

RILIEVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITÀ MUSEALE

a cura di

Mario Centofanti
Alberto Sdegno
Paola Cochelli
Veronica Riavis



FrancoAngeli OPEN ACCESS

diségno

direttore Francesca Fatta
director Francesca Fatta

La Collana accoglie i volumi degli atti dei convegni annuali della Società Scientifica UID - Unione Italiana per il Disegno e gli esiti di incontri, ricerche e simposi di carattere internazionale organizzati nell'ambito delle attività promosse o patrocinate dalla UID. I temi riguardano il Settore Scientifico Disciplinare ICAR/17 Disegno con ambiti di ricerca anche interdisciplinari. I volumi degli atti sono redatti a valle di una call aperta a tutti e con un forte taglio internazionale.

I testi sono in italiano o nella lingua madre dell'autore (francese, inglese, portoghese, spagnolo, tedesco) con traduzione integrale in lingua inglese. Il Comitato Scientifico internazionale comprende i membri del Comitato Tecnico Scientifico della UID e numerosi altri docenti stranieri esperti nel campo della Rappresentazione.

I volumi della collana possono essere pubblicati sia a stampa che in open access e tutti i contributi degli autori sono sottoposti a double blind peer review secondo i criteri di valutazione scientifica attualmente normati.

The Series contains the proceedings volumes of the annual conferences of the UID Scientific Society - Unione Italiana per il Disegno and the results of international meetings, researches and symposia organized as part of the activities promoted or sponsored by the UID. The themes concern the Scientific Disciplinary Sector ICAR/17 Disegno including also interdisciplinary research fields. The volumes of the proceedings are drawn up following an open call and with a strong international focus. The texts are in Italian or in the author's mother tongue (English, French, German, Portuguese, Spanish) with full translation into English. The International Scientific Committee includes the members of the Scientific Technical Committee of the UID and numerous other foreign teachers who are experts in the field of graphic representation.

The volumes of the series can be published both in print and in open access and all the contributions of the authors are evaluated by a double blind peer review according to the current scientific evaluation criteria.

Comitato Scientifico / Scientific Committee

Marcello Balzani *Università degli Studi di Ferrara*
Paolo Belardi *Università degli Studi di Perugia*
Stefano Bertocci *Università degli Studi di Firenze*
Carlo Bianchini *Sapienza Università di Roma*
Massimiliano Ciammaichella *Università IUAV di Venezia*
Enrico Cicalò *Università degli Studi di Sassari*
Mario Docci *Sapienza Università di Roma*
Edoardo Dotto *Università degli Studi di Catania*
Maria Linda Falcidieno *Università degli Studi di Genova*
Francesca Fatta *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Andrea Giordano *Università degli Studi di Padova*
Elena Ippoliti *Sapienza Università di Roma*
Alessandro Luigni *Libera Università di Bolzano*
Francesco Maggio *Università degli Studi di Palermo*
Caterina Palestini *Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara*
Rossella Salerno *Politecnico di Milano*
Alberto Sdegno *Università degli Studi di Udine*
Roberta Spallone *Politecnico di Torino*
Graziano Mario Valenti *Sapienza Università di Roma*
Chiara Vernizzi *Università degli Studi di Parma*
Ornella Zerlenga *Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"*

Componenti di strutture straniere / Foreign institution components

Marta Alonso *Universidad de Valladolid - Spagna*
Atxu Amann y Alcocer *ETSAM Universidad de Madrid (UPM) - Spagna*
Matthew Butcher *UCL Bartlett School of Architecture - Inghilterra*
Eduardo Carazo *Universidad de Valladolid - Spagna*
João Cabelreira *Universidade do Minho Escola de Arquitectura - Portogallo*
Alexandra Castro *Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto - Portogallo*
Angela Garcia Codoner *Universidad Politécnica de Valencia - Spagna*
Pilar Chías *Universidad de Alcalá - Spagna*
Noelia Galván Desvaux *Universidad de Valladolid - Spagna*
Pedro Antonio Janeiro *Universidade de Lisboa - Portogallo*
Gabriele Pierluisi *Ecole nationale supérieure d'architecture de Versailles - Francia*
Jörg Schröder *Leibniz Universität Hannover - Germania*
Carlos Montes Serrano *Universidad de Valladolid - Spagna*
Jousé Antonio Franco Taboada *Universidade da Coruña - Spagna*
Annalisa Viati Navone *Ecole nationale supérieure d'architecture de Versailles - Francia*

FrancoAngeli

OPEN  ACCESS

Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma FrancoAngeli Open Access (<http://bit.ly/francoangeli-oa>). FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli ne massimizza la visibilità e favorisce la facilità di ricerca per l'utente e la possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

http://www.francoangeli.it/come_pubblicare/pubblicare_19.asp

This volume is published in open access, i.e. the entire work file can be freely downloaded from the FrancoAngeli Open Access platform (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access is the platform for publishing articles and monographs, respecting ethical and qualitative standards and the provision of open access content. In addition to guarantee its storage in the major international OA archives and repositories and its integration with the entire catalog of F.A. magazines and series maximizes its visibility and promotes accessibility of search for the user and the possibility of impact for the author.

To know more:

http://www.francoangeli.it/come_pubblicare/pubblicare_19.asp

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Readers wishing to find out about the books and magazines we publish can consult our website: www.francoangeli.it and register on the home page to the "Newsletter" service to receive news via e-mail.

RILIEVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITÀ MUSEALE

a cura di

Mario Centofanti

Alberto Sdegno

Paola Cochelli

Veronica Riavis

RILIEVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITÀ MUSEALE



Relazioni e contributi della PHD *Summer School* svoltasi presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e il laboratorio 3D Lab del polo goriziano dell'Università degli Studi di Trieste da 24 al 28 settembre 2018.

Iniziativa promossa dall'Unione Italiana per il Disegno nell'ambito delle attività "UID Survey and Representation Days. Seminari specialistici nelle discipline del Disegno per Dottorandi" con il contributo del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, l'organizzazione del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile-Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste interateneo con l'Università degli Studi di Udine.

Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Udine.

Comitato Scientifico della *Summer School*

Piero Albisinni
Fabrizio I. Apollonio
Paolo Belardi
Stefano Bertocci
Carlo Bianchini
Vito Cardone
Mario Centofanti
Emanuela Chiavoni
Michela Cigola
Antonio Conte
Antonella di Luggo
Mario Docci
Francesca Fatta
Paolo Giandebiaggi
Andrea Giordano
Elena Ippoliti
Francesco Maggio
Anna Marotta
Livio Sacchi
Rossella Salerno
Alberto Sdegno
Ornella Zerlenga

Comitato di coordinamento

Mario Centofanti
Elena Ippoliti
Francesca Fatta
Emanuela Chiavoni
Alberto Sdegno

Referente per la PHD *Summer School* Aquileia-Gorizia

Alberto Sdegno

Impaginazione

Paola Cochelli
Veronica Riavis

Copertina

Veronica Riavis

ISBN (print): 9788835128939
ISBN (online): 9788835154860
<https://doi.org/10.3280/OA-1040>

Copyright © 2023 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate
4.0 Internazionale (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla Legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Stampa: Litogi, via Idro 50, 20132 Milano.

Indice

Prefazione <i>Francesca Fatta</i>	9
Presentazione <i>Mario Centofanti</i>	13
Introduzione <i>Alberto Sdegno</i>	17
Il ruolo dei modelli virtuali 3D nella conservazione del patrimonio architettonico e archeologico <i>Mario Dacci</i>	25
Il progetto per un'accessibilità ampliata del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Marta Novello, Elena Braidotti</i>	39
Accessibilità e patrimonio culturale: alcuni spunti di riflessione per nuovi approcci progettuali <i>Ilaria Garofolo</i>	51
Rilievo e ricostruzione dell'anfiteatro romano di Milano <i>Giuseppe Amoruso</i>	63
Il ruolo della traduzione audiovisiva nel percorso verso la fruibilità dell'opera d'arte <i>Elisa Perego</i>	77
Toccare con mano. Dalla comunicazione ottica alla comunicazione aptica <i>Ivana Passamani</i>	91

Non si vive di sola visione! Il tatto e la sfida per un futuro “accessibile” <i>Aldo Grassini</i>	109
Toccare con gli occhi e vedere con le mani. Funzioni cognitive e conoscitive dell'educazione estetica <i>Loretta Secchi</i>	119
La sensorialità nei musei: appunti sull'accessibilità delle informazioni per la percezione degli ambienti espositivi <i>Christina Conti</i>	133
Técnicas de musealización virtual mediante fotogrametría automatizada <i>SfM</i> <i>Pedro Manuel Cabezas Bernal</i>	141
“Gorizia contatto”: per un patrimonio culturale più accessibile a non vedenti e ipovedenti <i>Silvia Grion</i>	153
Rilievo e percezione tattile di sculture con le nuove tecnologie <i>Alberto Sdegno</i>	167
Notes sull'attività laboratoriale <i>Alberto Sdegno</i>	183
Dal rilievo fotogrammetrico, al modello teorico, alla stampa 3D. Il caso di una pigna scolpita tra il I e il II secolo d.C. <i>Antonio Camassa</i>	189
Dall'acquisizione digitale alla stampa 3D per la comprensione tattile. <i>L'applique con testa di vento</i> <i>Paola Cochelli</i>	197
Patrimonio culturale tra narrazione e nuove tecnologie nella ridefinizione del ruolo del museo <i>Sara Eriche</i>	203
Artefatti comunicativi 3D per l'accesso al patrimonio culturale. Il <i>Sulcus primigenius</i> e l' <i>Edicola con ritratto di defunto</i> <i>Francesca Guadagnoli</i>	211
Modellazione fotografica con Photoscan. Realizzazione del modello 3D dell' <i>Opera maschile con cingulum</i> <i>Andrea Improta</i>	221

Fotomodellazione con Photoscan. Realizzazione del modello 3D del <i>Medaglione della dea Roma</i> <i>Gianluca Manna</i>	227
Applicazioni museali di rilievo massivo e sperimentazioni sulla illuminazione in ambito fotogrammetrico <i>Sofia Menconero</i>	233
Metodologie di rilievo speditivo per la documentazione e la prototipazione di due reperti archeologici del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Sandra Mikolajewska</i>	241
Un'esperienza di rilievo non invasiva. Fotomodellazione del <i>Plinto di Giove Ammone</i> <i>Carla Mottola</i>	249
Digitalizzazione del patrimonio archeologico attraverso acquisizioni <i>image-based</i> . <i>Urna con banchetto</i> e <i>Bassorilievo</i> del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Margherita Pulcrano</i>	257
Acquisizione e prototipazione per la rappresentazione aptica inclusiva. Sperimentazioni al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia <i>Veronica Riavis</i>	265
Fotomodellazione per l'ottenimento del <i>digital twin</i> di un manufatto archeologico <i>Pablo Angel Ruffino</i>	273

Acquisizione e prototipazione per la rappresentazione aptica inclusiva

Sperimentazioni al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia

Veronica Riavis

The work is a result of the Summer School promoted by the Unione Italiana per il Disegno (UID) entitled “Survey of cultural heritage and inclusive representation for museum accessibility”, held at the National Archaeological Museum of Aquileia (UD) and at the University Pole of Gorizia (24-28 September 2018).

The aim was to create for blind and visually impaired people tactile copies of archaeological finds through the integration of new acquisition technologies and rapid prototyping techniques (FDM).



Figg. 1-2 A sinistra: *Metopa con nave oneraria* (II-III sec. d.C.), Museo Archeologico Nazionale di Aquileia; a destra: eidotipo del bassorilievo realizzato dall'autrice in grafite, acquerello e penna a inchiostro.



Il caso studio: *Metopa con nave oneraria* (II-III sec. d.C.)

Il caso studio identificato per il processo di digitalizzazione e stampa tridimensionale ha riguardato l'opera conosciuta come *Metopa con nave oneraria* (fig. 1), esposta al primo piano del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. Il reperto, realizzato con la tecnica del bassorilievo, rappresenta un veliero stilizzato.

L'esercitazione svolta ha visto l'impiego integrato di software fotogrammetrici di *Image Based Modeling*, di modellazione avanzata e di gestione dei modelli finalizzati alla stampa a deposizione di filamento fuso (FFF, *Fused Filament Fabrication* o FDM, *Fused Deposition Modeling*). Realizzato in pietra calcarea e risalente al II-III sec. d.C., il reperto in origine decorava un monumento funerario.

Il bassorilievo rappresenta una nave mercantile con le vele spiegate. Il fasciame dell'imbarcazione è definito da tre sottili fasce in rilievo a sviluppo orizzontale, mentre la vela è composta da una tessitura dai tratti essenziali [1] a filari di tasselli quadrangolari. La rappresentazione è completata dalla presenza di quattro funi e da un remo collocato a prua dell'imbarcazione. Il mare è reso con una lieve lavorazione boccia data della superficie lapidea.

Tale opera funeraria doveva appartenere a un importante mercante di Aquileia, presumibilmente devoto al culto di Mitra [2]: sono state rinvenute, infatti, altre metope dai caratteri analoghi a questo ciclo decorativo con simboli riferibili proprio all'importante culto di età imperiale [3].

Il rilievo fotografico del reperto archeologico

Le attuali tecnologie di geomatica offrono opportunità di grande interesse per il rilevamento e la rappresentazione dei dati riferibili a oggetti appartenenti al settore dei beni culturali.

Dopo una prima fase conoscitiva dell'opera avvenuta mediante la realizzazione di eidotipi della stessa (fig. 2), si è proceduto alla fase operativa digitale di rilievo.

Per l'acquisizione numerica dell'antica *Metopa* romana si è scelto di utilizzare la fotogrammetria digitale semiautomatica, una metodologia che permette di elaborare un modello tridimensionale partendo da un set di fotografie opportunamente scattate. Mentre la fotogrammetria tradizionale implica un consistente intervento manuale da parte dell'operatore nell'elaborazione delle immagini, la versione semiautomatica ha il vantaggio di automatizzare buona parte dei procedimenti.

Questa tipologia di rilievo *no contact* risulta essere vantaggiosa in ambito archeologico in quanto costituisce una soluzione versatile, poco dispendiosa e rispettosa nei confronti del reperto che si vuole acquisire digitalmente con fini catalografici, di studio e replicativi.

Le immagini sono state realizzate nel tardo pomeriggio della giornata di lunedì 24 settembre 2018, utilizzando una macchina fotografica reflex Nikon D3100 con obiettivo 18-55 mm f/3.5-5.6, senza flash. In modalità manuale sono state scattate in sequenza complessivamente 28 fotografie. La ripresa fotografica è stata eseguita a mano libera ad assi paralleli e convergenti, posizionandosi a distanza costante rispetto all'oggetto secondo differenti angolature, così da poter cogliere i corretti aggetti della superficie, i dettagli scolpiti a rilievo e il deterioramento del materiale che caratterizza il reperto archeologico.

Nell'acquisizione si è prestata attenzione a non oscurare l'opera: infatti, essa è esposta verticalmente su una parete ed è sottoposta a fonti di luce diretta provenienti dall'alto orientate secondo l'allestimento illuminotecnico museale.

I fotogrammi sono stati realizzati considerando una sovrapposizione pari o superiore al 70% tra immagini successive, in modo da ottenere un modello tridimensionale preciso che non necessiti dell'inserimento manuale di *markers* per il calcolo di allineamento dei diversi scatti nel software fotogrammetrico.

Una volta concluso il campionamento fotografico, si è eseguito un primo trattamento dei fotogrammi, ovvero il bilanciamento del bianco.

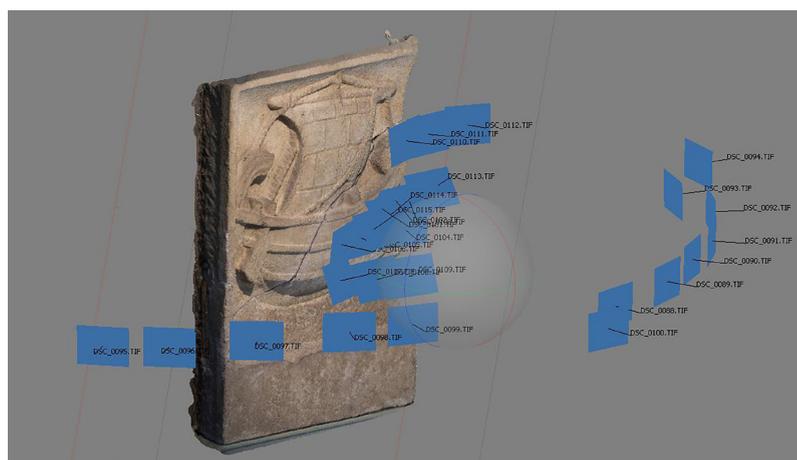


Fig. 3. Acquisizione tridimensionale della *Metopa con nave oneraria* mediante il software Agisoft Photoscan: tiled model texturizzato e posizione delle camere in seguito all'allineamento.

Questa procedura, svolta importando le riprese fotografiche in formato .raw nei programmi Adobe Bridge e Camera Raw, ha permesso di uniformare e sincronizzare i parametri cromatici del gruppo di fotografie basandosi su un campione (foglio bianco) ripreso in fase di campagna. Le immagini corrette sono state quindi convertite in .tiff, formato che grazie al suo processo di compressione dati *lossless* non crea perdite di informazioni e mantiene la massima qualità degli scatti.

Data processing: fotogrammetria, trattamento e FDM rapid prototyping

Dopo l'accorgimento effettuato sull'insieme delle fotografie, è stata avviata l'operazione per estrarre i dati tridimensionali. Il trattamento è avvenuto attraverso quattro fasi consecutive di un *workflow* fornito dal programma Agisoft Photoscan (fig. 3).

Come prima fase di lavoro è stato necessario ricostruire la geometria di presa delle singole foto, ovvero la posizione di scatto della macchina fotografica, così da poter ricondurre in seguito per triangolazione la posizione dell'oggetto presente nelle immagini. I software di *Structure from Motion* hanno il vantaggio di individuare autonomamente i punti chiave evidenti in tre o più riprese fotografiche: tali corrispondenze riscontrate permettono di collegare tra loro le immagini.

L'operazione di allineamento in base a punti chiave calibra la fotocamera (l'orientamento interno: il calcolo della lunghezza focale e del

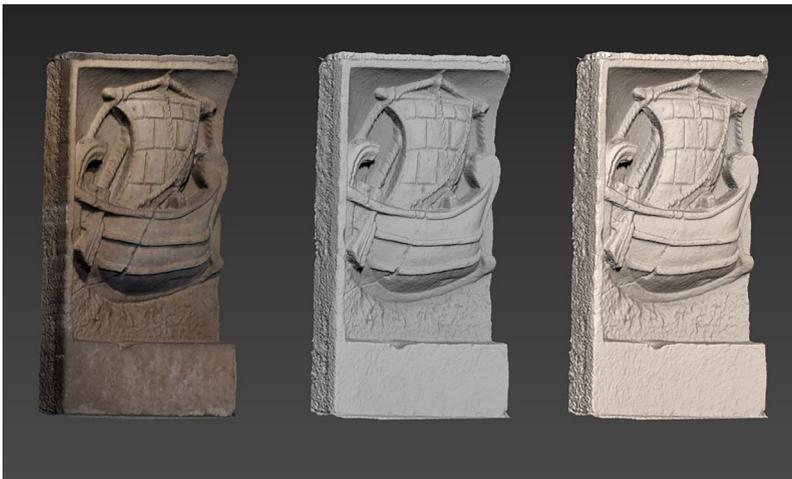


Fig. 4. Importazione in ambiente Autodesk 3dsMax: modello texturizzato reale, semplice, e materico base.

punto principale) e definisce la posizione di scatto delle singole foto (l'orientamento esterno: le coordinate dei centri di presa e le rotazioni del fotogramma). Per ogni punto vengono ricavate le coordinate reali x, y, z materializzate tridimensionalmente in una nuvola di punti a bassa densità (*sparse point cloud*). Dalla massa di punti tridimensionali, l'elaborazione successiva ha riguardato la realizzazione di una superficie poligonale continua (*mesh*), quindi di un modello 3D solido.

In sintesi, nella prima fase di allineamento delle 28 fotografie, il programma Agisoft Photoscan ha generato una nuvola di punti di 29.439 punti (di partenza 35.347). L'allineamento è avvenuto con accuratezza "high", con un *matching time* di 1 minuto e 44 secondi, e un tempo di allineamento di 5 secondi. La generazione della successiva *dense point cloud*, sostenuta con qualità alta *depth filtering* "aggressive", ha aumentato il numero dei punti fino a raggiungere la quantità di 8.843.456 in un tempo di 1 minuto e 17 secondi.

Il modello tridimensionale generato, sempre ad alta definizione, presenta 943.133 facce, 473.695 vertici e texture 4.096×4.096 uint8, con un processo che ha impiegato 7 minuti e 19 secondi. Si tenga presente che la velocità di elaborazione varia a seconda delle caratteristiche tecniche e prestazionali del computer impiegato.

I parametri di *texturing* sono stati impostati sulla modalità "ortofoto".

Lo stesso procedimento è stato svolto con il programma 3DF Zephyr, che a differenza di Photoscan permette di elaborare tutte le fasi (allineamento fotogrammi, ricostruzione nuvola sparsa, nuvola densa, mesh e mesh texturizzata) in un'unica operazione. Sono state impiegate anche in questo software 28 camere per ricostruire la nuvola sparsa della *Metopa*, scegliendo la modalità "oggetto ravvicinato", un parametro utilizzato anche per la ricostruzione della nuvola sparsa e dell'oggetto mesh, elaborati con preset di alta qualità. La generazione della mesh con texture ha previsto una dimensione massima della tessitura di 8.192×8.192 px, con una risoluzione dell'immagine del 100%, un numero massimo di vertici pari a 2.000.000 e di 4 camere per le texture con filtraggio nitidezza impostato al 10%.

Dopo aver eseguito alcune operazioni manuali di pulizia e decimazione di punti del contesto non rilevanti nel rilievo, il modello tridimensionale è stato salvato in formato .obj e successivamente importato nel software di modellazione plastica avanzata Autodesk 3dsMax (fig. 4).

In questo ambiente, la mesh della *Metopa* è stata scalata utilizzando i riferimenti metrici rilevati sull'oggetto. Nello stesso programma, è stato inoltre raffinato e chiuso il modello 3D nelle porzioni dove la ripresa fotografica non è stata possibile, come ad esempio la superficie aderente alla parete di supporto dove è fissato il reperto.

Il modello esportato nello standard grafico .stl (*solid to layer*) è stato successivamente predisposto alla prototipazione rapida nel programma Ultimaker Cura, preimpostato sui parametri della stampante 3D a deposizione di filamento fuso Delta WASP 2040.

Per sfruttare il processo di lavoro della macchina, il modello del reperto è stato ruotato dall'assetto verticale a quello orizzontale, facendo aderire la superficie retrostante il rilievo con il piano di stampa.

Nel software Cura è possibile proporzionare il modello da prototipare in funzione delle caratteristiche dimensionali della stampante, definire la qualità e il tempo di produzione, inserire i supporti nelle parti a sbalzo e sottoporre l'oggetto a operazioni di *slicing*.

Impostati i diversi parametri (tab. 1), si è proceduto con le operazioni di verifica e sezionamento per stimare i tempi di produzione e la quantità di materiale che si andrà a impiegare, per poi generare infine il codice preparatorio G-Code che sarà letto dalla macchina.

Il processo di produzione ha impiegato un tempo complessivo di 5 ore e 41 minuti, utilizzando 18,72 metri per 56 g di filo PLA bianco (acido polilattico). Il prototipo a scala ridotta della *Metopa* è stato realizzato nelle dimensioni di 87x127x15 mm (fig. 5) in un unico pezzo; la replica del reperto è stata infine levigata e trattata per ottenere una superficie uniforme e priva di spigoli vivi o effetti stratificativi: tale accorgimento è fondamentale per migliorare qualitativamente la percezione aptica della copia tattile riprodotta.

Qualità	Altezza dello strato	0.2 mm
Guscio	Spessore delle pareti	1.2 mm
	Spessore dello strato superiore/inferiore	2 mm
	Strati superiori/inferiori	6 mm
Riempimento	Configurazione	Griglia
	Densità del riempimento	20%
Materiale	Temperatura di stampa	195°C
	Temperatura piano di stampa	60°C
Velocità	Velocità	50 mm/s
Supporto	Posizionamento del supporto	In tutti i punti possibili
	Angolo di sbalzo del supporto	50°
Adesione piano di stampa	Tipo di adesione al piano di stampa	Brim
Filamento	Diametro filamento PLA	1.75 mm

Tab. 1. Parametri principali impiegati per la definizione del G-Code di stampa.



Fig. 5. Prototipo RP tattile della *Metopa* ricostruita secondo il rilievo *no contact*.

Arte e non vedenti

Per consentire a un soggetto non vedente o ipovedente di approcciarsi e apprezzare l'arte, oltre a fornire descrizioni in Braille e caratteri ingranditi, è importante assicurare a essi la presenza di una guida che li aiuti e accompagni nella lettura tattile dell'opera e dei suoi caratteri estetici, permettendo così all'esploratore di definire l'immagine mentale della stessa. Si tratta di un'operazione lunga e complessa, che si forma in due passaggi successivi basati sulla capacità di astrazione e sulla memoria: la composizione di uno schema generale attraverso un'esplorazione rapida e sommaria dell'insieme, e una più fine che presuppone una buona memorizzazione di quella schematica [4].

Per poter creare delle riproduzioni effettivamente comprensibili, inoltre, è preferibile mantenersi il più possibile fedeli alla scala originaria ed eventualmente ridurre in modo opportuno il grado di dettaglio dell'opera per renderla più comprensibile.

Note

[1] L'opera è definita da tratti compositivi essenziali e priva di profondità prospettica.

[2] Si tratta di un'antica religione che ebbe origine nel Mediterraneo orientale tra il II e I secolo a.C., praticata anche nell'Impero romano dai militari dal I secolo d.C. per poi scomparire, essendo una pratica religiosa pagana, in seguito al decreto di Teodosiano del 391. Il mito di Mitra si sviluppò nell'area di Tarso, città che sotto Pompeo (106-48 a.C.) diventò la capitale della Cilicia (Asia Minore), e si diffuse innanzitutto tra i pirati, abilissimi naviganti ed esperti della volta celeste. Essi condizionarono l'intero traffico commerciale del Mediterraneo, assalendo i naviganti con le loro navi dalle vele dorate e dai remi argentati [Ulansey 1989].

[3] De Franzoni 2009.

[4] Grassini 2000.

Riferimenti bibliografici

Barcarolo, P. (2015). "Modellazione 2,5/3D aumentata" per la stampa 3D del patrimonio culturale fruibile anche da parte di persone con disabilità visiva e cognitiva. In *La ricerca che cambia*. Atti del primo convegno nazionale dei dottorati italiani dell'Architettura, della Pianificazione e del Design. IUAV Venezia, 19-20 novembre 2014. Siracusa: LetteraVentidue Edizioni, pp. 700-715.

Bellini, A. (a cura di). (2000). *Toccare l'arte. L'educazione estetica di ipovedenti e non vedenti*. Roma: Armando Editore.

Cabezos Bernal, P.M., Cisneros Vivó, J. (2012). Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre. In *EGA - Expresión Gráfica Arquitectónica*, n. 20, pp. 88-99.

Conti, C., Petriccione, L. (2017). Il progetto per esperienze sensoriali inclusive. In Martini, F., Santi, L., Visentini, P. (a cura di). *Donne, madri, dee. Linguaggi e metafore universali nell'arte preistorica*. Udine: Grafiche Filacorda, pp. 24-26.

De Franzoni, A. (2009). Considerazioni su un rilievo "metroaco" del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: una rilettura iconografica. In *Aquileia Nostra LXXX*, cc. 13-40. Trieste: EUT.

De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Dario Flaccovio.

Grassini, A. (2000). I ciechi e l'esperienza del bello. Il Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona. In Bellini, A. (a cura di). *Toccare l'arte. L'educazione estetica di ipovedenti e non vedenti*. Roma: Armando Editore, pp. 17-47.

Grassini, A. (2015, 2019). *Per un'estetica della tattilità. Ma esistono davvero arti visive?*. Roma: Armando Editore.

Sdegno, A., Cochelli, P., Riavis, V., Camponogara, R. (2017). Modellare smorfie. Rilievo e rappresentazione aptica di due teste scultoree di Franz Xaver Messerschmidt // Modeling grimaces / Survey and haptic representation of two sculptural heads by Franz Xaver Messerschmidt.. In di Luggo, A., Giordano, P., Florio, R., Papa, L.M., Rossi, A., Zerlenga, O., Barba, S., Campi, M., Cirafici, A. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione / Territories and frontiers of Representation*. Atti del XIV Congresso UID, 39° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione. Roma: Gangemi Editore, pp. 969-976.

Secchi, L. (2005). *L'educazione estetica per l'integrazione*. Roma: Carocci

Ulansey, D. (1989). *The Origins of The Mithraic Mysteries. Cosmology & Salvation in the Ancient World*. Oxford: Oxford University Press.

Autrice

Veronica Riavis

Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste

veronica.riavis@phd.units.it*

* Ora presso Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, veronica.riavis@uniud.it

Crediti delle immagini

La pubblicazione delle immagini in elenco è stata autorizzata dal Ministero della cultura, Direzione regionale musei del Friuli Venezia Giulia. È fatto espresso divieto di ulteriore riproduzione e duplicazione con qualsiasi mezzo nonché quello di download e di successiva manipolazione.

- Pag. 18 - Fig. 1. Sessione dei lavori della *Open Conference*.
- Pag. 19 - Fig. 2. Visita guidata al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: presentazione della direttrice dott.ssa Marta Novello.
- Pag. 20 - Fig. 3. Visita guidata al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia: la sala con le teste romane.
- Pag. 21 - Fig. 4. Esperienza tattile condotta da parte del presidente del Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona, dott. Aldo Grassini.
- Pag. 39 - Fig. 1. Il nuovo padiglione d'ingresso del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia [Archivio MAN Aquileia, foto di A. Chemollo].
- Pag. 41 - Fig. 2. La sezione dedicata alle domus di Aquileia nel nuovo percorso espositivo [Archivio MAN Aquileia, foto di A. Chemollo].
- Pag. 43 - Fig. 3. Esplorazione tattile di reperti originali [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 44 - Fig. 4. La mappa tattile per tutti collocata all'ingresso del museo [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 46 - Fig. 5. Le audiodescrizioni che guidano il percorso tattile sono fruibili attraverso dispositivi messi a disposizione dal museo [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 48 - Fig. 6. Attività educative per tutti al museo [Archivio MAN Aquileia].
- Pag. 78 - Fig. 2. Il MAN di Aquileia [fonte: it.wikipedia.org].
- Pag. 81 - Tab. 1. Breve itinerario pilota per il MAN di Aquileia: dettagli delle opere selezionate.
- Pag. 84 - Es. 1. Estratto di audiodescrizione con immagine del *Sulcus primigenius*. Es. 2. Estratto di audiodescrizione per la statua di *Augusto*. Es. 3. Estratto di audiodescrizione con immagine della testa di *Borea*.
- Pag. 134 - Fig. 1. Le persone a seconda delle proprie abilità e personali esperienze si muovono in autonomia nello spazio, si orientano in sicurezza, svolgono determinate azioni e percepiscono determinate emozioni, singolarmente o in relazione con altre, in periodi di tempo variabili. Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.
- Pag. 184 - Fig. 1. Seminari didattici tenuti all'interno degli spazi di lavoro del museo.
- Pag. 185 - Fig. 2. Attività di acquisizione 3D con scanner a luce strutturata.
- Pag. 186 - Fig. 3. Campionamento fotografico per l'attività di fotogrammetria *S/M*.
- Pag. 187 - Fig. 4. Scansione 3D della statua di *Augusto*.
- Pag. 189 - Fig. 1. *Urna cineraria a forma di cesta di vimini con una pigna sul coperchio*. Particolare della pigna sul coperchio.
- Pag. 190 - Fig. 2. Una fase del rilievo diretto [elab. A. Camassa].
- Pag. 191 - Fig. 3. Descrizione grafica delle fasi di elaborazione finalizzate alla modellazione tridimensionale del modello teorico della pigna [elab. A. Camassa].
- Pag. 192 - Fig. 4. Il modello rilevato e il modello teorico ottenuto attraverso la stampa additiva [elab. A. Camassa].
- Pag. 193 - Fig. 5. Le fasi di impostazione dei parametri di stampa gestita dal programma *Cura* [elab. A. Camassa].
- Pag. 197 - Fig. 1. *Applique con testa di vento*.
- Pag. 198 - Fig. 2. Campagna di rilievo fotografico.
- Pag. 199 - Fig. 3. Fotografie per l'elaborazione tridimensionale e bilanciamento dei bianchi.
- Pag. 201 - Fig. 4. Elaborazioni nel software *Agisoft Photoscan*: nuvola sparsa, nuvola densa, mesh con e senza texture [elab. P. Cochelli].
- Pag. 202 - Fig. 5. Elaborazione in 3D *Studio Max* e reperto prototipato [elab. P. Cochelli].
- Pag. 203 - Fig. 1. *Clipeo con rappresentazione di Marte*.
- Pag. 204 - Fig. 2. *Pipeline* di lavoro per il rilievo fotogrammetrico *Structure from Motion* [elab. S. Eriche].
- Pag. 205 - Fig. 3. Acquisizione, processing, esecuzione della nuvola di punti sparsa [elab. S. Eriche].
- Pag. 206 - Fig. 4. Generazione mesh [elab. S. Eriche].
- Pag. 208 - Fig. 5. Generazione modello poligonale, esportazione con software *3dsMax*, prototipazione con stampante 3D [elab. S. Eriche].
- Pag. 211 - Fig. 1. *Sulcus primigenius*, I sec. a.C.
- Pag. 213 - Fig. 2. *Edicola con ritratto di defunto*, databile II sec. d.C.
- Pag. 214 - Fig. 3a. Schemi di ripresa e orientamento dei fotogrammi per il *Sulcus primigenius* [elab. F. Guadagnoli].
- Pag. 215 - Fig. 3b. Schemi di ripresa e orientamento dei fotogrammi per l'*Edicola con ritratto di defunto* [elab. F. Guadagnoli].
- Pag. 217 - Fig. 4. Posizionamento dei *markers* sulla nuvola densa elaborata del bassorilievo [elab. F. Guadagnoli].
- Pag. 218 - Fig. 5. Prototipo fisico del *Sulcus primigenius* [elab. di F. Guadagnoli].
- Pag. 221 - Fig. 1. Busto dell'*Opera maschile con cingulum*, Museo Archeologico Nazionale di Aquileia [Denti 1991].
- Pag. 222 - Fig. 2. Foto effettuate sul modello preso in esame per lo sviluppo di fotomodellazione [elab. A. Improta].
- Pag. 223 - Fig. 3. Fasi del processo di fotomodellazione (a) e ottenimento del modello mesh dell'opera (b) [elab. A. Improta].
- Pag. 224 - Fig. 4. Fasi del processo di fotomodellazione dalla nuvola di punti al modello mesh texturizzato [elab. A. Improta].
- Pag. 227 - Fig. 1. *Medaglione della dea Roma*, Museo Archeologico Nazionale di Aquileia.
- Pag. 228 - Fig. 2. *Chunchi* di 123 immagini [elab. G. Manna].
- Pag. 229 - Fig. 3. Schema di assi del modello 3D di riferimento [elab. G. Manna]. Fig. 4. Nuvola di punti sparsa (a) e nuvola di punti densa (b) [elab. G. Manna].
- Pag. 230 - Fig. 5. Modello ricostruito mesh (a); modello con texture (b); modello texturizzato con *show markers* (c) [elab. di G. Manna].
- Pagina 233 - Fig. 1. Confronto tra le superfici poligonali della *Testa di Venere* ottenute dalle nuvole di punti alle quali è stato applicato il *depth filtering* *aggressive* (a) e *mid* (b) [elab. S. Menconero].
- Pag. 234 - Fig. 2. Schema riassuntivo delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti (prima parte) [elab. S. Menconero].
- Pag. 237 - Fig. 3. Schema riassuntivo delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti (seconda parte) [elab. S. Menconero].
- Pag. 238 - Fig. 4. Stampa 3D in PLA della *Testa di Venere*: modello con supporti di stampa (a) e modello pulito (b) [elab. S. Menconero].
- Pag. 239 - Fig. 5. Confronto tra i modelli 3D della *Testa di Venere* acquisiti con *flash* e senza: superficie poligonale senza *flash* (a), superficie poligonale con *flash* (b), texture senza *flash* (c), texture con *flash* (d) [elab. S. Menconero]; Fig. 6. Confronto tra le texture dell'*Opera maschile con cingulum*: texture originale in cui si evincono zone con temperatura colore diversa (a) e texture corretta con temperatura colore uniforme (b) [elab. S. Menconero].
- Pag. 241 - Fig. 1. Modelli digitali delle opere rilevate [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 242 - Fig. 2. Dettagli del modello mesh del *Medaglione* [elab. di S. Mikolajewska].
- Pag. 243 - Fig. 3. Ortofoto del *Medaglione* [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 244 - Fig. 4. Ortofoto del *Vaso funerario* [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 246 - Fig. 5. Stampa 3D del *Clipeo* [elab. S. Mikolajewska].
- Pag. 249 - Fig. 1. Ricostruzione grafica del Portico e foto del sito archeologico.
- Pag. 250 - Fig. 2. Post Instagram, disegno dal vero *Plinto di Giove Ammone* pubblicato durante la *UID Summer School* [elab. C. Mottola].
- Pag. 251 - Fig. 3. Screenshot, nuvola dei punti con *markers* applicati in seguito all'allineamento in *Agisoft Photoscan* [elab. C. Mottola].
- Pag. 252 - Fig. 4. Screenshot, dettaglio mesh [elab. C. Mottola].
- Pag. 253 - Fig. 5. Screenshot, modello tridimensionale texturizzato [elab. C. Mottola].
- Pag. 257 - Fig. 1. Nuvola rada dell'*Urna* elaborata nel software *Agisoft Photoscan* [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 259 - Fig. 2. Parte del set fotografico e modello poligonale texturizzato dell'*Urna* [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 261 - Fig. 3. Immagine originale e immagine migliorata con la tecnica del bilanciamento del bianco [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 262 - Fig. 4. Elaborazione del set fotografico del *Bassorilievo*: qualità alta per tutte le fasi di elaborazione [elab. M. Pulcrano].
- Pag. 265 - Fig. 1.-2. A sinistra: *Metopa con nave oneraria* (II-III sec. d.C.), Museo Archeologico Nazionale di Aquileia; a destra: eidotipo del bassorilievo realizzato dall'autrice in grafite, acquerello e penna a inchiostro [elab. V. Raviis].
- Pag. 267 - Fig. 3. Acquisizione tridimensionale della *Metopa con nave oneraria* mediante il software *Agisoft Photoscan*: tiled model texturizzato e posizione delle camere in seguito all'allineamento [elab. V. Raviis].
- Pag. 268 - Fig. 4. Importazione in ambiente *Autodesk 3dsMax*: modello texturizzato reale, semplice, e materico base [elab. V. Raviis].
- Pag. 271 - Fig. 5. Prototipo RP tattile della *Metopa* ricostruita secondo il rilievo no contact [elab. V. Raviis].
- Pag. 273 - Fig. 1. Esempio di sovrapposizione (70-80%) fra le immagini fotografiche [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 274 - Fig. 2. Immagine da rilievo (a) - *Chunk 1*, dense point cloud 1.298.859 punti; immagine ottenuta col bilanciamento del bianco (b) - *Chunk 2*, dense point cloud 1.305.431 punti [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 276 - Fig. 3. Fasi del processo di fotomodellazione [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 277 - Fig. 4. Ortofoto digitale del manufatto [elab. PA. Ruffino].
- Pag. 278 - Fig. 5. Predisposizione del modello per la stampa 3D [elab. PA. Ruffino].

Il volume raccoglie gli interventi presentati alla conferenza *Rilievo dei Beni Culturali e Rappresentazione inclusiva per l'Accessibilità museale* e i contributi relativi alla I edizione della UID PhD Summer School, che si è tenuta dal 24 al 28 settembre 2018 presso il Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e presso il Polo goriziano dell'Università degli Studi di Trieste. L'obiettivo dell'iniziativa è stato quello di unire i principi teorici e le esperienze di esperti a livello nazionale e internazionale appartenenti ai settori della rappresentazione, della tecnologia, della comunicazione dei beni culturali e dell'accessibilità alle collezioni museali al fine di offrire un'occasione di scambio, dibattito e sensibilizzazione sul tema dell'inclusione.

Una sezione del volume è dedicata agli esiti ottenuti dall'attività laboratoriale. Il lavoro, svolto da dottorandi di ricerca afferenti al settore del disegno e provenienti da diversi atenei italiani, ha visto il coinvolgimento diretto degli stessi nella campagna di rilievo avanzato non invasivo, di digitalizzazione e riproduzione tattile di alcuni significativi reperti appartenenti alla collezione permanente del museo.

Il progetto è stato promosso dalla società scientifica UID Unione Italiana per il Disegno nell'ambito delle attività "UID Survey and Representation Days. Seminari specialistici nelle discipline del Disegno per Dottorandi", con il contributo del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste, l'organizzazione del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile-Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste interateneo con l'Università degli Studi di Udine e il patrocinio del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Udine.

Mario Centofanti, *Professore onorario, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale, Università degli Studi dell'Aquila*

Alberto Sdegno, *Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine*

Paola Cochelli, *PHD Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste*

Veronica Riavis, *Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine*