

PUBLICA

DAI Il Disegno per
l'Accessibilità e
l'Inclusione

A CURA DI
Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

ISBN 9788899586478

Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

DAI - Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione - 2024

© PUBLICA, Alghero, 2024

ISBN 9788899586478

Pubblicazione Dicembre 2024

PUBLICA

Dipartimenti di Architettura, Design e Urbanistica

Università degli Studi di Sassari

www.publicapress.it



PUBLICA

DAI Il Disegno per
l'Accessibilità e
l'Inclusione

A CURA DI

Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

ISBN 9788899586478

Il volume raccoglie i contributi, dei relatori e degli studiosi, pervenuti in occasione della conferenza DAI - Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione 2024 che si è svolta a Roma il 5 e 6 dicembre 2024. La valutazione dei contributi pubblicati è avvenuta con la modalità del double blind review.

COMITATO ORGANIZZATORE

Tommaso Emler

Sapienza Università di Roma
(Coordinamento scientifico)

Andrea Bruciati

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este
(Coordinamento scientifico)

Adriana Caldarone

Sapienza Università di Roma

Viviana Carbonara

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este

Angela Chiaraluca

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este

Lucilla d'Alessandro

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este

Alexandra Fusinetti

Università degli Studi di Sassari

COMITATO PROMOTORE

Marco Giorgio Bevilacqua

Università di Pisa

Cristina Cåndito

Università di Genova

Enrico Cicalò

Università degli Studi di Sassari

Tommaso Emler

Sapienza Università di Roma

Alberto Sdegno

Università degli Studi di Udine

COMITATO SCIENTIFICO

Giuseppe Amoruso

Francesco Bergamo

Marco Giorgio Bevilacqua

Fabio Bianconi

Giorgio Buratti

Pedro Manuel Cabezos Bernal

Christina Conti

Antonio Calandriello

Adriana Caldarone

Antonio Camurri

Cristina Cåndito

Enrico Cicalò

Agostino De Rosa

Tommaso Emler

Sonia Estévez-Martín

Maria Linda Falcidieno

Marco Filippucci

Alexandra Fusinetti

Andrea Giordano

Per-Olof Hedvall

Alessandro Meloni

Alessandra Pagliano

Ivana Passamani

Leopoldo Repola

Veronica Riavis

Michela Rossi

Giuseppina Scavuzzo

Roberta Spallone

Alberto Sdegno

Valeria Tatano

Paula Trigueiros

Michele Valentino

Ornella Zerlegna

IMPAGINAZIONE E SITO WEB

Alexandra Fusinetti

www.disegnodai.eu

Indice

Introduzione

Tommaso Emler

12

FOCUS 1

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione socio-culturale

Mani che comunicano. I linguaggi gestuali e la loro rappresentazione grafica

Valeria Menchetelli

18

Autism friendly escape room: un Serious Game inclusivo per la Sagrestia del Vasari a Napoli

Alessandra Pagliano, Greta Attademo, Alessandra Coppola

40

Digitalizzazione e partecipazione: il PEBA di Corciano come modello di accessibilità e inclusione

Marco Filippucci, Fabio Bianconi, Simona Ceccaroni, Filippo Cornacchini, Matilde Cozzali, Rebecca Rossi

56

HeritageMap for accessibility and inclusivity in cultural heritage. The 'Open-air Museum of Contemporary Art Works' MAP in Faenza

Elisabetta C. Giovannini, Jacopo Bono

72

Fruizione aumentata del patrimonio perduto: configurazione degli embrici delle cupole napoletane

Gianluca Barile, Nicola Rimella, Francesca Maria Ugliotti

90

Miglioramento dell'accessibilità e attività di tutela nella città storica: esperienze nel mantovano

Giulia Bressan

108

Segni e Disegni per rappresentare l'Architettura. Un progetto interdisciplinare di orientamento, accessibilità ed inclusione	
<i>Maria Cristina Azzolino, Michela Barosio, Giulia Bertola, Martina Crapolichio, Rossella Gugliotta, Angela Lacirignola, Martino Pavignano, Francesca Ronco, Ursula Zich</i>	122
La ricostruzione automatica e la fruizione aumentata dei frammenti archeologici	
<i>Gianluca Barile</i>	146
Il coro ligneo della Basilica di San Giorgio Maggiore a Venezia. La fruizione tattile per la conoscenza culturale	
<i>Sonia Mollica, Giulia Piccinin, Antonio Calandriello</i>	162
Microarchitetture sperimentali per la rifunzionalizzazione degli spazi nella scuola post-pandemica	
<i>Daniela Ladiana, Chiara Iacovetti</i>	176
Spatial representation and psychological well-being: new digital perspectives on environmental psychology	
<i>Piergiuseppe Rechichi, Gianluca Sesso</i>	188

FOCUS 2

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione cognitiva

<i>The Algorithm as Therapy. Secret Talks, a case study of the design and development of Digital Therapeutics</i>	
<i>Giorgio Buratti, Yingfei Zhu</i>	210
Museum Accessibility. A Framework based on a Didactic Studio	
<i>Dina Riccò, Weihuan Hou</i>	226
Neurodiversità e spazi verdi urbani. Soluzioni per giardini sensoriali e terapeutici	
<i>Cristiana Cellucci</i>	242

Percezione visiva ed emozioni. Prevenire il disagio nei soggetti affetti da disabilità intellettive
Gaia Leandri 256

Da BES a Tutor: vedere per far vedere
Ursula Zich, Laura Nicoletta Bello 268

Realtà Virtuale e possibili applicazioni in ambito didattico. Per una comunicazione più inclusiva del *Cultural Heritage*
Nicola La Vitola, Sonia Mollica 286

FOCUS 3

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione spaziale

Percezione accessibile delle forme geometriche del tempo
Cristina Candito, Alessandro Meloni, Ilenio Celoria 302

Cortina d'Ampezzo accessibile: un progetto di mappatura interattiva
Caterina Balletti, Valeria Tatano, Fabio Martinello, Mattia Menardi 320

Il Castello per tutti. Sguardi tattili per inedite visioni
Ivana Passamani 334

Aree gioco urbane accessibili: percezione e configurazione
Segalerba Alessia 354

Il rilievo per la fruizione degli spazi inaccessibili. Il bazar di Kruja in Albania
Gianluca Gioioso 370

Esplorazioni virtuali multilivello per la divulgazione e l'amplificazione della conoscenza del Patrimonio Architettonico
Mara Gallo 382

***Wayfinding*, interpretazione e comunicazione dei siti archeologici protostorici della Sardegna**
Enrico Cicalò, Michele Valentino, Alexandra Fusinetti 398

FOCUS 4

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione museale

koinESTE. Percorso digitale per tutti, progetto di accessibilità

Andrea Bruciati, Angela Chiaraluce, Lucilla D'Alessandro, Tommaso Emler, Carlo Inglese

416

Dall'immagine al modello: l'impiego delle mappe di profondità per la restituzione aptica di dipinti

Alberto Sdegno, Veronica Riavis, Silvia Masserano

428

Alla ricerca di un senso. Prime riflessioni metodologiche sull'accessibilità tattile alle opere d'arte

Ivana Passamani, Massimo De Paoli, Virginia Sgobba, Nicolò Fiammetti, Anna Paolini

444

Digitalizzazione e Inclusione: l'Intelligenza Artificiale per esperienze museali multisensoriali

Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Claudia Cerbai, Michela Meschini, Andrea Migliosi, Chiara Mommi

462

Comunicare la meteorologia attraverso esperienze tattili

Manuela Incerti, Raffaella Vitale, Barbara Fabbri, Anna Maragno, Grazia Zini, Paolo Lenisa,

476

***Physical twins* per la fruizione ampliata dei beni museali: il caso studio della Dea di Morgantina**

Mariangela Liuzzo, Dario Caraccio, Laura Floriano

492

Il ruolo dei *Virtual Tour* per l'accessibilità e l'inclusione del patrimonio museale

Noemi Tomasella, Flavia Camagni, Elena Ippoliti

508

Rendere accessibile l'inaccessibile: percorsi per le disabilità motoria, visiva e uditiva nella Fortezza di Marciana

Tommaso Emler, Adriana Caldarone

524

**Feel the Past: una metodologia operativa per
l'accessibilità sensoriale nei musei**

*Riccardo Cristoforo De Giorgi, Davide Mezzino,
Grazia Maria Signore*

538

**Accessibilità e inclusione museale a Torino: uno stato
dell'arte**

Francesca Ronco

554

**Strategie di rilievo digitale e produzione additiva
per la fruizione aptica di opere scultoree**

Andrea di Filippo, Sara Antinozzi

570

**Tecniche fotogrammetriche per la prototipazione e la
fruizione del patrimonio scultoreo storico**

Andrea Zerbi, Sandra Mikolajewska

584

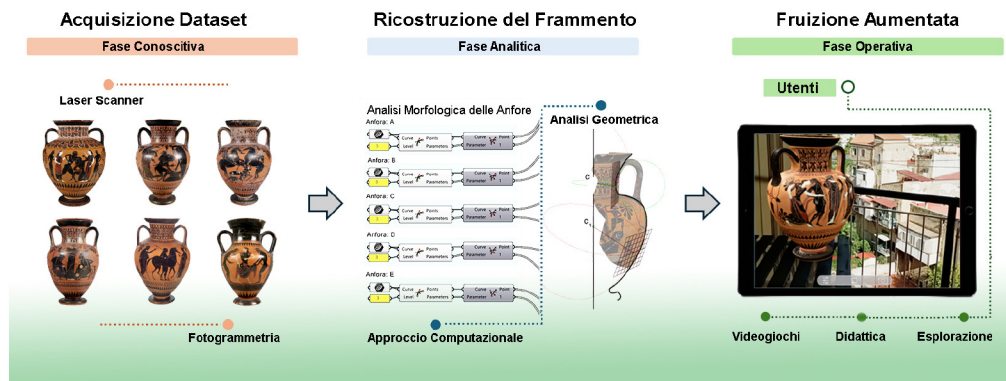
La ricostruzione automatica e la fruizione aumentata dei frammenti archeologici

Gianluca Barile

Università degli studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Architettura

gianluca.barile@unina.it



realtà aumentata
ricostruzione 3D
intelligenza artificiale
ICT
patrimonio culturale

augmented reality
3D reconstruction
artificial intelligence
ICT
cultural heritage

Il presente contributo esplora approcci innovativi per la ricostruzione dei frammenti archeologici di anfore attiche. Partendo da una revisione delle tecniche esistenti per la classificazione dei manufatti, basata su dati geometrico-descrittivi, è stata elaborata una metodologia integrata per la ricostruzione ideale dei frammenti attraverso un approccio computazionale, seguita dalla loro fruizione in realtà aumentata. Le fasi dell'indagine includono la creazione di un *dataset* di anfore integre, da confrontare con il frammento analizzato, per identificarne la famiglia tipologica di appartenenza e le relative caratteristiche geometriche, essenziali per la sua ricostruzione. L'impiego dell'intelligenza artificiale ha consentito di generare l'apparato decorativo mancante, mentre l'uso di tecniche di modellazione 3D ha facilitato la visualizzazione di queste raffigurazioni sulla superficie ideale ricostruita. Il risultato di questo processo è un'applicazione *mobile* di realtà aumentata, sviluppata mediante un linguaggio di programmazione visuale. Lo studio affronta il tema dell'inclusione-socio-culturale, sottolineando l'uso di tecnologie interattive per rendere più inclusiva la modalità di fruizione e accesso ad un bene digitale in contesti didattico-ludici e museali. L'obiettivo è definire una metodologia preliminare da sviluppare e sperimentare con ulteriori casi studio, con lo scopo di preservare un patrimonio culturale altrimenti inaccessibile e a rischio di scomparsa.

This contribution explores innovative approaches for the reconstruction of archaeological fragments of Attic amphorae. Starting from a review of existing techniques for the classification of artifacts, based on geometric-descriptive data, an integrated methodology has been developed for the ideal reconstruction of fragments through a computational approach, followed by their enjoyment in augmented reality. The phases of the investigation include the creation of a dataset of intact amphorae to compare with the analyzed fragment, in order to identify its typological family and the relevant geometric characteristics essential for its reconstruction. The use of artificial intelligence has enabled the generation of the missing decorative elements, while the application of 3D modeling techniques has facilitated the visualization of these representations on the ideally reconstructed surface. The result of this process is a mobile augmented reality application developed using a visual programming language. The study addresses the issue of socio-cultural inclusion, highlighting the use of interactive technologies to make the mode of enjoyment and access to a digital asset more inclusive in educational and museum contexts. The goal is to define a preliminary methodology to be developed and tested with further case studies, aiming to preserve a cultural heritage otherwise inaccessible and at risk of disappearance.

Introduzione

Il tema dell'accessibilità al patrimonio culturale è diventato un obiettivo prioritario per i ricercatori, i quali sono impegnati nello sviluppo di tecniche e modelli replicabili e adattabili finalizzati a sperimentare nuove modalità di fruizione e coinvolgimento. In questo contesto, le tecniche di Disegno e Rappresentazione rivestono un ruolo cruciale fornendo strumenti essenziali per la trasposizione di dati fisici e reali in forme digitali rappresentative. Il presente contributo si focalizza sulla ricostruzione dei frammenti archeologici delle anfore, attraverso l'analisi delle loro geometrie e delle decorazioni pittoriche che le caratterizzano. Questa ricerca si basa su precedenti studi che hanno esplorato vari aspetti della ricostruzione del patrimonio archeologico [Capone et al. 2024, pp. 181-199], impiegando tecniche di intelligenza artificiale e modellazione computazionale.

L'aspetto innovativo di questo studio risiede nello sviluppo e nell'applicazione di tecnologie di realtà aumentata (AR) per la fruizione delle ricostruzioni dei reperti. La fusione tra ricostruzione 3D e AR per il patrimonio culturale, infatti, sta attualmente diventando una tecnologia emergente [Panou et al. 2018, pp. 59-67] e che facilita la restituzione di un patrimonio non più accessibile. La sperimentazione è stata condotta analizzando il caso delle anfore attiche, la cui vasta quantità di esemplari rinvenuti consente un'accurata validazione delle ricostruzioni proposte. Questo studio intende declinare il tema dell'inclusione socioculturale e museale, con l'obiettivo di restituire un patrimonio culturale e archeologico che altrimenti rischierebbe di andare perduto.

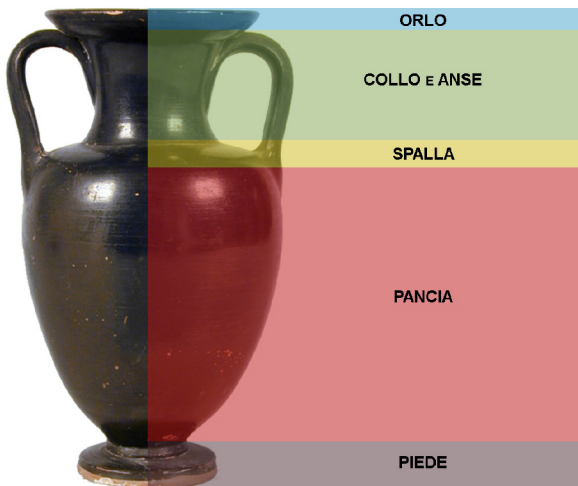
Lo stato dell'arte sulla ricostruzione automatica dei frammenti archeologici

Negli ultimi decenni, sono stati condotti numerosi studi per l'esplorazione di metodi avanzati relativi alla ricostruzione tridimensionale degli artefatti antichi, con l'obiettivo di ripristinarne l'aspetto originario [Belenguer & Vidal, 2012, pp. 275-282]. Tra i metodi proposti, quelli che sfruttano le proprietà geometriche, come l'inclinazione dei bordi dei

Copertina
Rappresentazione sintetica delle fasi metodologiche per la ricostruzione e fruizione dei frammenti archeologici. Immagine dell'autore.

Fig.01
Definizione del dataset, composto da manufatti simili per forma e stile delle raffigurazioni. Immagine dell'autore.

Fig. 02
Nomenclatura e scomposizione semantica di un anfora-tipo. Immagine dell'autore.



ORLO

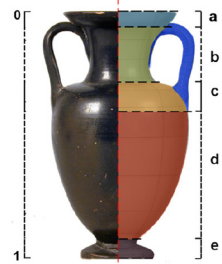
COLLO E ANSE

SPALLA

PANCIA

PIEDE

SEGMENTAZIONE ANALITICA



Semantic class. Height

a = Edge/Orlo	0,07
b = Neck/Collo	0,22
c = Stem/Spalla	0,11
d = Body/Pancia	0,52
e = Base/Piede	0,08
Total Height	1,00

frammenti, hanno mostrato particolare efficacia nel determinare la loro corretta orientazione spaziale [Rasheed & Nordin 2020, pp. 883-894]. I primi approcci al problema risalgono agli anni Settanta, quando furono sviluppati sistemi per individuare somiglianze tra oggetti classificati e i pezzi dei manufatti rinvenuti [Smith & Kristof 1970, pp. 634-655]. Successivi studi hanno sottolineato l'importanza della classificazione come fase cruciale per la ricostruzione, in quanto essa fornisce indicazioni fondamentali sulla possibile configurazione originaria dell'artefatto.

A tal fine, sono stati condotti diverse indagini volte a individuare le caratteristiche più affidabili per la ricostruzione. Tra queste si annoverano l'analisi della proprietà del colore e della consistenza [Smith et al. 2010, pp. 49-54], lo studio geometrico della linea di contorno della frattura [Leitao & Stolfi 2005, pp. 163-174] e le proprietà fotometriche del contorno [Oxholm & Nishino 2011, pp. 49-56].

L'integrazione dell'intelligenza artificiale (IA), in particolare mediante l'uso di reti neurali e tecniche di visione artificiale (*computer vision*), offrono un approccio sistematico per combinare le metodologie descritte. Queste tecniche, che includono *image classification*, *edge detection*, *pattern recognition* e *image processing*, si sono rivelate strumenti utili al riconoscimento di pattern, geometrie e pigmenti, fondamentali per la distinzione e classificazione dei manufatti. Un esempio recente di applicazione di queste tecniche di IA è rappresentato dal progetto "ArchAIDE" che ha portato allo sviluppo di un'applicazione *smartphone* per il riconoscimento e la classificazione automatica dei frammenti di ceramica rinvenuti negli scavi archeologici [Anichini et al. 2021, pp. 355-385].

La ricostruzione delle anfore attiche e l'applicazione AR

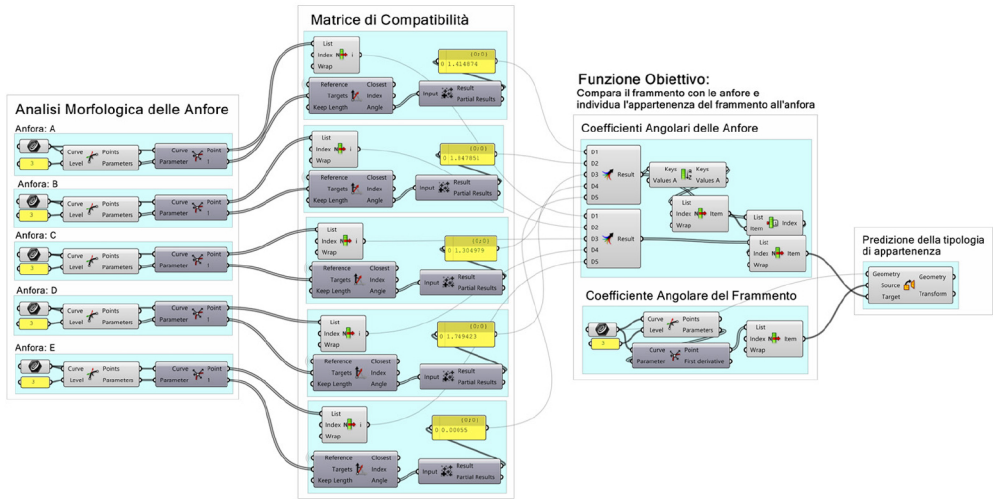
La metodologia sviluppata in questo contributo si articola in diverse fasi essenziali per avanzare nella sperimentazione proposta. Il processo di ricostruzione consiste in una sequenza di alcuni passaggi [Gomes et al. 2014, pp. 3-14], si comincia, infatti, effettuando una raccolta iniziale dei dati attraverso diverse tecnologie, tra cui quelle rilevanti per la ricostruzione dei manufatti storici, come: la fotogrammetria, la







Fig.03

Script visuale per il riconoscimento automatico della tipologia di anfore cui il frammento appartiene, mediante l'analisi delle curvature. Immagine dell'autore.

Fig. 04

Individuazione della famiglia di appartenenza del frammento attraverso la comparazione automatica con le anfore presenti nel dataset. Immagine dell'autore.



Anfora: A	Anfora: B	Anfora: C	Anfora: D	Anfora: E	Frammento
					
30%	10%	35%	15%	98%	
✗	✗	✗	✗	✓	

triangolazione e scansione laser a tempo di volo, l'uso della luce strutturata, i sensori ottici stereo-calibrati e il lidar [Boboc et al. 2022]. I dati raccolti vengono organizzati in un *dataset* (fig. 1) e classificati secondo una discriminante in grado di distinguere le diverse tipologie riscontrate.

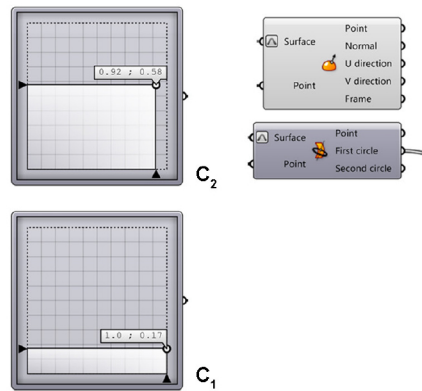
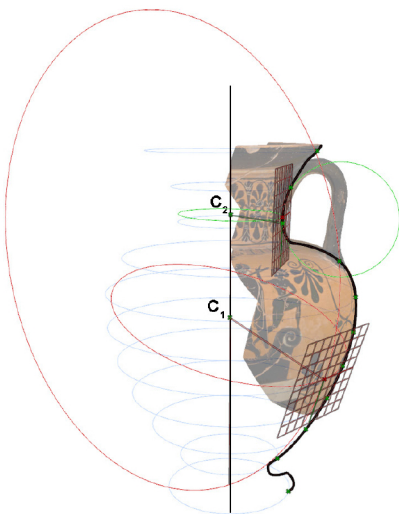
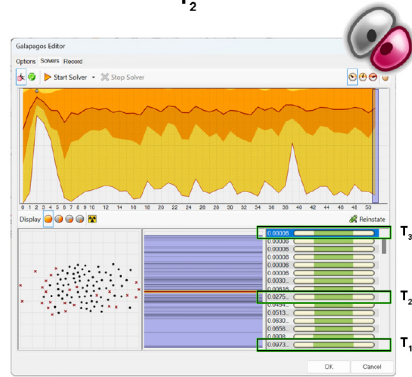
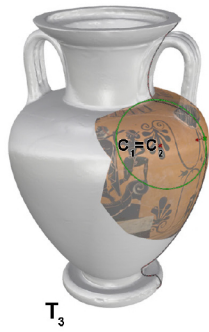
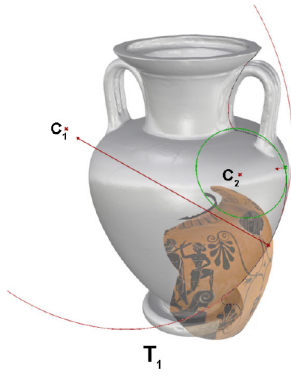
Prima di procedere con la ricostruzione di un frammento campione, è utile fornire alcune precisazioni sulla nomenclatura e sulle diverse tipologie di anfora, al fine di chiarire il contesto semantico dell'oggetto di studio e facilitare la comprensione del sistema di classificazione adottato. Le parti principali di un'anfora includono orlo, collo e anse, spalle, pancia e piede (fig. 2), le variazioni nei rapporti e nelle dimensioni di queste componenti rappresenta la discriminante con cui sono state individuate le diverse famiglie di anfora nell'ambito di questa ricerca. In particolare, le anfore attiche, oggetto preso in esame per questa analisi, sono facilmente riconoscibili per la loro caratteristica forma geometrica, in quanto solitamente riconoscibili per la presenza di un piede piatto, una pancia ovoidale e figure nere su sfondo rosso, o viceversa.

Un passaggio fondamentale per il riconoscimento tipologico del frammento è rappresentato da un approccio di modellazione computazionale. Utilizzando un linguaggio di programmazione visuale come Grasshopper è stato possibile elaborare uno *script* (fig.3) in grado di analizzare automaticamente la curvatura della superficie del frammento e compararla analiticamente con la curvatura delle superfici delle anfore intere, presenti all'interno del *dataset*. Quest'algoritmo esprime, in termini percentuali, il grado di corrispondenza tra un frammento campione e un *dataset* di riferimento, permettendo di stimare e identificare la possibile famiglia di appartenenza dell'oggetto da ricostruire. Se la percentuale di compatibilità supera una certa soglia di affidabilità, ad esempio fissata al 90%, il frammento viene attribuito con sicurezza alla tipologia identificata (fig. 4).

Una volta individuata la famiglia tipologica a cui il frammento appartiene, è possibile stimarne la forma geometrica integrale per la ricostruzione. Tuttavia, prima di procedere, è necessario determinare a quale specifica porzione semantica del profilo dell'anfora il frammento corrisponde. Il metodo, dunque, prevede la selezione di un punto arbitrario lungo

Fig. 05
Individuazione della posizione corretta del frammento lungo una generatrice qualsiasi della superficie intera, mediante l'algoritmo di ottimizzazione: "Galapagos".
Immagine dell'autore.

Fig. 06
Individuazione dell'asse, mediante i cerchi osculatori, e ricostruzione ideale del frammento.
Immagine dell'autore.



il profilo del frammento e, mediante l'uso di un cerchio osculatore, si analizza la curvatura nell'intorno del punto scelto. Successivamente, dal *dataset*, si considera un'anfora-tipo della famiglia precedentemente identificata e si esamina la curvatura di tutti i punti lungo il suo profilo. L'idea principale consiste nel confrontare il cerchio osculatore del frammento con i cerchi osculatori corrispondenti ai punti lungo il profilo dell'anfora intera e individuare dove i due cerchi selezionati si eguagliano. Se la distanza tra i centri dei due cerchi si riduce a zero allora si è individuata la medesima curvatura, ossia la corretta posizione del frammento lungo il profilo dell'anfora cui esso appartiene (fig. 5). Per automatizzare l'analisi di tutti i punti, è stato impiegato un '*Evolutionary Solver*', ovvero 'Galapagos', una funzione di ottimizzazione presente in Grasshopper; in cui l'obiettivo, in questo caso, è stato impostato con lo scopo di minimizzare la distanza tra i centri dei due cerchi osculatori. Poiché il frammento è stato classificato sia tipologicamente che semanticamente, si dispone di una quantità sufficiente di dati per procedere alla sua ricostruzione ideale (fig. 6).

A seguito della modellazione geometrica dell'intero manufatto, è possibile utilizzare alcuni strumenti di intelligenza artificiale come gli algoritmi generativi di immagini per ricostruire, a partire dalle decorazioni presenti sul frammento, l'intera raffigurazione vascolare che avrebbe potuto caratterizzare l'anfora (fig. 7). Attraverso operazioni di *unwrap* e *UV mapping* (fig. 8), implementate all'interno di *software* come Blender, l'immagine generata può essere applicata alla superficie dell'anfora ricostruita; in questa fase, l'impiego dell'intelligenza artificiale risulta una risorsa di grande interesse per la ricostruzione delle decorazioni pittoriche.

La necessità di sviluppare metodi innovativi per digitalizzare i reperti del patrimonio culturale in contenuti 3D prontamente utilizzabili sta diventando una priorità, man mano che la realtà aumentata ottiene maggiore attenzione nel settore della conservazione e fruizione di beni storici. Nella presente metodologia è stato, dunque, messo a punto un flusso di lavoro pratico per la visualizzazione in tempo reale dei frammenti ricostruiti nella loro interezza. L'applicazione di realtà aumentata è stata sviluppata utilizzando il programma Unreal Engine 5, noto per la sua versatilità nella creazione di

Fig. 07
Ricostruzione di un frammento e delle sue raffigurazioni pittoriche, mediante l'uso di strumenti di IA generativa. Immagine dell'autore.

Fig. 08
Procedimento di Unwrap e UV Mapping eseguito su "Blender" per applicare la texture generata sull'anfora ricostruita. Immagine dell'autore.



Input: Frammento

Prompt: "Amphora neck reconstruction with handles"

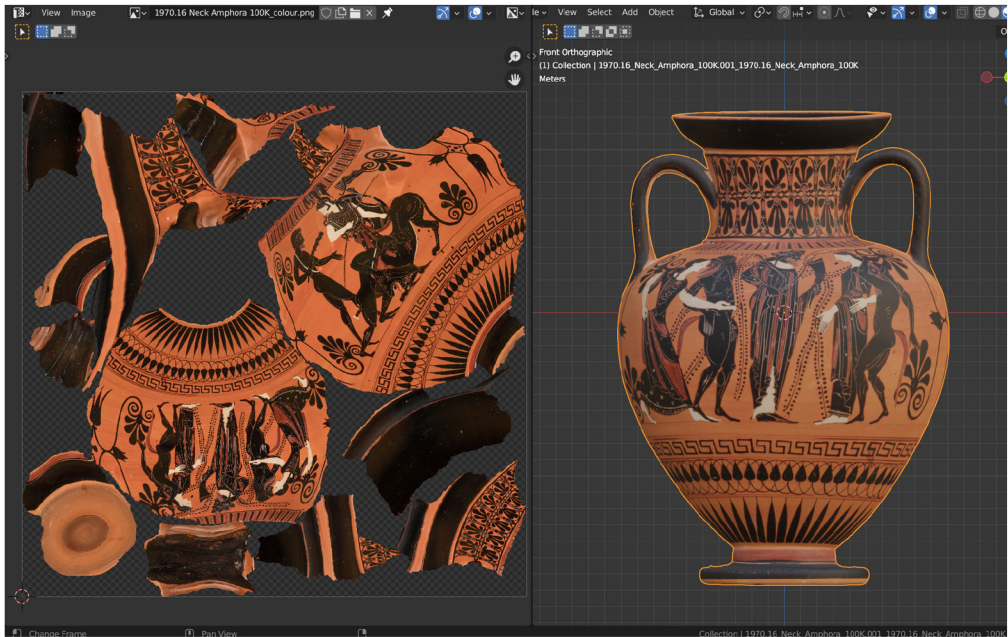


Output - 1



Output - 2

Ps



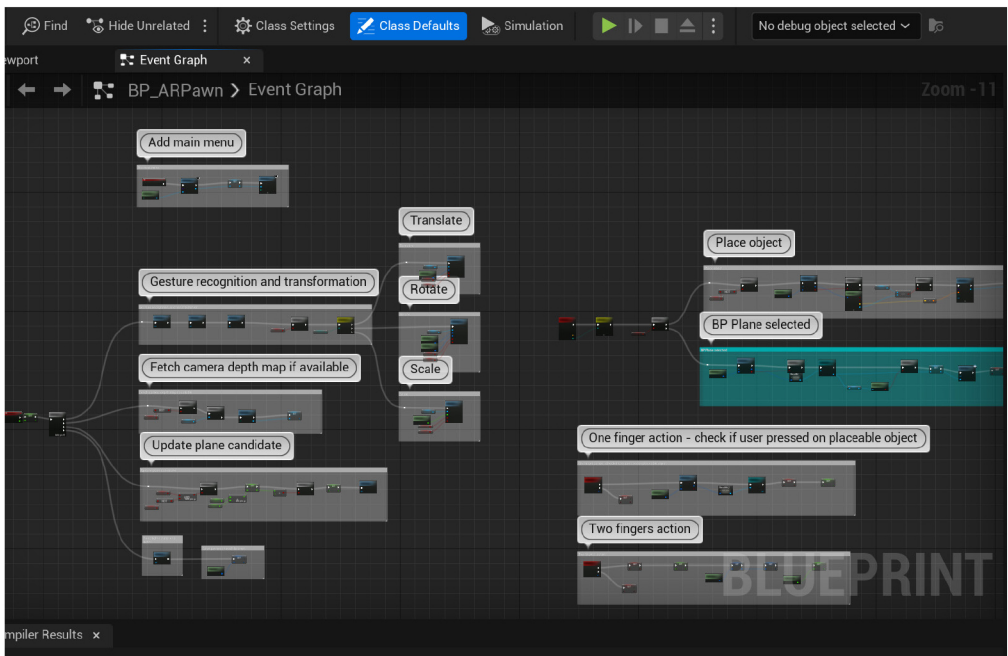
piattaforme di videogiochi e applicazioni AR. Un vantaggio distintivo di questo *software* è l'utilizzo dei *blueprints*, ovvero un sistema di programmazione visuale basato su nodi e componenti (fig. 9), in cui sono racchiuse le istruzioni che associano specifici gesti dell'utente a funzioni operative. Queste funzioni includono movimenti come traslazione, rotazione e scala, consentendo a chi lo utilizza di interagire in modo dinamico con l'oggetto 3D presente nella scena. Il *software*, inoltre, permette il trasferimento dell'applicazione su dispositivi *smartphone* (fig. 10), rendendo così la fruizione del manufatto ricostruito in realtà aumentata ulteriormente accessibile agli utenti.

La realtà aumentata come strumento educativo e accessibile

Il tema dell'accessibilità e dell'inclusione socio-culturale nell'educazione ha assunto crescente rilevanza, soprattutto con l'avvento di tecnologie come la Realtà Aumentata (AR). L'integrazione dell'AR nei processi educativi risponde alle nuove esigenze didattiche, facilitando e stimolando l'apprendimento attraverso modalità di interazioni più coinvolgenti e interattive. La capacità di questa tecnologia di stimolare aspetti chiave nella trasmissione delle conoscenze risulta essere particolarmente in linea con i principi delle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni (ICT) [Boetti 2023]. Tra i numerosi vantaggi offerti dall'AR vi è la possibilità di favorire una comprensione approfondita degli argomenti trattati, abbattere le barriere linguistiche, promuove lo sviluppo del lavoro di squadra e rafforza la connessione sociale tra gli individui. In questo contesto, l'accessibilità educativa riflette una condizione socio-culturale per cui sia gli strumenti tecnologici che il sistema educativo devono necessariamente adattarsi alle esigenze delle nuove generazioni, le quali vivono in un ambiente ormai sempre più iperconnesso. Tali tecnologie, se adeguatamente sfruttate, possono offrire opportunità per l'implementazione di metodi didattici innovativi, finalizzati a coinvolgere attivamente gli studenti.

Nel caso studio della presente ricerca, l'applicazione AR progettata vuole essere un primo esperimento per la

Fig. 09
Sviluppo dell'applicazione di AR mediante l'uso del linguaggio di programmazione visuale dei blueprint. Immagine dell'autore.



restituzione di un patrimonio perduto fruibile in contesti educativi, dove l'interazione con i reperti archeologici può fungere da pretesto per la creazione di percorsi di apprendimento strutturati. Tali percorsi possono essere personalizzati, calibrando i contenuti in base al livello di conoscenza o al grado di attenzione del singolo studente. L'impiego dell'intelligenza artificiale rappresenta nuovamente una risorsa di grande valore, in quanto consente lo sviluppo di sistemi capaci di adattare in tempo reale il livello di trasmissione ed erogazione dei contenuti didattici in risposta ai feedback derivanti dall'interazione dell'utente. Questi sistemi attraverso l'analisi continua delle interazioni, possono modulare dinamicamente la complessità delle informazioni, garantendo un apprendimento più personalizzato e in linea con le esigenze cognitive del singolo individuo.

In conclusione, con un approccio pedagogico consapevole, l'AR ha il potenziale di divenire uno strumento efficace per promuovere un'educazione più equa e inclusiva, in grado di rispondere alle esigenze di una società sempre più eterogenea, rispettando i principi fondamentali di inclusione e accessibilità socio-culturale.

Conclusioni

L'esito di questa indagine rappresenta un primo approccio preliminare alla tematica della rappresentazione e ricostruzione di un patrimonio archeologico altrimenti inaccessibile, che si innesta all'interno di un percorso di ricerca più ampio. Questa sperimentazione offre notevoli possibilità di sviluppo e miglioramento, con la prospettiva di implementare e perfezionare la metodologia fino a realizzare un prodotto finito applicabile in molteplici contesti e ambiti didattico-scientifici. Tuttavia, attualmente, uno dei limiti di questa sperimentazione risiede nell'aver applicato le tecniche individuate a un unico casto studio. Tra gli obiettivi futuri, si prevede di estendere la metodologia a nuove tipologie di anfore, con l'intento di arricchire e addestrare il *dataset* in modo più strutturato.

Il caso delle anfore, infatti, costituisce solo una fase preliminare. Le tecniche qui sviluppata potranno essere estese anche ad altre tipologia di oggetti, nonché a monumenti e

Fig. 10
L'applicazione di realtà virtuale, realizzata mediante Unreal Engine 5.3, per la fruizione del patrimonio archeologico. Immagine dell'autore.



strutture architettoniche che, per via delle loro diverse dimensioni e caratteristiche, comportano nuove sfide tecnologiche e metodologiche. Dal punto di vista della fruizione, l'implementazione di un'applicazione *mobile* rappresenta una grande opportunità per rendere accessibili contenuti culturali e artistici a un pubblico sempre più ampio e diversificati [Laudazi et al. 2014, pp. 12-17]. Questo approccio può essere ulteriormente sviluppato non solo nel contesto didattico, ma anche nell'ambito di percorsi museali inclusivi, con l'obiettivo di coinvolgere nuovi segmenti di pubblico attraverso ambienti multidimensionali capaci di far transitare i visitatori dal contesto fisico a quello digitale, offrendo opportunità di esplorazione inedite [Partarakis et al. 2022, pp.1-20; Trunfio et al. 2020, pp.1990-2008].

In definitiva, questa ricerca mira a sviluppare un prodotto versatile, capace da un lato di fungere da strumento di supporto per la classificazione rapida dei reperti archeologici, e dall'altro di essere utilizzato da utenti quali visitatori, appassionati e curiosi per esplorare e riscoprire un passato che merita essere preservato e valorizzato.

Bibliografia

- Anichini F., Dershowitz N., Dubbini N., Gattiglia G., Itkin B., Wolf L. (2021). The automatic recognition of ceramics from only one photo: The ArchAIDE app. In *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 36.
- Belenguer C. S., Vidal E. V. (2012). Archaeological fragment characterization and 3d reconstruction based on projective GPU depth maps. In *IEEE 18th International Conference on VSMM*, pp. 275-282.
- Boboc R. G., Băutu E., Gîrbacia F., Popovici N., Popovici D. M. (2022). Augmented Reality in Cultural Heritage: An Overview of the Last Decade of Applications. In *Applied Science*, n. 19, vol. 12.
- Boetti G. (2023). *La realtà aumentata e la realtà virtuale applicata al design*. Tesi di laurea in Design e Comunicazione, relatore prof. M. Monetti. Politecnico di Torino.
- Capone M., Cicala A., Barile G., Nigro E. (2024). AI for Archaeological Heritage Applications. In Giordano A., Russo M., Spallone R. (a cura di). *Advances in Representation. Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction (DIAEC)*, pp. 181-199. Cham: Springer.

- Gomes L., Bellon O. R. P., Silva L. (2014). 3D Reconstruction Methods for Digital Preservation of Cultural Heritage: A survey. In *Pattern Recognition Letter*, vol. 50, pp. 3-14.
- Laudazi A., Boccaccini R. (2014). Augmented museums through mobile apps. In *Proceedings of the workshop on Horizon 2020 and Creative Europe vs. Digital Heritage*, n. 1336, pp. 12-17.
- Leitao, H. C., & Stolfi, J. (2005). Measuring the information content of fracture lines. *International Journal of Computer Vision*, 65, 163-174.
- Oxholm G., Nishino K. (2011). Reassembling thin artifacts of unknown geometry. In *The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage Vast*, pp. 49-56.
- Panou C., Ragia L., Dimelli D., Mania K. (2018). Outdoors Mobile Augmented Reality Application Visualizing 3D Reconstructed Historical Monuments. In *Proceedings of the 4th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management*, pp. 59-67.
- Partarakis N., Zabulis X., Foukarakis M., Moutsaki M., Zidianakis E., Patakos A., Tasiopoulou, E. (2022). Supporting sign language narrations in the museum. In *Heritage*, vol. 5, n. 1, pp. 1-20.
- Rasheed N. A., Nordin M. J. (2020). Classification and reconstruction algorithms for the archaeological fragments. In *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 32, n.8, pp. 883-894.
- Smith P., Bespalov D., Shokoufandeh A., Jeppson P. (2010). Classification of archaeological ceramic fragments using texture and color descriptors. In *IEEE, Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pp. 49-54.
- Smith, R. W. (1970). Computer helps scholars re-create an Egyptian temple. *National geographic*, 138(5), 634-655.
- Trunfio, M., Campana, S., & Magnelli, A. (2020). Measuring the impact of functional and experiential mixed reality elements on a museum visit. *Current Issues in Tourism*, 23(16), 1990-2008.