lavoro all'interno della quale vengono stoccate le foto utilizzate ed un file denominato "meshlabProj.mlp" che contiene, appunto, le informazioni inerenti gli orientamenti delle stesse.

A questo punto, dopo aver collocato la *mesh* in formato .ply elaborata in CloudCompare nella cartella generata dal modulo di MicMac, avviando Meshlab, basterà aprire al suo interno il file .mlp ottenuto sempre grazie allo strumento di MicMac "Apero2meshlab" e caricare la *mesh* in formato .ply, ricavata invece da CloudCompare, per associare una texture fotografica al modello mediante il comando "Parameterization+texturing from registered raster" di Meshlab.

La texture può essere quindi esportata come un'immagine ad alta definizione ed essere georeferenziata direttamente tramite lo strumento "georeferenziatore" all'interno di Qgis (Fig. 4).

DESCRIZIONE DEL FLUSSO DI LAVORO: GENERAZIONE DEL DIGITAL SURFACE MODEL (DSM)

Anche per l'elaborazione del *Digital Surface Model* (DSM) sono stati testati diversi metodi. Il più diretto è senza dubbio quello di utilizzare gli algoritmi presenti all'interno di MicMac che permettono di ottenere delle mappe di profondità ("*Depth Map*") mediante tecniche ed algoritmi di *Computer Vision* durante la fase di generazione dell'ortofoto. Gli altri due metodi consistono nell'importare la nuvola di punti densa all'interno di Grass e utilizzare gli algoritmi di interpolazione di quest'ultimo (vedi *infra*).

Procedura diretta: DSM ottenuto mediante MicMac

L'algoritmo utilizzato è "Malt" in modalità "ortho" con opzione "EZA=1" che permette di esportare il dato della "*Depth Map*" in una quota "Z" assoluta. Tale algoritmo è stato eseguito dopo aver processato il dato per la generazione dell'ortofoto così come è stato descritto in precedenza.

L'output generato è un GeoTiff (quindi georeferen-

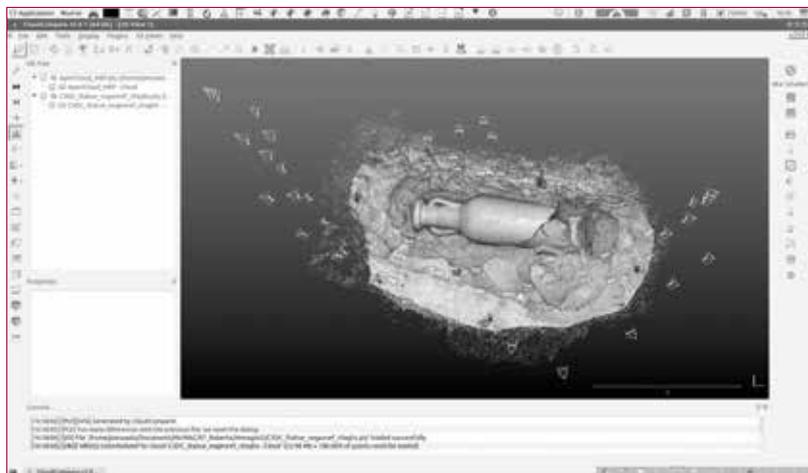


Fig. 3 - Visualizzazione dell'orientamento degli scatti utilizzati per la realizzazione del modello 3d del manufatto preso in esame.

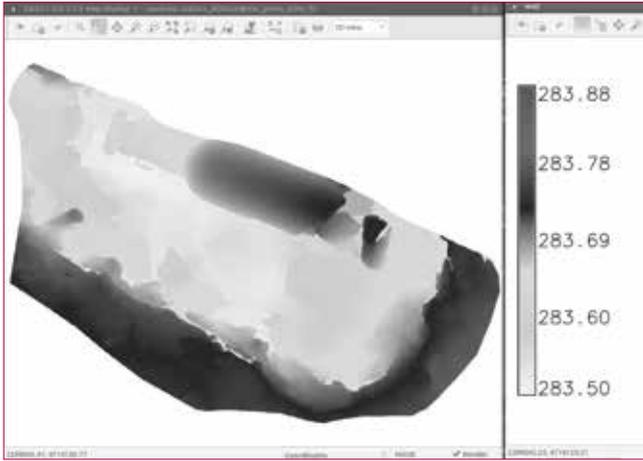


Fig. 5 - Esportazione in un file Geotiff della "Depth Map" generata con MicMac ed importato in Grass (a destra dell'immagine è riportata la legenda della quota espressa in metri sul livello del mare).

ziato) con le informazioni inerenti la quota espresse in valore assoluto. Il file può essere, a questo punto, importato e gestito in un software GIS. In questo caso è stato utilizzato Grass (Fig. 5).

Procedura indiretta: DSM ottenuto mediante Software GIS

Le due procedure seguenti che verranno descritte nel dettaglio si diversificano nella modalità di georeferenziazione della nuvola densa relativa all'oggetto acquisito.

Infatti, nel primo caso la nuvola di punti viene georiferita sfruttando il plugin di CloudCompare "Aligns two clouds whit picking equivalent points pair", mentre nel secondo caso, utilizzando un l'algoritmo di Grass "v.ply.rectify". In quest'ultimo caso, tuttavia, è stato necessario scrivere preventivamente uno script in python che cambiasse la formattazione del file di output relativo alla nuvola densa del modello 3d derivante da CloudCompare in modo da renderla adatta ad essere gestita dall'algoritmo v.ply.rectify di Grass.

Procedura tramite "Aligns two clouds whit picking equivalent points pair" (Cloud Compare)

La procedura consiste nell'assegnare ai punti corrispondenti all'interno della "dense cloud" del modello, le coordinate metriche del sistema di riferimento adottato. Per fare questo è necessario importare all'interno di CloudCompare anche il file ".txt" relativo alle coordinate dei GCP utilizzati

sul campo restituite dal GPS. Nello specifico, le coordinate di ciascun GCP riportate nel file ".txt" devono essere affiancate da differenti valori RGB secondo lo schema seguente: X, Y, Z, R, G, B. Lo scopo di accostare dei valori RGB ad ognuna delle triplette di coordinate è quello di poter visualizzare concretamente all'interno del canvas del software i vari GCP utilizzati che, altrimenti, non avendo attributi di colore, sarebbero invisibili sullo schermo. Solo dopo tale operazione, è possibile allineare, all'interno di CloudCompare, il modello ai GCP attraverso lo strumento "Aligns two clouds by picking equivalent point pairs", scegliendo il modello 3d elaborato quale modello da allineare e i GCP come punti di riferimento. Tale operazione nella pratica consiste nel cliccare manualmente sul modello in corrispondenza delle mire che erano state posizionate a terra durante la fase di acquisizione delle immagini aeree, anch'esse ovviamente riprodotte nel modello e poi indicare a quale dei GCP importati (sottoforma di punti di diverso colore) ciascuna di esse corrisponde. La procedura di allineamento può essere eseguita anche usando la mesh texturizzata del modello, il che agevola notevolmente la visibilità dei punti da allineare.

Il risultato finale di questa operazione sarà quello di ottenere un modello tridimensionale vettoriale (dense cloud) georiferito che, esportato in formato ".ply" o ".ascii" sarà possibile importare all'interno del software GIS per ricavarne, mediante apposito algoritmo di interpolazione, il DSM dello stesso.

In particolare, anche in questo caso, il software GIS utilizzato è stato Grass e l'algoritmo di interpolazione v.surf.rst (Fig. 6).

Procedura tramite "v.ply.rectify" (GRASS)

Il file relativo alla nuvola densa del modello rilevato, dopo essere stato pulito e snellito all'interno di CloudCompare, con i vari tools messi a disposizione dal software, è stato esportato in un file ".ply", formato "ascii", non "binary". Dopo di ch  è stato importato e georeferenziato in Grass attraverso il comando v.ply.rectify.

Tale modulo di Grass per poter funzionare correttamente necessita che un file di testo contenente le coordinate dei punti di controllo del terreno (GCP) sia inserito nella stessa cartella in cui si trova la nuvola di punti ed avere lo stesso nome di quest'ultima ma terminare con l'estensione ".txt" anzich  ".ply".

Dopo questa procedura   possibile visualizzare la nuvola densa georeferenziata direttamente nel canvas di Grass attraverso il comando v.in.ply.

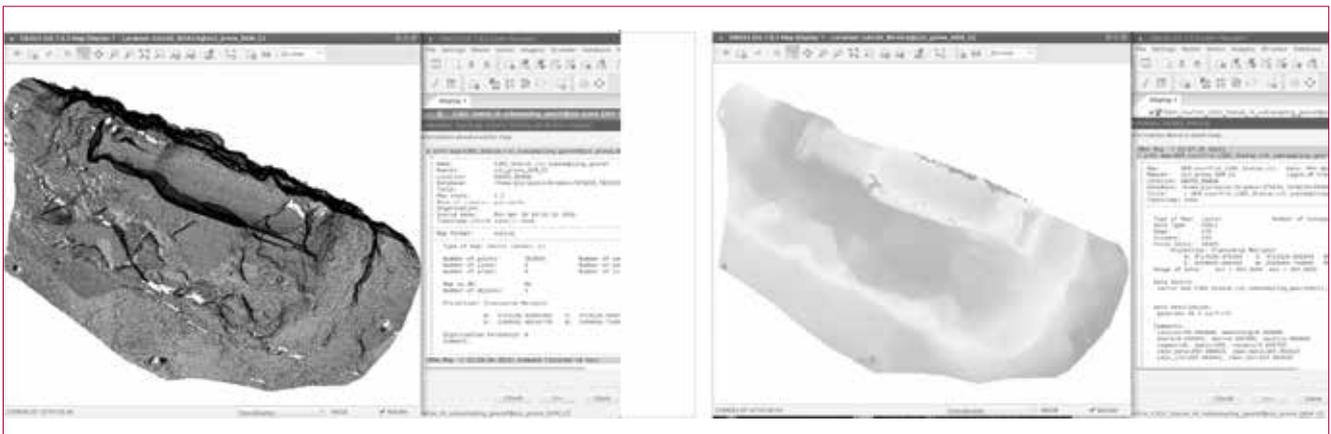


Fig. 6 - Punti vettoriali importati in Grass (a sinistra) e DSM derivante dall'interpolazione degli stessi (a destra).

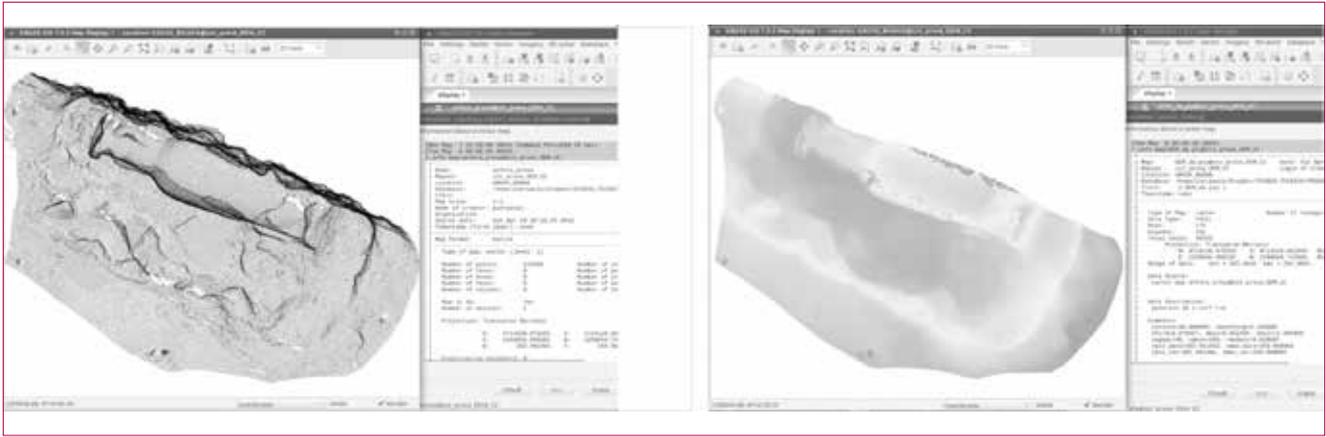


Fig. 7 - Punti vettoriali importati in Grass dopo aver eseguito l'algoritmo *v.ply.rectify* (a sinistra) e DSM derivante dall'interpolazione dei punti vettoriali (a destra).

A questo punto è stato possibile ottenere il relativo DSM applicando lo stesso algoritmo di interpolazione già visto in precedenza *v.surf.rst* (Fig. 7).

CONFRONTI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le modalità di gestione dei dati sopra descritte sono state oggetto di confronto ed analisi. Si è utilizzata l'ortofoto ottenuta mediante gli algoritmi di MicMac come base di comparazione tra la nuvola densa georeferenziata ottenuta mediante l'utilizzo di CloudCompare e quella ottenuta tramite l'algoritmo di Grass "*v.ply.rectify*".

Da tale confronto emerge una perfetta corrispondenza del dato vettoriale proveniente da CloudCompare con l'ortofoto generata tramite MicMac, al contrario, il dato vettoriale proveniente dall'algoritmo di georeferenziazione "*v.ply.rectify*" di Grass risulta non perfettamente corrispondente. Se si analizza il dettaglio di tale difformità si può osservare come questa si attesti tra un valore variabile tra circa 6.5 mm e circa 9.5 mm (Fig. 8).

In virtù di quanto appena riportato si è deciso pertanto di utilizzare i dati provenienti da MicMac e quelli provenienti da CloudCompare.

Nello specifico, se si esamina con minuzia questi dati, si può notare come il DSM generato con MicMac sia perfettamente corrispondente all'oggetto rilevato, restituendo un dettaglio molto elevato soprattutto dell'anfora e dell'area immediatamente intorno ad essa, mentre risulta non perfettamente conforme nel settore meridionale dove sono

presenti dei frammenti di laterizi e pietre emergenti dal fondo del taglio di sepoltura. Viceversa, il file generato in CloudCompare risulta perfettamente corrispondente nel settore meridionale, mentre l'area dell'anfora risulta interessata da punti spuri che concorrono a non rendere il modello perfetto (Fig. 9).

Nonostante queste lievi imprecisioni, la possibilità di utilizzare dati gestiti e provenienti da differenti software attraverso l'uso del GIS, quale ad esempio Grass, consente di poter utilizzare ed integrare i dati migliori scartando e non considerando quelli che risultano meno pertinenti. Nel caso specifico si è potuto così integrare l'area dell'anfora proveniente dal DSM generato con MicMac con quella proveniente dal DSM generato dal file proveniente dal *plugin* di allineamento di CloudCompare ("*Aligns two clouds whit picking equivalent points pair*"), mediante un'operazione di *mapalgebra* condotta sui due medesimi file raster del DSM, attraverso un algoritmo di "*patch*" (Fig. 10).

Il file ottenuto è quindi quello che in maniera migliore rappresenta la realtà che si vuole esaminare e rappresentare. Tramite il DSM è quindi possibile derivare le "*contours*" ed ottenere informazioni di quota lungo sezioni a proprio piacimento e secondo l'utilità.

Infine, importando tali *output* all'interno di Qgis è possibile oltre che digitalizzarli, sfruttare tutti i vari *tools* e *plugins* messi a disposizione dal programma per ottenere pratici e veloci tematismi grafici ed altri tipi di informazioni quali, ad esempio, la possibilità di estrarre automaticamente profili altimetrici tramite il *plugin* "*Terrain*".

Come si è potuto vedere, gli strumenti *open source* permettono di ottenere i risultati attesi percorrendo itinerari e strategie di lavoro differenti. La conoscenza di tali possibilità, sebbene ogni procedimento si è rivelato essere, di fatto, attendibile, permette di codificare ed ottenere un modello che sia il più attinente possibile alla situazione che si sta studiando e, quindi, il più attendibile.

In un'analisi basata sulla relazione tra UUSS/UUSSMM come quella archeologica l'attendibilità della documentazione prodotta è di fondamentale importanza perché da quest'ultima dipende l'interpretazione finale dei dati di scavo.

Nel caso specifico dello scavo di Poggio Gramignano la ricostruzione tridimensionale delle sepolture rinvenute, oltre a semplificarne il rilievo digitale tramite l'esportazione di ortofoto e sezioni, facilita il riconoscimento delle relazioni stratigrafiche esistenti tra le sepolture e le altre UUSS del contesto di indagine, ma soprattutto permetterà, alla fine del processo fotogrammetrico, di ricostruire l'effettiva di-

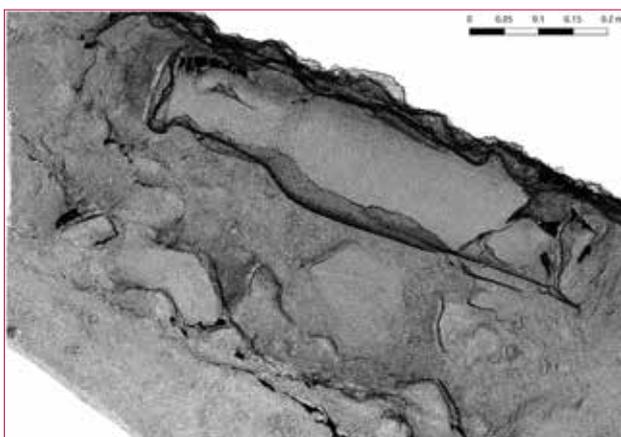


Fig. 8 - Dettaglio della sovrapposizione del file vettoriale importato in Grass mediante l'algoritmo *v.ply.rectify* con l'ortofoto generata tramite MicMac.

sistribuzione topografica di tutte le sepolture rinvenute all'interno dell'area cimiteriale, consentendo, in questo modo, di avere una visione d'insieme di tutta la necropoli.

In altre parole, avendo a disposizione un modello 3d unico georeferenziato che includa sia le strutture ancora *in situ* che le sepolture messe in luce, sarà più facile capire molte più cose circa la loro disposizione, quali, ad esempio, se esse seguano precisi schemi di allineamento, quali sono i principali livelli di quota a cui si attengono e altre informazioni che, in generale, aiutano notevolmente il processo di interpretazione finale dei dati.

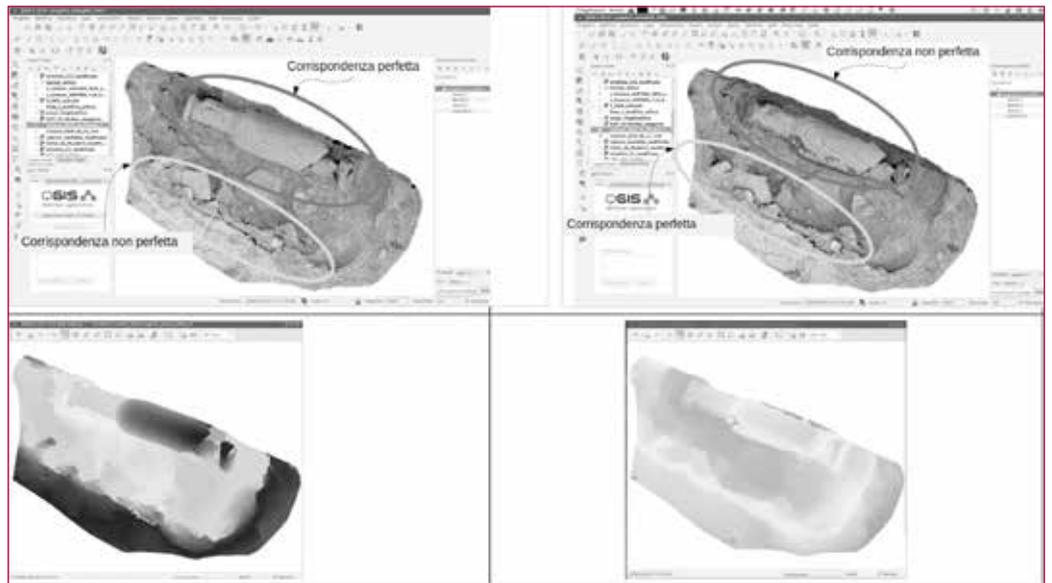


Fig. 9 - Visualizzazione delle curve di livello su ortofoto georeferenziata derivanti dal DSM (in basso) generato con MicMac (a sinistra) e delle curve di livello derivanti dal DSM (in basso) elaborato in Grass in seguito alla georeferenziazione della "dense cloud" attraverso il comando "Aligns two whit picking equivalent points pair" di CloudCompare (a destra).

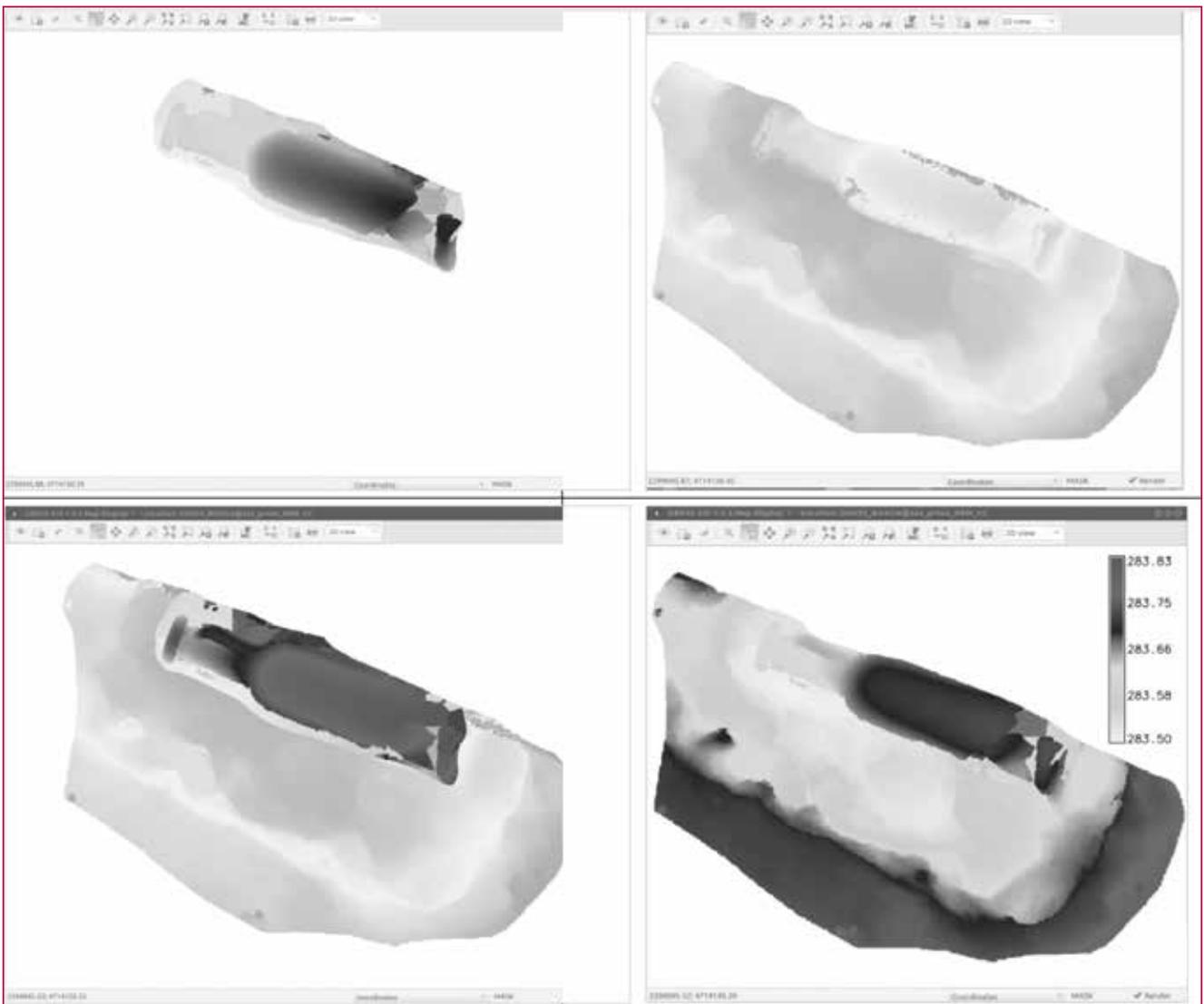


Fig. 10 - Integrazione dei dati raster del DSM. In alto a sinistra l'area dell'anfora proveniente dal DSM generato con MicMac; in alto a destra il DSM generato dal file proveniente dal plugin di allineamento di CloudCompare; in basso a sinistra gli stessi due output in visualizzazione sovrapposta, mentre in basso a destra l'output ottenuto mediante Grass attraverso il comando "patch" e ritagliato nella parte più settentrionale per eliminare le inevitabili impurità presenti al bordo.

NOTE

- 1 In questo caso il sistema di riferimento adottato è stato Gauss-Boaga Fuso est.
- 2 Il calcolo delle normali è tecnica usata per simulare la complessità del rilievo di superfici senza doverle modellare in dettaglio. Un normal map è generalmente una immagine RGB generata per proiezione da un oggetto dettagliato, che si fa corrispondere alle coordinate x,y,z di una superficie normale, assimilabile al suo piano tangente
- 3 Una mesh poligonale, in computer grafica, è un reticolo che definisce un oggetto nello spazio, composto da vertici ("Vertex": punto dello spazio, dotato quindi di coordinate x,y,z che ne determinano la posizione), spigoli ("Edge": segmento che congiunge due vertici nello spazio) e facce ("Face": definita attraverso la connessione e chiusura di almeno tre spigoli).
- 4 In pratica, tale file in formato ".mlp" non è altro che un file di testo contenente la lista delle foto e l'orientamento di ciascuna di esse.
- 5 La cui sintassi prevede di inserire sia il percorso in cui sono collocate le foto scattate che il nome della cartella di lavoro dove sono presenti i files di orientazione delle immagini.
- 6 Il D.S.M. è il modello che descrive l'andamento della superficie terrestre con gli oggetti che ci stanno sopra, mentre il D.T.M (Digital Terrain model) è il modello della superficie terrestre filtrata dagli elementi antropici o vegetazionali
- 7 CloudCompare infatti utilizza una formattazione del file di testo che non combacia con quella richiesta dal modulo di Grass. Lo script in questione è v.in.plyCC.py ed è scaricabile al seguente indirizzo <https://www.gfoservices.it/v-in-plycc/>.
- 8 Al termine dell'operazione di allineamento, CloudCompare genera automaticamente anche una matrice di trasformazione (in formato testuale) che è possibile riutilizzare, in momenti successivi, per georeferenziare, la nuvola densa senza dover ricorrere di nuovo alla procedura di "align" descritta in precedenza.
- 9 Il comando v.surf.rst è soltanto uno dei diversi algoritmi di interpolazione messi a disposizione da Grass. Per ulteriori approfondimenti su questo modulo vedi <https://grass.osgeo.org/grass72/manuals/v.surf.rst.html>.
- 10 Per lo snellimento di una nuvola di punti eccessivamente densa e quindi molto pesante è possibile utilizzare infatti lo strumento "Subsampling" di CloudCompare il quale agevola notevolmente le successive procedure informatiche, soprattutto in termini di tempi di attesa per l'ottenimento dei file di output.
- 11 Tuttavia, prima di essere importato in Grass, tale file .ply deve essere modificato nella formattazione, dal momento che, lo stile di formattazione con cui esso viene generato da CloudCompare non combacia con quello predisposto per il funzionamento del modulo di Grass. Per fare questo è stato così necessario creare uno script apposito in Python (si rimanda a nota n. 7).
- 12 Opportunamente codificato secondo le specifiche che si trovano nell'apposito "help" del software.

BIBLIOGRAFIA

- KRAUS K., 1994, *FOTOGRAMMETRIA*, TORINO, Ed. LEVROTTO & BELLA.
- SELVINI A., 1994, *PRINCIPI DI FOTOGRAMMETRIA*, MILANO, CITTÀ STUDI EDIZIONI.
- SOREN D., 1999, *A ROMAN VILLA AND A LATE ROMAN INFANT CEMETERY, EXCAVATION AT POGGIO GRAMIGNANO LUGNANO IN TEVERINA*, ROMA.
- STALLMAN R. M., 2003, *SOFTWARE LIBERO PENSIERO LIBERO - VOLUME PRIMO*, VITERBO, STAMPA ALTERNATIVA.
- ALIPRANDI S. 2010, *APERTI STANDARD! INTEROPERABILITÀ E FORMATI APERTI PER L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA*, LEDIZIONI/COPYLEFT-ITALIA.IT.
- INWOOD J., MONTAGNETTI R., PICKEL D. G., 2016, *PRELIMINARY REPORT OF THE 2016 EXCAVATION OF LA VILLA ROMANA DI POGGIO GRAMIGNANO AT LUGNANO IN TEVERINA (UMBRIA), ITALY*, «ACHAEOLOGIAE, RESEARCH BY FOREIGN MISSIONS IN ITALY», XIV, 1-2, PISA.

ABSTRACT

This work wants to be an overview about the various "open source" software that can be used to obtain rendering and photogrammetric data geo-referenced from digital photos.

In fact, all the phases of digital photogrammetric processing can be performed by open source software. This paper, therefore, wants to provide an alternative to the use of the most famous commercial photogrammetric software, taking into consideration and comparing the different methods of photogrammetric processing available in the open source environmental to obtain the final aims pursued and showing off how it is possible to integrate the information coming out the different software used in order to the best result possible.

The software used were: MicMac, OpenMVG, CloudCompare, MeshLab, Qgis2.8 and GrassGIS7.

The comparison between the different photogrammetric processings through the software mentioned above has been tested on a burial in "enchytrismòs" found out during the archaeological excavations in the site of Poggio Gramignano (Italy).

Generally the main final results we can obtain from a photogrammetric survey are:

- a 3d model of the area or of the object investigated in the form of a "dense points cloud" rendered with associated texture;
- a Digital Surface Model (DSM);
- an orthophoto.

These results can also be geo-referenced in a geographic reference system and can be used for many different purposes in the light of the kind of the research carrying out.

Even in this case, therefore, we worked on reaching the same final results that the "open source" software used allowed to obtain, resulting in a very high reliability.

Moreover, the final outputs can be managed and used to obtain, in the GIS environment, further data such as sections, altimetric profiles and so on and to associate them a database in order to have alphanumeric information for every vectorial element.

PAROLE CHIAVE

FOTOGRAMMETRIA; IMMAGINI DIGITALI; ARCHEOLOGIA; GIS; OPEN SOURCE; SOFTWARE; GCP; DSM; DTM; ORTOFOTO; GEOREFERENZIAMENTO; GRASS

AUTORE

ROBERTO MONTAGNETTI
ROBERTOMONTAGNETTI@GM AIL.COM

PIER PAOLO CHIRAZ
CHIRAZ.GF S@GM AIL.COM

ANDREA RICCI
INFO.GF S.SA@GM AIL.COM

GFOSSERVICES

DAVID GERALD PICKEL
DPICKEL@STANFORD.EDU

STANFORD UNIVERSITY

IMAGES

VERSO IL FUTURO



TELEDYNE OPTECH
Everywhere you look™

Part of the Teledyne Imaging Group

MAVERICK

Sistema di mobile mapping compatto, leggero e versatile. Ideale per una documentazione visiva e metrica 3D, sia di aree esterne che di interni.



TELEDYNE OPTECH
Everywhere you look™

Part of the Teledyne Imaging Group

POLARIS

Laser scanner a tempo di volo con caratteristiche ideali per il rilievo del territorio ma anche per classiche applicazioni close range. Disponibile in diverse versioni in base alle esigenze.

IMAGES

DISTRIBUTORE DI PRODOTTI PER IMAGE PROCESSING

Contattaci per info e consulenze: **IMAGES S.p.A.** | Tel: 031-74.65.12 | info@imagespa.it

Via Vittorio Alfieri, 64 22066 Mariano Comense (CO)

Piazzale Anna Ciabotti, 4 60035 Jesi (AN)

imagespa.it