

Il 3D come strumento di resilienza nel Museo Speleo-Archeologico delle grotte di Pertosa-Auletta (Salerno)

Andrea Di Meo

Dipartimento di Scienze Umanistiche, Sociali e della Formazione, Università degli Studi del Molise, II Edificio Polifunzionale, Via Francesco De Sanctis. I-86100 Campobasso. E-mail: andrea.dimeo@studenti.unimol.it

RIASSUNTO

Il Museo Speleo-Archeologico delle Grotte dell'Angelo di Pertosa-Auletta e il Dipartimento di Scienze Umanistiche Sociali e della Formazione dell'Università degli Studi del Molise hanno avviato un progetto di digitalizzazione 3D, tramite la tecnica fotogrammetrica Structure from Motion (SfM), di parte della collezione esposta nelle vetrine del Museo.

Il lavoro è nato all'interno di un progetto di dottorato e rappresenta il tentativo di utilizzare le possibilità offerte dal 3D sia per scopi di ricerca scientifica archeologica sia per migliorare la fruizione e l'accessibilità delle collezioni.

Parole chiave:

musei digitali, rilievo 3D, fotogrammetria, archeologia.

ABSTRACT

The 3D digital collection of the Speleo-Archaeological Museum of the caves of Pertosa-Auletta (Salerno)

The Speleo-Archaeological Museum of the Grotte dell'Angelo di Pertosa-Auletta and the Department of Humanities, Social Sciences and Education of the University of Molise have launched a 3D digitization project of part of the collection exhibited in the museum windows, using Structure from Motion (SfM) photogrammetric technique.

The work was born within a PhD project and represents an attempt to use the possibilities offered by 3D both for archaeological scientific research purposes and to improve the use and accessibility of the collections.

Key words:

digital museums, 3D survey, photogrammetry, archeology.

INTRODUZIONE

L'epoca che stiamo vivendo è caratterizzata da un cambiamento veloce e costante che porta gli individui a cercare nuovi stimoli ed esperienze. Da questo cambiamento non potevano esimersi le istituzioni culturali e in particolare i musei. L'applicazione di strumenti e processi digitali ormai consolidati risponde alle necessità di un pubblico sempre più attento a queste modalità comunicative da cui non è più possibile prescindere e che, soprattutto dato il periodo pandemico che stiamo attraversando, possono aiutare le strutture museali a tenere vivo l'interesse del proprio pubblico nonché ad adeguarsi a quei criteri di sviluppo digitale proposti nel Piano Triennale per la Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei (Ministero per i Beni e le Attività Culturali, 2019).

Nell'ultimo decennio abbiamo assistito a una vera e propria esplosione nell'utilizzo dei modelli 3D per la fruizione digitale delle esposizioni museali (Guidi et al., 2010). La prolungata chiusura temporanea al pubblico delle istituzioni museali ha dato ancor più slancio a questa pratica. È sembrato subito evidente

come le potenzialità offerte dal 3D potessero tenere in vita l'interesse verso le collezioni esposte. Molti dei più importanti musei italiani hanno accettato la sfida di offrire al proprio pubblico la possibilità di continuare a fruire delle collezioni in modalità online. Reperti, opere d'arte, siti archeologici sono entrati negli archivi digitali di soprintendenze, fondazioni private, enti museali, per essere diffusi sul web. In queste circostanze, inoltre, la scansione 3D dei reperti, come vedremo, può rappresentare un valido strumento di supporto alla ricerca scientifica storico-archeologica.

IL MUSEO SPELEO-ARCHEOLOGICO E LE GROTTI DELL'ANGELO

La possibilità di realizzare copie digitali delle collezioni, sia per scopi scientifici, ma anche per scopi divulgativi e di valorizzazione, è stata accolta e sviluppata anche per alcuni dei reperti conservati presso il Museo Speleo-Archeologico delle Grotte dell'Angelo di Pertosa-Auletta, in provincia di Salerno (fig. 1).



Fig. 1. Il Museo Speleo-Archeologico delle grotte di Pertosa-Auletta (foto Fondazione MIdA).

Il Museo è strettamente collegato al territorio, nello specifico alle Grotte dell'Angelo che, soggette anch'esse ad ampia ricerca scientifica, sono il luogo di rinvenimento della collezione presente nello stesso Museo.

Situate nel massiccio dei Monti Alburni, all'interno del Geoparco "Cilento", le Grotte dell'Angelo di Pertosa-Auletta presentano due unicità: sono le uniche grotte in Italia dove è possibile navigare un fiume sotterraneo, il Negro (fig. 2), e le sole in Europa a conservare i resti di un villaggio palafitticolo risalente al II millennio a.C. rinvenuto durante gli scavi del 1898

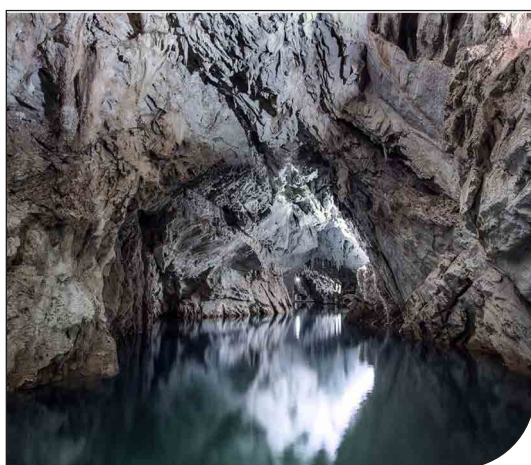


Fig. 2. Il fiume Negro all'interno delle grotte di Pertosa-Auletta (foto Fondazione MIdA).

condotti da Giovanni Patroni e Paolo Carucci (fig. 3) (Breglia & Fiorentino, 2017). Sono state utilizzate inoltre come luoghi sacri a partire dall'età del Bronzo fino a fasi più moderne: lo testimonia il ritrovamento di una stipe votiva, la cosiddetta "stipe interna" con oltre 300 vasetti miniaturistici. La presenza anche di una seconda stipe, la cosiddetta "stipe esterna" con materiali sia dell'età del Bronzo che di fase ellenistico-romana (Larocca, 2017), fa comprendere bene come la grotta sia stata ampiamente utilizzata nel tempo e con continuità, fino ad arrivare all'età medievale (Papaleo, 2017).

IL PROGETTO DI DIGITALIZZAZIONE

La Fondazione MidA (v. sito web 1), ente gestore delle grotte, nonché del Museo Speleo-Archeologico e del Museo del Suolo, non ha voluto rinunciare all'opportunità offerta da un accordo di collaborazione con il Dipartimento di Scienze Umanistiche, Sociali e della Formazione dell'Università degli Studi del Molise, che ha come scopo da un lato la prosecuzione della ricerca storico-archeologica e dall'altro lo sviluppo di un sistema museale integrato tra natura e modelli divulgativi di forte impatto tramite l'utilizzo di tecnologie di indagine virtuale.

In questa prospettiva è stata pensata l'elaborazione di un archivio digitale tridimensionale dei reperti più significativi provenienti dagli scavi effettuati all'interno delle grotte. Se da un lato i modelli 3D serviranno per integrare e ottimizzare lo studio dei

materiali archeologici, evidenziandone particolari tipologico-funzionali (strie di usura, componenti organiche e non), utili per l'applicazione di ulteriori analisi archeometriche, dall'altro lato si vuole fornire un prodotto utilizzabile anche a fini divulgativi. Le ricostruzioni 3D possono, infatti, essere integrate nei percorsi di visita museale per una fruizione ad ampio spettro. I modelli tridimensionali saranno perciò resi fruibili tramite alcune postazioni multimediali all'interno del percorso interattivo del Museo in modo da offrire una visione dell'oggetto da ogni prospettiva (fig. 4). Essi si prestano bene, inoltre, a essere diffusi attraverso i siti web e i diversi canali social dell'ente. Proprio queste ultime considerazioni sono quelle che meglio rispondono alla situazione vissuta dall'intero sistema museale italiano, nell'ultimo anno, a causa della pandemia da Covid.

L'intervento sui materiali delle Grotte dell'Angelo di Pertosa-Auletta ha riguardato 40 manufatti, di varie tipologie e materie tra cui pietra, argilla e metallo, che coprono un arco cronologico che va dall'Eneolitico sino all'epoca greco-romana, conservati nelle vetrine del Museo Speleo-Archeologico, e attualmente in prestito dal Museo Provinciale di Salerno. Si tratta di oggetti appartenenti alla "donazione Carucci" provenienti, appunto, dalla donazione fatta dalla famiglia dell'archeologo Paolo Carucci a seguito della sua morte (Pacífico & Luciano, 2017). Dei 67 reperti

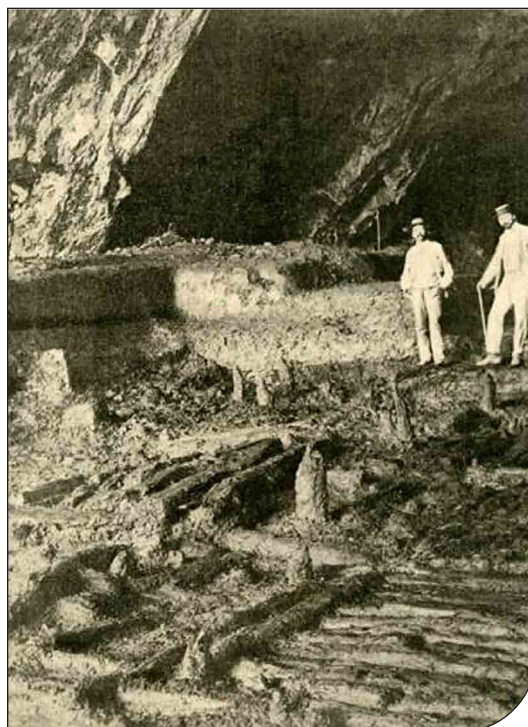


Fig. 3. I resti della palafitta rinvenuti durante gli scavi del 1898 (foto Patroni 1899).

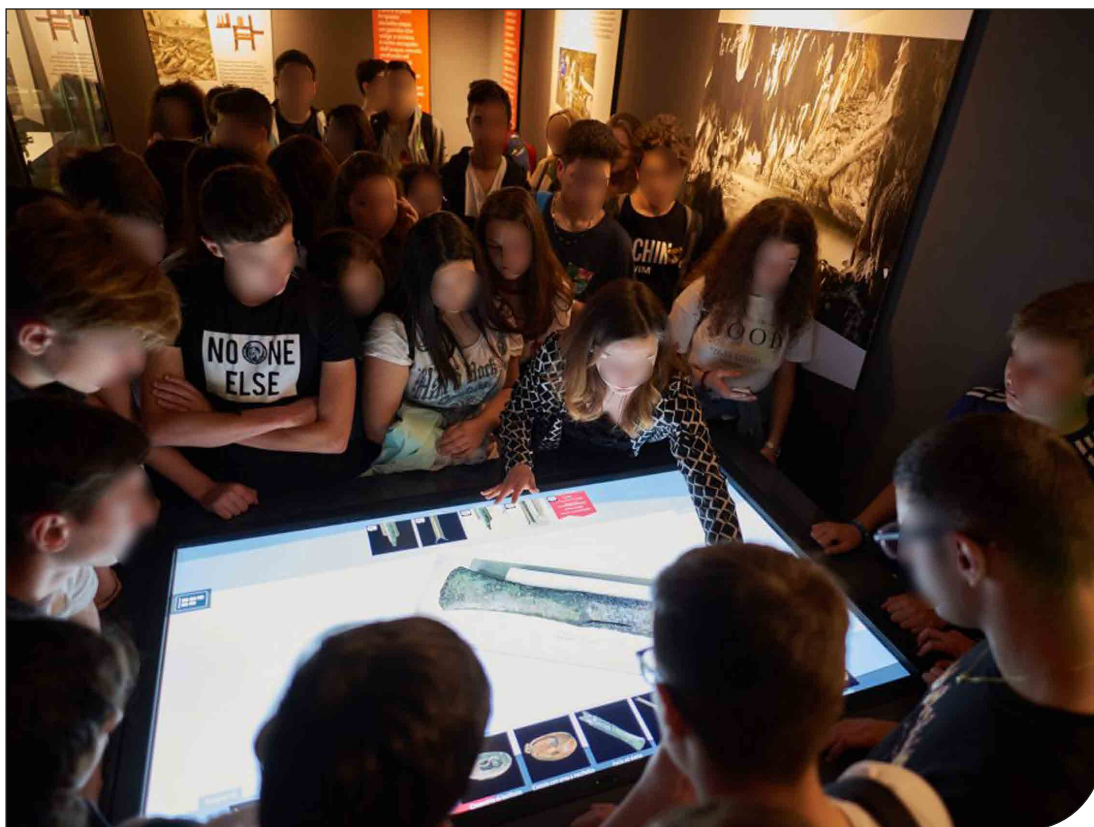


Fig. 4. Una delle postazioni multimediali all'interno del Museo Speleo-Archeologico (foto Fondazione MIdA).

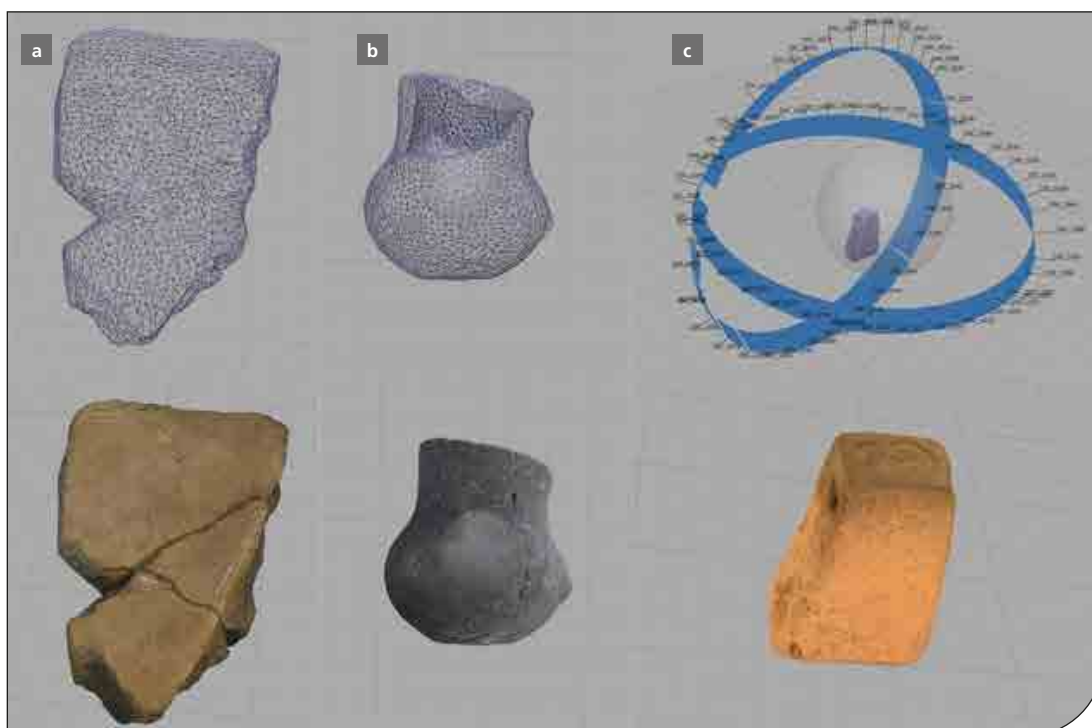


Fig. 5. Elaborazione dei modelli 3D, in alto la visualizzazione delle mesh poligonali, in basso i modelli texturizzati: a) piastra di cottura dell'età del Bronzo; b) vasetto miniaturistico proveniente dalla "stipe interna"; c) peso da telaio di età storica (elaborazioni Andrea Di Meo).

della collezione, ne sono stati selezionati 40, che risultavano essere più adatti alla digitalizzazione 3D tramite fotogrammetria digitale, sulla base del loro stato di conservazione, della tipologia e dell'epoca di provenienza (figg. 5, 6).

I reperti che più hanno caratterizzato il lavoro di digitalizzazione sono quelli riferibili all'età del Bronzo tra i quali spiccano senza dubbio le piastre di cottura (fig. 5a), provenienti dagli scavi del 2013. La presenza delle piastre, che hanno forma di un settore o quadrante di cerchio ed erano utilizzate per la preparazione di cibi e bevande, dimostra lo svolgimento di attività domestiche nella grotta (Carloni, 2017). Tutt'altra funzione era quella dei vasetti miniaturistici provenienti dalla donazione Carucci (fig. 5b). Rinvenuti da Paolo Carucci nel 1898, fanno parte della cosiddetta "stipe interna" trovata in un anfratto nascosto della grotta. Qui erano impilati oltre 300 vasetti miniaturistici (fig. 6a) collocabili cronologicamente tra l'età del Bronzo Medio e il Bronzo Recente (Pacífico & Luciano, 2017). Una quantità tale di manufatti di dimensioni così piccole, con forme ricorrenti e di fattura approssimativa, concentrata in un solo punto della grotta, fa supporre un collegamento con la sfera del sacro (Larocca, 2017). Non mancano reperti che rimandano a pratiche culturali tipiche dell'età ellenistica dimostrando come la grotta abbia avuto continuità di frequentazione nel corso dei millenni.

Oltre che su questi 40 manufatti, si è potuto disporre e operare con il rilievo fotogrammetrico anche sui reperti in dotazione al Museo Speleo-Archeologico dalla Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Salerno-Avellino, derivanti dalle ricerche di campo del 2009 e del 2013.

METODOLOGIA

Grazie ai miglioramenti delle prestazioni dei computer e allo sviluppo di nuovi algoritmi di image processing e di computer vision, la fotogrammetria è arrivata a essere un metodo di rilievo estremamente competitivo e affidabile. Alla fine degli anni Settanta, è stata delineata la tecnica che utilizza algoritmi Structure from Motion (Ullman, 1979), che, calcolando i parametri interni delle camere, definisce la posizione degli scatti e restituisce una prima nuvola di punti sparsa dell'oggetto o della scena rilevata. Il processo è stato ulteriormente semplificato con l'introduzione di algoritmi per il riconoscimento degli oggetti fisici e il loro posizionamento nello spazio che, in maniera del tutto automatica, riescono a identificare i punti in comune nelle immagini acquisite, restituendo un primo dato consistente nei tie points, ovvero quelle corrispondenze tra le immagini stesse che servono successivamente per stimare i parametri di orientamento interno ed esterno delle camere e le coordinate 3D (Remondino et al., 2014). Tramite software che



Fig. 6. Alcuni modelli del catalogo 3D: a) vasetto miniaturistico proveniente dalla "stipe interna";

b) brocchetta acroma di età storica, c) guttus a vernice nera IV-II sec. a.C., d) thymiateria (incensiere) con cordonature ondulate di età tardo-repubblicana/primo imperiale, e) doppia ascia in ferro, colatura a matrice di età storica, f) statuetta zoomorfa, figura di maiale fittile realizzata a doppia matrice IV-III sec. a.C. (elaborazioni Andrea Di Meo).

sfruttano algoritmi di dense image matching, è possibile inoltre ottenere automaticamente nuvole di punti dense colorate e con precisioni metriche paragonabili a quelle ottenute tramite laser scanner (Nocerino & Remondino, 2016).

Appare chiaro, quindi, che, nell'utilizzo di tecniche automatiche che sfruttano algoritmi Structure from Motion, per ottenere un modello 3D di qualità bisogna necessariamente seguire un protocollo ben definito che parta dalla giusta acquisizione degli scatti, passi per il controllo del processamento dei dati, fino al controllo dei risultati.

Nell'acquisizione fotografica, è stata utilizzata una fotocamera reflex full frame Nikon D5300 da 24,2 megapixel con obiettivo AF-S Nikkor da 18-55 mm. Per l'elaborazione dei fotogrammi acquisiti, è stato scelto di utilizzare il software Agisoft PhotoScan Professional (v. sito web 2) in dotazione al laboratorio di Archeologia dell'Università degli Studi del Molise. Il software in questione permette di compiere una serie di operazioni completamente in automatico. Una volta importate le immagini, il primo passo è il loro allineamento. Questa fase, come tutte le altre, può essere controllata settando i parametri delle varie voci disponibili, in base al set di dati che si vuole elaborare e alla qualità dei risultati di cui si necessita. Una volta avviato questo comando inizia il processo di allineamento che ha come risultato una nuvola sparsa, la posizione delle fotocamere contradd-

distinta da rettangoli blu e i valori dei parametri di calibrazione (fig. 5c).

Questi risultati sono utilizzati nella fase successiva dell'elaborazione, quella in cui si ottiene una ricostruzione 3D con un'elevata densità di punti. La creazione della nuvola densa è il processo che richiede il maggior tempo di elaborazione. In questo step, infatti, gli algoritmi di image matching individuano le corrispondenze di ogni singolo pixel all'interno di una coppia di immagini. In questo modo a ogni pixel viene assegnato un valore di profondità in modo da creare la nuvola di punti densa. Le ultime fasi dell'elaborazione prevedono la generazione della mesh, cioè la creazione di una superficie poligonale partendo da una nuvola densa i cui punti vengono uniti in modo da creare una rete di triangoli che formeranno appunto la mesh. Infine, tramite la texturizzazione del modello, viene applicato alla mesh il contenuto colore ricavato dalle immagini acquisite. Nonostante l'alto livello di automazione, tutto il processo di modellazione viene sempre controllato tramite i parametri impostabili in ogni step dell'elaborazione. Il risultato finale del processo fotogrammetrico è un modello fotorealistico dell'oggetto ripreso (fig. 6).

CONCLUSIONI

Le tecnologie di rilievo 3D sono entrate definitivamente nella complessità dei sistemi museali. Ne

hanno incrementato le potenzialità portando a un cambiamento definitivo nella fruizione, nella divulgazione e nella didattica museale.

I modelli tridimensionali, spendibili sia online, sia sulle piattaforme digitali all'interno delle sale museali, che in sistemi di realtà aumentata, nonché utilizzabili per riprodurre tramite stampa 3D le copie dei manufatti, sono alcuni dei risultati di questa prima fase di digitalizzazione. Il Museo Speleo-Archeologico e il sistema museale integrato della Fondazione MIIdA possono inoltre usufruire così di uno strumento che permette di tenere alta la visibilità delle collezioni anche in periodo di pandemia e di divieti di accesso fisico alle strutture museali.

Bisogna specificare, infine, che questo lavoro è solamente il primo passo di un progetto di digitalizzazione più ampio che riguarderà i manufatti rinvenuti nel corso delle varie indagini nelle Grotte dell'Angelo, attualmente esposti o conservati nei magazzini di diversi enti museali italiani.

Tutto questo tenendo ben presente le linee guida della Direzione generale Musei espresse nel Piano Triennale per la Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei (Decreto Ministeriale n. 892 del 19 luglio 2019; v. sito web 3), in cui tra le modalità previste per il raggiungimento degli obiettivi principali del Piano sono inseriti i metodi per la definizione di processi di digitalizzazione quali la creazione di modelli in 3D, soluzioni di realtà aumentata ed esperienze di gaming (Ministero per i Beni e le Attività Culturali, 2019).

BIBLIOGRAFIA

BREGLIA F., FIORENTINO G., 2017. *La palafitta proto-storica. Indagini Archeobotaniche*. In: Larocca F. (a cura di), Tra pietra e acqua, archeologia delle grotte di Pertosa-Auletta: studi e ricerche 2004-2016. Atti del Convegno, Pertosa, 21-22 ottobre 2016. Fondazione MIIdA, Pertosa, pp. 41-55.

CARLONI D., 2017. *Le piastre di cottura dell'Età del bronzo. Aspetti archeometrici e tecno-funzionali*. In: Larocca F. (a cura di), Tra pietra e acqua, archeologia delle grotte di Pertosa-Auletta: studi e ricerche 2004-2016. Atti del Convegno, Pertosa, 21-22 ottobre 2016. Fondazione MIIdA, Pertosa, pp. 71-85.

GUIDI G., RUSSO M., BERARDIN J.A., 2010. *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. McGraw-Hill Education.

LAROCCA F., 2017. *Le esplorazioni archeologiche dall'ottocento ai giorni nostri*. In: Larocca F. (a cura di), Tra pietra e acqua, archeologia delle grotte di Pertosa-Auletta: studi e ricerche 2004-2016. Atti del Convegno, Pertosa, 21-22 ottobre 2016. Fondazione MIIdA, Pertosa, pp. 10-27.

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI, 2019. *Piano Triennale per la Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei*. Direzione generale Musei.

NOCERINO E., REMONDINO F., 2016. Uso consapevole di software speditivi per ricostruzioni 3D. *GE-Omedia*, 5: 41-43.

PACIFICO S., LUCIANO R., 2017. *La donazione Carucci per il "Museo Provinciale Vittorio Emanuele II"*. In: Larocca F. (a cura di), Tra pietra e acqua, archeologia delle grotte di Pertosa-Auletta: studi e ricerche 2004-2016. Atti del Convegno, Pertosa, 21-22 ottobre 2016. Fondazione MIIdA, Pertosa, pp. 28-39.

PAPALEO F., 2017. *La frequentazione della cavità in età medievale*. In: Larocca F. (a cura di), Tra pietra e acqua, archeologia delle grotte di Pertosa-Auletta: studi e ricerche 2004-2016. Atti del Convegno, Pertosa, 21-22 ottobre 2016. Fondazione MIIdA, Pertosa, pp. 155-167.

REMONDINO F., SPERA M.G., NOCERINO E., MENNA F., NEX F., 2014. State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record*, 29: 144-166.

ULLMAN S., 1979. *The interpretation of visual motion*. MIT Press, Cambridge.

Siti web (ultimo accesso 27.09.2021)

1) Fondazione MIIdA

<https://fondazionemida.com/>

2) Agisoft

<https://www.agisoft.com/>

3) MIC, Direzione generale Musei, Piano Triennale per la Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei <http://musei.beniculturali.it/notizie/notifiche/piano-triennale-per-la-digitalizzazione-e-linnovazione-dei-musei>

Submitted: April 30th, 2021 - Accepted: September 28th, 2021
Published: December 10th, 2021