

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

Original

Fruizione aumentata del patrimonio perduto: configurazione degli embrici delle cupole napoletane / Barile, Gianluca; Rimella, Nicola; Ugliotti, Francesca Maria. - ELETTRONICO. - (2024), pp. 90-107. (DAI - Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione - 2024 Roma (Ita) 5-6 dicembre 2024).

Availability:

This version is available at: 11583/2995355 since: 2024-12-13T15:13:30Z

Publisher:

PUBLICA

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

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**
*Maria Cristina Azzolino, Michela Barosio, Giulia Bertola,
Martina Crapolichio, Rossella Gugliotta, Angela Lacirignola,
Martino Pavignano, Francesca Ronco, Ursula Zich* 122

**La ricostruzione automatica e la fruizione aumentata
dei frammenti archeologici**
Gianluca Barile 146

**Il coro ligneo della Basilica di San Giorgio Maggiore
a Venezia. La fruizione tattile per la conoscenza
culturale**
Sonia Mollica, Giulia Piccinin, Antonio Calandriello 162

**Microarchitetture sperimentali
per la rifunzionalizzazione degli spazi nella scuola
post-pandemica**
Daniela Ladiana, Chiara Iacovetti 176

**Spatial representation and psychological well-being:
new digital perspectives on environmental
psychology**
Piergiuseppe Rechichi, Gianluca Sesso 188

FOCUS 2

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione cognitiva

***The Algorithm as Therapy. Secret Talks, a case study of
the design and development of Digital Therapeutics***
Giorgio Buratti, Yingfei Zhu 210

**Museum Accessibility. A Framework based
on a Didactic Studio**
Dina Riccò, Weihuan Hou 226

**Neurodiversità e spazi verdi urbani. Soluzioni
per giardini sensoriali e terapeutici**
Cristiana Cellucci 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

**Un disegno per i bambini. Esperienze di inclusione
socio-culturale.**

Luigi Corniello

600

Presentazione

Tommaso Emler

Sapienza Università di Roma

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura

tommaso.empler@uniroma1.it

L'accessibilità e l'*Universal Design* sono temi che hanno acquisito una grande importanza nelle società contemporanee, riflettendo una trasformazione culturale che va oltre la semplice attenzione alle disabilità. Oggi, più che mai, la ricerca e la progettazione sui temi dell'accessibilità sono visti come una necessità fondamentale per garantire pari opportunità a tutti, senza distinzioni, favorendo la partecipazione attiva e il benessere di ogni individuo. Con il progredire delle tecnologie e dei modelli di progettazione, siamo chiamati a ripensare e migliorare costantemente gli spazi, i servizi e le interazioni che compongono la nostra vita quotidiana.

Il convegno si propone di esplorare l'evoluzione dell'accessibilità e dell'*Universal Design*, analizzando le sfide e le opportunità che caratterizzano il nostro tempo, con l'obiettivo di sollecitare i ricercatori, formare professionisti, sensibilizzare le istituzioni e cittadini riguardo alla fondamentale importanza di rendere ogni ambiente più fruibile. Il termine *Universal Design* è stato coniato negli anni '90 dal designer statunitense Ron Mace per descrivere un approccio che mira a creare ambienti, prodotti e servizi fruibili da tutti, prescindere dalle abilità fisiche, cognitive, culturali o economiche degli utenti. L'obiettivo è quello di progettare per la diversità, non come risposta a specifiche necessità, ma come un processo che considera le esigenze di tutti gli individui fin dal principio. Non si tratta solo di adeguamenti per disabili, ma di una visione olistica della progettazione per migliorare la qualità della vita per tutti.

Nel corso degli ultimi decenni, le politiche internazionali e nazionali in materia di accessibilità sono cambiate radicalmente, influenzando le decisioni politiche, architettoniche e urbanistiche. L'adozione dell'*Universal Design* ha contribuito in modo significativo a creare ambienti e tecnologie più aperti, dove la diversità è vista come un valore e una risorsa, e dove l'inclusività non è più considerata un'eccezione, ma la regola. Questo approccio ha avuto impatti significativi non solo nel campo dell'architettura e dell'ingegneria, ma anche in ambito tecnologico, educativo, sociale e culturale.

Quando parliamo di accessibilità, l'attenzione si concentra spesso sull'eliminazione delle barriere fisiche che impediscono la partecipazione alla vita sociale. Negli ultimi anni, si è assistito a una crescente attenzione nel progettare ambienti

senza ostacoli, da edifici pubblici ad ambienti urbani, con l'introduzione di rampe, ascensori, porte automatiche, segnali visivi e sonori, e altro ancora. Tuttavia, l'accessibilità va ben oltre l'eliminazione delle barriere architettoniche: oggi si estende anche al mondo digitale e alle piattaforme online, all'accesso alle informazioni, ai trasporti, ai servizi pubblici e privati, e alla cultura.

Il concetto di accessibilità si è evoluto da un'ottica di necessità per persone con disabilità, a una visione che riconosce la variabilità delle esigenze umane, considerando che ognuno, in momenti diversi della propria vita, può incontrare difficoltà di accesso, che siano temporanee o permanenti. Ad esempio, una persona che inizia a utilizzare un dispositivo mobile per la prima volta o una persona anziana che affronta problemi di vista o udito ha bisogno di un design pensato per facilitarne l'uso. L'accessibilità non riguarda solo le persone con disabilità, ma tutti gli individui, considerando i vari aspetti della vita quotidiana.

In quest'ottica, l'accessibilità implica un miglioramento del design e delle soluzioni tecnologiche, affinché siano adeguate a garantire a ciascuno la piena partecipazione alla vita sociale, culturale ed economica, contribuendo a un ambiente realmente inclusivo. A tal fine, le innovazioni tecnologiche hanno svolto un ruolo fondamentale, portando alla creazione di *software* e hardware che rispondono alle diverse esigenze, come i *software* di lettura per persone non vedenti, le interfacce utente semplificate, le applicazioni di traduzione in linguaggio dei segni, e molto altro.

L'*Universal Design* si differenzia dall'accessibilità tradizionale per il suo approccio proattivo e universale. L'*Universal Design* non si limita a rispondere alle necessità di una minoranza, ma intende anticipare e risolvere le difficoltà di accesso fin dalla fase di progettazione, in modo che il prodotto o lo spazio sia funzionale per chiunque, senza bisogno di modifiche o adattamenti successivi. Questo approccio non si applica solo agli spazi fisici, ma si estende anche ai sistemi tecnologici, ai servizi, alla comunicazione e all'informazione, cercando di integrare soluzioni che siano intuitive e fruibili da tutti.

Un buon esempio di *Universal Design* è l'adozione di dispositivi tecnologici che, senza adattamenti specifici, possono essere utilizzati da persone di diverse età e con diverse

abilità. L'utilizzo di design minimalista e intuitivo, di interfacce accessibili e di opzioni di personalizzazione, come il contrasto elevato o la modalità ad alto contrasto per chi ha difficoltà visive, sono tutte soluzioni che si riflettono in un design universale.

Le linee guida di *Universal Design* stabiliscono che ogni progettista dovrebbe pensare in termini di inclusività, cercando soluzioni che non solo soddisfano le esigenze immediate degli utenti, ma che possano essere apprezzate da una gamma più ampia di persone. Ciò implica l'adozione di un linguaggio progettuale che si avvicina il più possibile all'esperienza umana universale, rispondendo a bisogni che spaziano dall'accesso fisico alla fruizione digitale, dall'inclusione sociale alla partecipazione culturale.

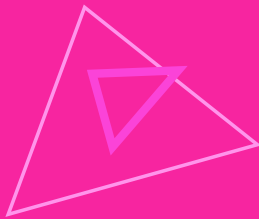
Nonostante i progressi, molte sfide restano ancora aperte, dalla scarsità di risorse destinate alla creazione di spazi accessibili, alla resistenza al cambiamento di alcuni settori. L'inclusione non riguarda solo l'adozione di tecnologie, ma implica un cambiamento culturale profondo. L'inclusività deve diventare parte integrante dei valori di una società, che si misura sulla capacità di adattarsi a tutte le diversità umane, non solo per una parte della popolazione.

Negli atti del convegno vengono approfondite queste tematiche, offrendo un'occasione di riflessione e discussione su come l'accessibilità e l'*Universal Design* siano strumenti fondamentali per una società più equa e facilmente fruibile, in grado di rispondere in modo adeguato alle esigenze di tutti i suoi membri, senza lasciare indietro nessuno.



FOCUS 1

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



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

Gianluca Barile¹, Nicola Rimella², Francesca Maria Ugliotti²

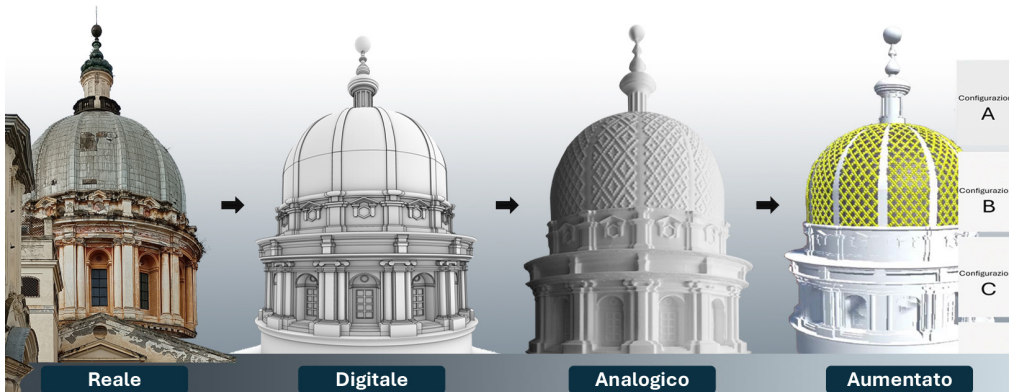
¹Università degli studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Architettura

²Politecnico di Torino

DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica

gianluca.barile@unina.it, nicola.rimella@polito.it, francesca.ugliotti@polito.it



documentazione storica
modellazione informativa
modello analogico
realtà aumentata
patrimonio intangibile

historical documentation
information modelling
analogue modeling
augmented reality
intangible cultural heritage

La sinergia tra digitalizzazione del costruito e tecnologie di visualizzazione promuove occasioni interessanti per la conoscenza diffusa delle città. Il contributo si sofferma sulla definizione di soluzioni narrative connesse al tema dell'inclusione socioculturale e museale finalizzate alla restituzione del patrimonio culturale intangibile. La Chiesa dello Spirito Santo a Napoli è utilizzata come caso studio pragmatico per declinare l'approccio di investigazione che richiama l'*Ekphrasis*. Tramite la modellazione digitale delle informazioni caratteristiche dell'opera, geometriche, materiche e funzionali, derivanti dall'analisi documentale, si ricerca la formalizzazione di una rappresentazione tangibile che svela elementi che altre fonti raccontano e descrivono. La stampa tridimensionale di modelli analogici e la sovrapposizione di informazioni digitali in realtà aumentata sono utilizzate per abilitare la fruizione del patrimonio nello spazio e nel tempo, recuperando configurazioni spaziali oggi perdute. Nel caso presentato, l'interpretazione geometrico-descrittiva dell'originale configurazione della cupola maiolicata della chiesa viene resa accessibile attraverso un linguaggio tattile e aumentato con particolare attenzione agli aspetti cognitivi e psicosensoriali persone fragili.

The synergy between the digitalisation of the built environment and visualisation technologies promotes interesting opportunities for widespread knowledge of cities. The contribution focuses on the definition of narrative solutions related to the theme of socio-cultural and museum inclusion aimed at the restitution of intangible cultural heritage. The Church of the Holy Spirit in Naples is used as a pragmatic case study to decline the investigation approach recalling the *Ekphrasis*. Through the digital modelling of the project's characteristic information, geometric, material and functional, deriving from documentary analysis, the formalisation of a tangible representation is sought that reveals elements that other sources explain and describe. The three-dimensional printing of analogue models and the superimposition of digital information in augmented reality are used to enable the fruition of heritage in space and time, recovering spatial configurations now lost. In the case presented, the geometric-descriptive interpretation of the original configuration of the church's maiolica tiled dome is made accessible through a tactile and augmented language with particular attention to the cognitive and psychosensory aspects of fragile people.

Introduzione

Osservando il panorama di Napoli, è impossibile non notare le numerose cupole e i campanili che emergono dal denso tessuto storico della città. In particolare, molti edifici religiosi si distinguono per la presenza degli embrici maiolicati, rivestimenti che conferiscono brillantezza e lustro alle loro strutture. Questi elementi decorativi, in alcuni casi, sono stati rimossi a causa di interventi di consolidamento strutturale che hanno portato alla perdita definitiva o non sono stati realizzati fin dall'origine. Oggi, grazie all'integrazione di tecnologie come la Realtà Aumentata (AR) e la stampa 3D, è possibile restituire visivamente e fisicamente questi elementi perduti. Il concetto di Reality-Virtuality Continuum [Milgram et al. 1995, p. 283] ha evidenziato il potenziale di questo approccio nei processi educativi e inclusivi. La AR può, infatti, arricchire la comprensione del patrimonio architettonico grazie alla sovrapposizione di contenuti digitali alle strutture fisiche per offrire un'esperienza interattiva e immersiva che rende accessibile a tutti la percezione dei manufatti storici.

Sono molti gli esempi in letteratura che mostrano come l'unione di modelli analogici e contenuti virtuali, fruibili tramite AR possano aumentare il coinvolgimento degli utenti [De Luca & Ugliotti 2022, pp. 205-210; Park et al. 2008, pp. 117-120]. Sperimentazioni su come aumentare il contenuto dei modelli analogici sono riportati in [Ugliotti & Osello 2018, pp. 3165-3171] dove gli autori hanno aumentato l'accessibilità tramite l'aggiunta di QR Code che, se scansionati, possono dare informazioni aggiuntive circa l'oggetto stampato in 3D. Oggi, grazie allo sviluppo hardware e *software* dei dispositivi mobili, possiamo integrare questi contenuti direttamente negli applicativi in modo riprodurre le descrizioni audio quando l'utente inquadra il modello analogico.

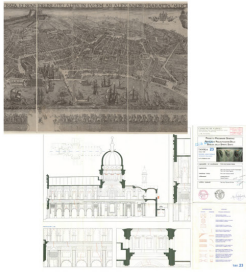
Il presente contributo si focalizza sulla ricostruzione degli embrici maiolicati perduti delle cupole delle chiese di Napoli. L'innovazione principale risiede nell'integrazione tra modellazione computazionale, stampa additiva [Montusiewicz et al. 2022], AR con l'obiettivo di riconfigurare il rivestimento della cupola. Sfruttando i modelli parametrici e computazionali, è stato possibile introdurre regole geometriche per

Copertina
Rappresentazioni dal reale all'aumentato della cupola della Chiesa dello Spirito Santo a Napoli. Immagine degli autori.

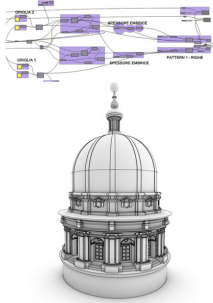
Fig.01
Metodologia di indagine applicata. Immagine degli autori.

Fig. 02
Rappresentazione fotografica della maestosa cupola della Chiesa dello Spirito Santo. Immagine degli autori.

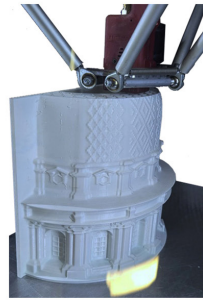
Analisi delle fonti



Modellazione geometrica-informatica



Prototipizzazione e fruizione



Inclusione socio-culturale

Fruizione Aumentata



Fruizione Tattile



riprodurre i motivi originari, creare configurazioni diverse e adattabili per ricostruire le varie versioni degli embrici, anche in base a ipotesi storiche o stilistiche. La stampa 3D, pur riproducendo fedelmente le forme degli embrici analizzate, non riesce a restituire la percezione data dai colori e dalle texture. Questa limitazione viene superata tramite la AR, che consente di completare l'esperienza, offrendo una fruizione visiva completa e interattiva. Questa sinergia unisce la riproduzione analogica e virtuale, permettendo non solo di preservare la conoscenza del patrimonio architettonico, ma anche di esplorarne le varianti, favorendo una partecipazione più ampia e inclusiva, rendendo la storia e l'arte accessibili a un pubblico diversificato.

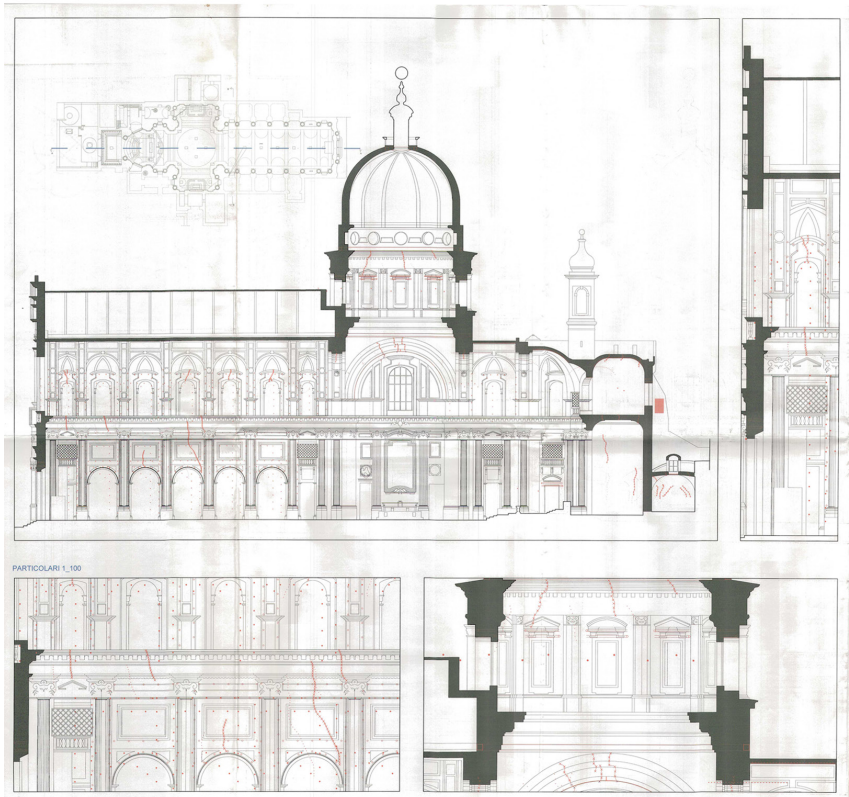
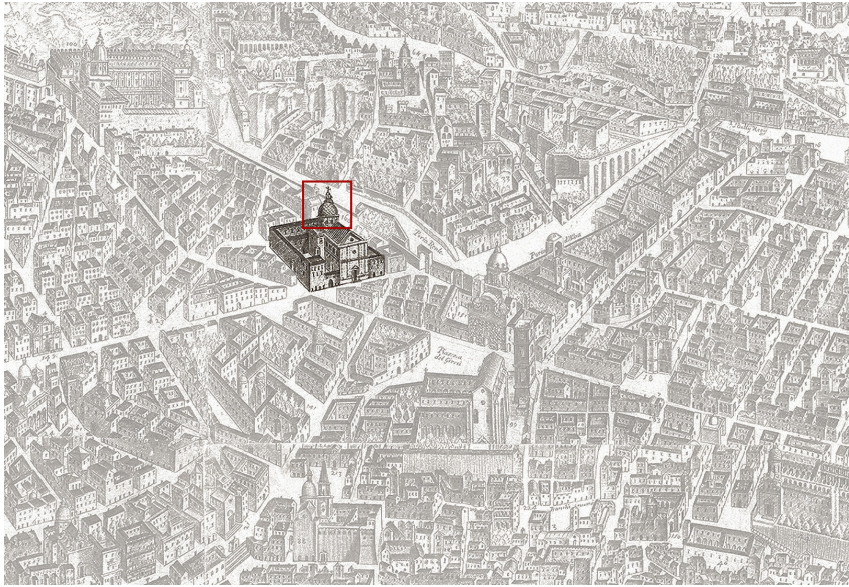
Metodi adottati

La metodologia adottata nel presente contributo finalizzato alla restituzione di un patrimonio storico e artistico perduto, si articola nelle seguenti fasi (fig.1). Partendo da un'accurata analisi storica, si individuano le regole geometriche degli embrici, modellati mediante un approccio geometrico-informativo, tale da fornire una replica virtuale della cupola utilizzata per la stampa 3D. Il modello additivo creato è, infine, associato a contenuti in AR in modo da permettere gli utenti di visualizzare le diverse configurazioni sviluppate tramite la modellazione computazionale. Nell'ambito dell'inclusione socio-culturale, l'impiego della stampa 3D consente di progettare esperienze tattili e percettive, diversificando le modalità di fruizione del patrimonio culturale per diverse categorie di utenti.

Nel caso specifico, il modello stampato è stato concepito secondo un sistema di pieni e vuoti [Stilo 2023, pp. 80-93]. Infatti, considerando che la principale configurazione cromatica delle cupole maiolicate napoletane prevede l'uso due colori principali, è stato deciso di attribuire: al colore dominante una superficie 'piena', mentre al secondario un 'vuoto'. Questo approccio si è rivelato efficace per trasporre la complessità geometrica e cromatica dei pattern maiolicati in una dimensione tattile, rendendoli così accessibili anche a chi si avvale del senso del tatto per esplorarli.

Fig.03
Particolare del complesso dello Spirito Santo.
Alessandro Baratta
Fidelissimae Urbis Neapolitanae [...] accurata et nova Delineatio, Ed. 1670, incisione, Napoli.

Fig. 04
Documentazione d'archivio relativa alla Chiesa dello Spirito Santo a Napoli. Documenti della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per il comune di Napoli.



Il caso studio della cupola dello Spirito Santo a Napoli

La città di Napoli testimonia un diffuso uso degli embrici maiolicati nel rivestimento di cupole, lanterne e bulbi campanari. Durante il regno aragonese furono importate le tecniche di rivestimento della pietra mediante l'uso di ceramiche colorate [Chiarenza & Messina 2020, p. 93], le cosiddette *rajolas* da cui il termine napoletano “a riggiola” [Penta 1999, p. 97].

Una tra le cupole che presentava queste ceramiche è la cupola della Basilica dello Spirito Santo a Napoli, edificata nella seconda metà del XVI secolo. Il complesso, e con esso la chiesa, sono stati interessati da importanti trasformazioni: la cupola è stata ricostruita su progetto di Mario Gioffredo, a causa delle lesioni riportate a seguito del terremoto del 1732 [Strazzullo 1953, p. 9], e, un secolo dopo, nel 1872 Errico Folinea fu incaricato di individuare i fenomeni di dissesto [Aveta 2014, pp. 96], ulteriori interventi di restauro sono stati condotti durante il XX secolo, ad esempio nel 1929 e quello più radicale avvenuto nel secondo dopoguerra ad opera di Marcello Canino [Capobianco 1990, pp. 7-38; Frediani 1990]. Osservando la maestosa cupola della Chiesa dello Spirito Santo, una tra le più alte degli edifici ecclesiastici napoletani, oggi si nota l'assenza degli embrici in ceramica (fig. 2) che, invece, l'avevano caratterizzata in passato.

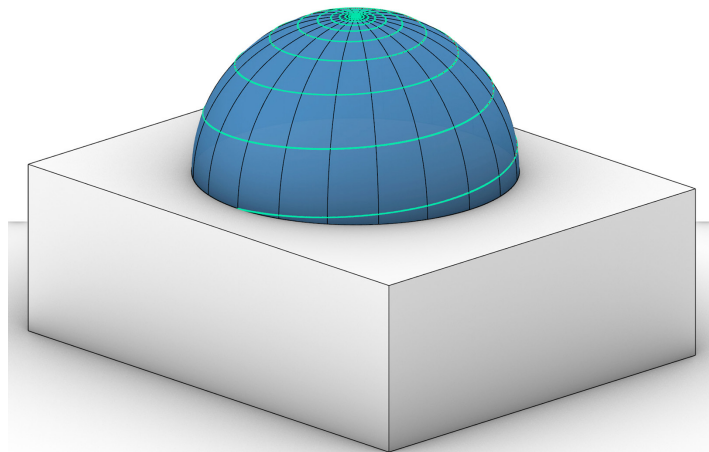
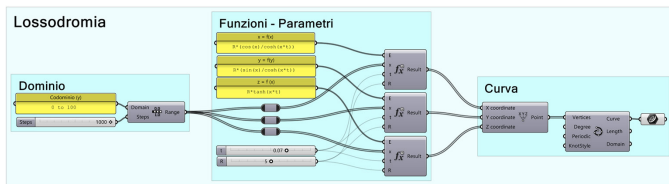
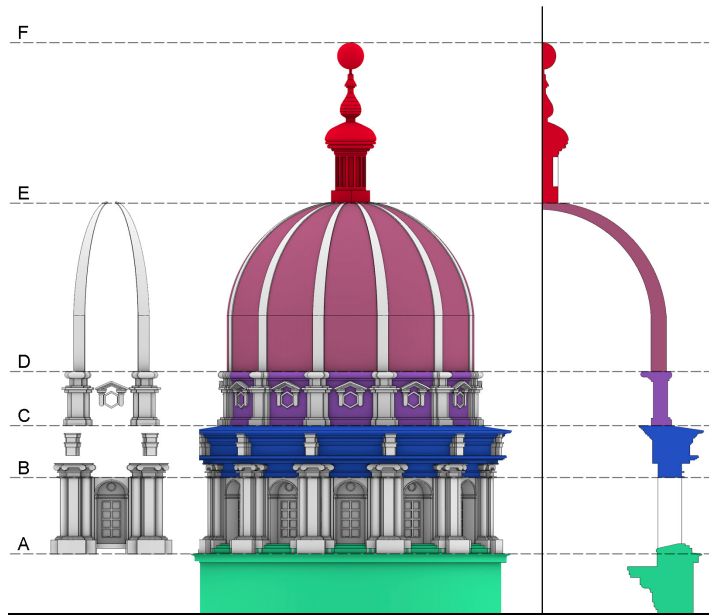
La ricerca è stata ispirata da precedenti articoli [Capone & Lanzara 2022, pp. 673-699], che hanno declinato le tematiche del patrimonio religioso napoletano in diversi modi [Zerlenga et al. 2022, pp. 525-543].

Fonti bibliografiche, archivistiche, e iconografiche

Nella strategia di indagine sono stati individuati gli strumenti di indagine con lo scopo di guidare la ricerca nel tentativo di riscoprire la configurazione più accurata possibile. Dall'incrocio di tali strumenti, bibliografici e iconografici, è stato possibile ipotizzare con buona affidabilità la presenza degli embrici sulla cupola della Basilica dello Spirito Santo nella sua veste cinquecentesca. Nell'ambito della ricerca bibliografica sono stati individuati alcuni testi che descrivono la presenza degli embrici sulla cupola. Secondo Colletta, nel

Fig.05
Modellazione della cupola e dell'apparato decorativo. Immagine degli autori

Fig.06
Rappresentazione computazionale della curva lossodromica. Immagine degli autori.



parlare della cupola dello Spirito Santo afferma: “sul transetto [...] si ergeva la cupola ad embrici maiolicata, poi totalmente rifatta nell’intervento settecentesco del Gioffredo” [Colletta 1976]. Queste descrizioni sono state confrontate con le fonti archivistiche ed iconografiche, a tal proposito, la seconda edizione della veduta del Baratta del 1670 testimonia in modo inequivocabile la presenza di alcune squame sulla cupola della Chiesa (fig. 3) e fornisce un inestimabile indizio per dare validità all’ipotesi ricostruttiva formulata. Le vedute del paesaggio di Napoli, infatti, sono una risorsa importantissima per studiare e analizzare il tessuto urbano storico della città e di come si sia evoluto nei secoli. Anche l’analisi degli archivi, come quello della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per il comune di Napoli, è stato uno strumento di indagine fondamentale, attraverso il quale sono stati reperiti i disegni (fig. 4) di alcuni rilievi della chiesa oggetto di analisi; essenziale per guidare il successivo processo di modellazione della relativa cupola.

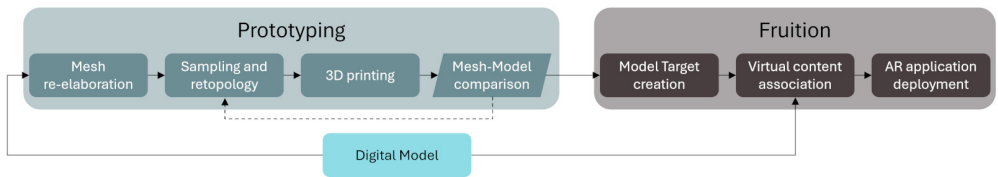
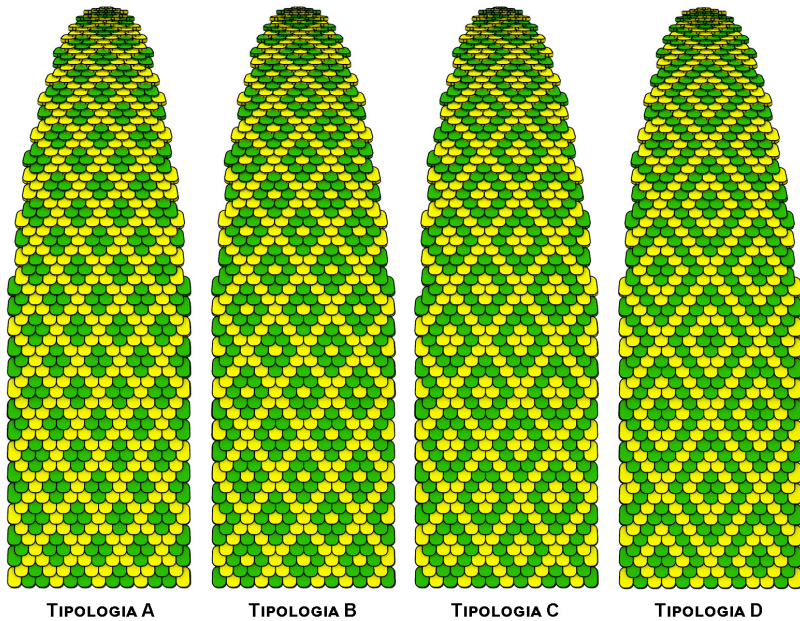
Dopo aver acquisito gli indizi che permettono di accertare con buona approssimazione la presenza di questi elementi decorativi, è stato necessario capire quale fosse il pattern geometrico che caratterizzava gli embrici della cupola. In tal caso, sono state studiate le configurazioni delle cupole che svettano nel panorama del paesaggio napoletano e che sono tutt’ora caratterizzate dalla presenza degli embrici maiolicati. Sono stati individuati, dunque, alcune tipologie ricorrenti con cui vengono configurati gli accoppiamenti cromatici degli embrici che definiscono il caratteristico pattern geometrico. Quest’analisi è stata dunque sviluppata più nel dettaglio nella fase successiva di modellazione ed è stata fondamentale per lo sviluppo dell’applicazione di realtà aumentata. Esaurite tutte le analisi introdotte dalla strategia di indagine, i materiali individuati sono stati elaborati nella fase successiva relativa alla modellazione geometrico-informativa.

Modellazione geometrico-informativa

La modellazione geometrica della cupola è stata condotta attraverso una scomposizione sistematica degli elementi

Fig. 07
Identificazione delle quattro tipologie ricorrenti di rivestimenti maiolicati delle cupole a Napoli, classificate come A, B, C e D. Immagine degli autori.

Fig. 08
Diagramma di flusso del processo di prototipazione e fruizione. Immagine degli autori.



che la costituiscono. Sulla base delle fonti archivistiche disponibili, sono stati ricavati i profili delle sezioni con cui è stata generata la superficie di rivoluzione di base. Su tale superficie sono stati individuati 6 registri fondamentali, utili per determinare con precisione la posizione corretta degli elementi decorativi (fig. 5).

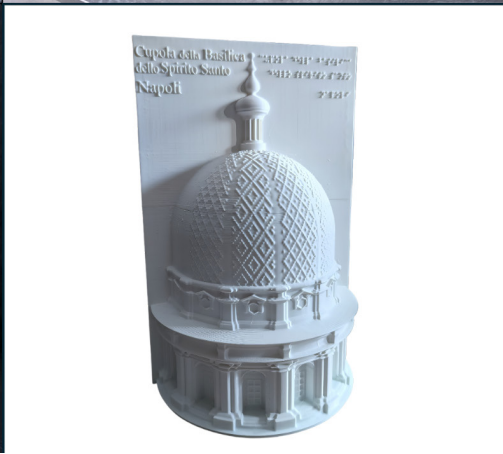
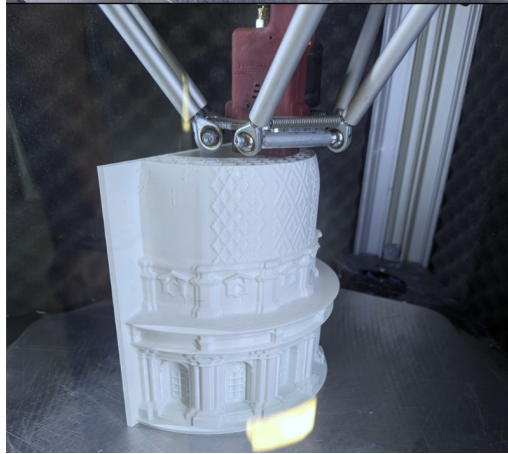
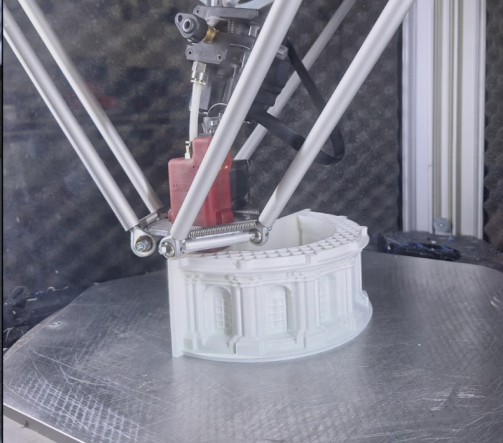
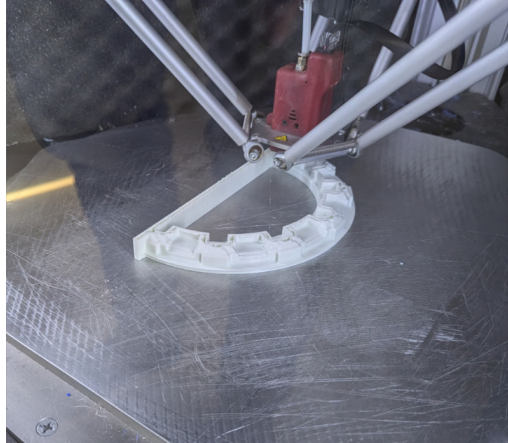
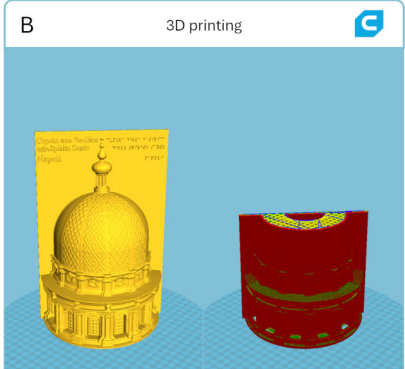
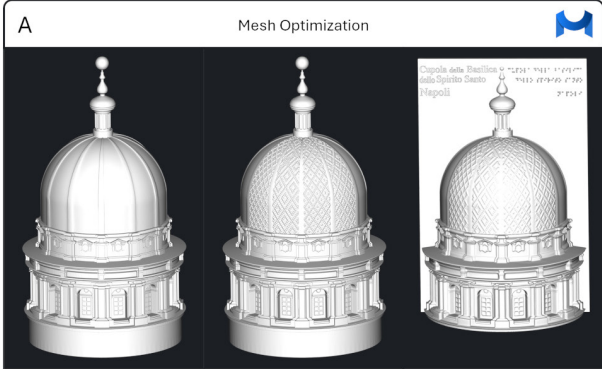
Dalla modellazione geometrica si è successivamente passati a una modellazione computazionale-informativa, che ha permesso di definire un algoritmo in grado di automatizzare e accelerare non solo la generazione degli embrici, ma anche di ottimizzare il controllo sulla disposizione e applicazione di questi elementi sulla calotta della cupola. Ciò che rende particolarmente interessante e affascinante la disposizione di tali elementi è il loro motivo geometrico definito in base all'accostamento cromatico dei singoli elementi. Prima di procedere con l'analisi dei pattern decorativi più diffusi a Napoli, è opportuno fare un passo indietro e comprendere la geometria sottesa a tali schemi. La curva tridimensionale che meglio si adatta al percorso di un singolo filare di embrici è la lossodromia (fig. 6), una curva tracciata su una superficie di rivoluzione che mantiene costante l'angolo rispetto ai meridiani (o paralleli) della superficie stessa [Conti et al. 2014, pp.65-86]. La prima tipologia individuata è composta solo dal fitto reticolo di lossodromie, che possiamo definire embrici a nucleo nullo (A), una seconda tipologia può essere definita a nucleo singolo (B), una terza tipologia, invece, a nucleo doppio (C) e a nucleo triplo (D) (fig. 7). Il secondo parametro che connota il pattern decorativo degli embrici maiolicati delle cupole è la scelta degli accostamenti cromatici tra le varie squame. In generale le tipologie più diffuse sono quelle policrome, caratterizzate dagli accoppiamenti di colore quali: bianco-blu, giallo-verde, giallo-blu.

Prototipizzazione e fruizione

Successivamente alla fase di modellazione geometrico-informativa i contenuti del modello digitale sono utilizzati come base per le successive fasi di prototipizzazione e sviluppo dell'applicativo in AR. Come mostrato nello schema

Fig. 09
Ottimizzazione della mesh per la stampa e visualizzazione del modello sul programma di configurazione. Immagine degli autori.

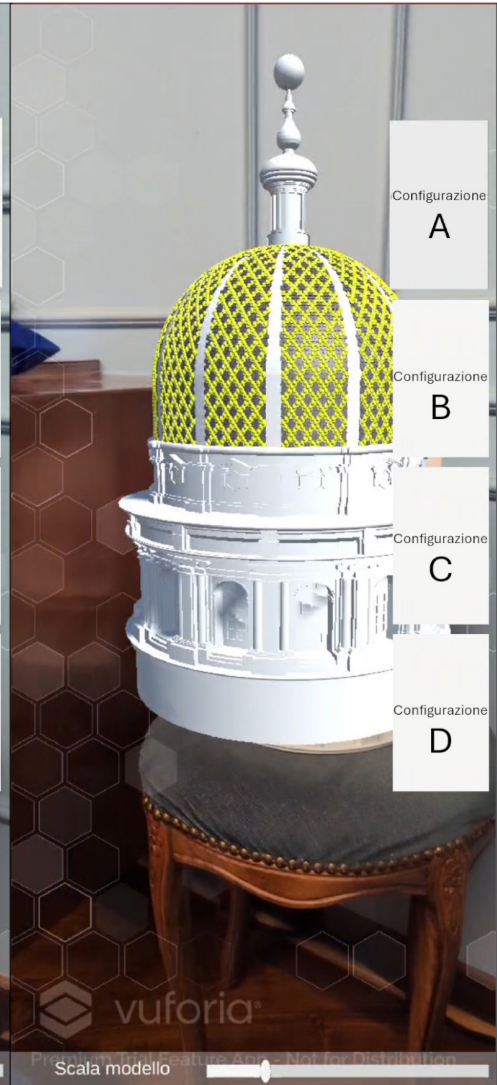
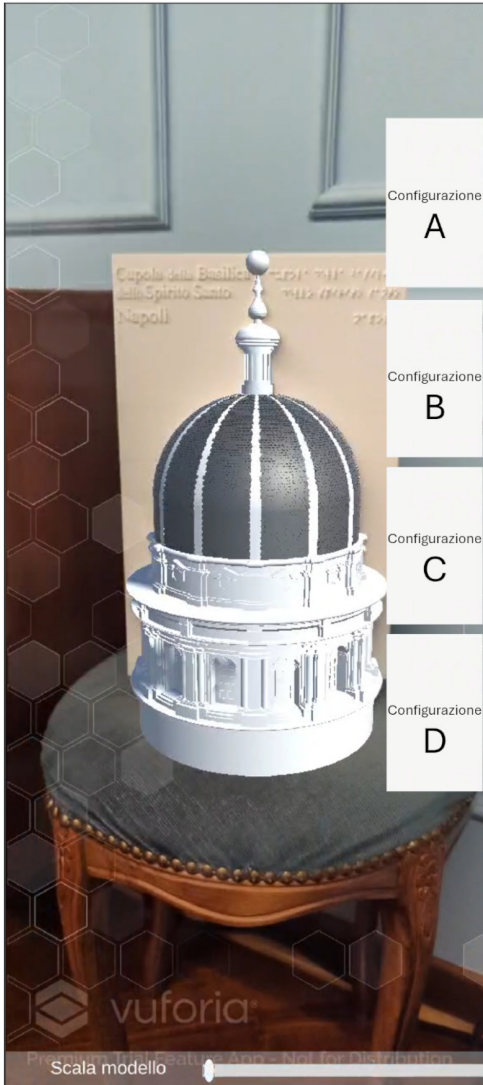
Fig. 10
Processo di stampa 3D. Immagine degli autori.



(fig. 8) la prototipizzazione parte dalla rielaborazione del modello digitale creato in precedenza in modo da realizzare un nuovo modello che, oltre ai particolari geometrici della cupola, viene addizionato degli elementi necessari a far comprendere le possibili configurazioni degli embrici. Per rendere accessibili tali contenuti anche a un pubblico non vedente le diverse configurazioni degli embrici sono state aggiunte al modello da stampare in modo da risultare in rilievo, rendendo possibile la comprensione dei motivi geometrici mediante il tatto. L'immagine (fig. 9) mostra i due passaggi necessari per eseguire correttamente la stampa. Innanzitutto, il modello viene semplificato e addizionato dei contenuti tattili (geometria degli embrici e descrizioni in Braille) (fig. 9A). Successivamente, il modello esportato in formato .stl viene importato nel *software* di configurazione per la stampa e esportato in formato .gcode (fig. 9B). Dopo tale elaborazione il modello prima di essere stampato deve essere semplificato e ottimizzato, in modo da far coincidere il livello di dettaglio del modello con quello della stampante selezionata. È utilizzata una stampante WASP 4070 con estrusore da 0.2 mm.

Successivamente alla parte di prototipizzazione (fig. 10) si passa alla fase di sviluppo dell'applicativo in AR per la fruizione aumentata del modello 3D. È essenziale verificare la corrispondenza tra file di stampa e oggetto stampato. I due modelli, infatti, devono essere identici per consentire lo sviluppo dell'applicativo in AR. Qualora si riscontrassero differenze è necessario tornare al processo di *sampling* e *retology* per modificare il livello di dettaglio e assicurare la corrispondenza. Per lo sviluppo dell'applicativo è stato scelto il *software* di *game engine* Unity3D [1] e la libreria *Open-Source* Vuforia [2]. Il primo passaggio consiste nella creazione del ModelTarget a partire dal file utilizzato per la stampa dell'oggetto tramite l'applicativo *Model Target Generator* sviluppato da Vuforia. Il *Target* così creato viene associato ai contenuti informati e geometri modellati in precedenza all'interno del modello digitale tramite Unity3D. La creazione di una semplice interfaccia consente all'utente dell'applicativo Android che viene sviluppato di interagire con il modello modificando la configurazione degli embrici e scalando il modello per apprezzarne meglio i dettagli (fig. 11).

Fig. 11
Interfaccia
dell'applicazione
Android. Immagine
degli autori.



Conclusioni

Il risultato di quest'applicazione (fig. 12) intende essere una strumentazione a supporto della conoscenza del patrimonio culturale che appartiene al passato e non è possibile fruire al giorno d'oggi. La metodologia descritta, applicata a un caso studio specifico, può essere ripetuta per consentire la mappatura di ulteriori cupole maiolicate andate perdute. La ricerca può essere ulteriormente arricchita perfezionando le modalità di accesso al bene culturale ed esplorando nuove forme di interazione con esso. L'applicazione sviluppata potrà essere ampliata e contestualizzata nell'ambito della progettazione di percorsi immersivi, sia visivi che tattili, destinati a mostre, esposizioni e musei, includendo l'aggiunta di effetti sonori, descrizioni audio e di tecniche di *machine learning*, in grado di generare delle interfacce capaci di apprendere dalle interazioni con gli utenti, rendendo l'esperienza dell'utente più immersiva e personalizzata. In conclusione, l'applicazione proposta non si limiterà ad essere uno strumento di supporto per l'informazione didattica, ma potrà diventare una risorsa interattiva per visitatori, appassionati e curiosi. Attraverso essa, sarà possibile esplorare e riscoprire le peculiarità architettoniche e culturali che in passato hanno caratterizzato il patrimonio di una città, rendendolo accessibile in modi innovativi e inclusivi.

Note di chiusura

- 1 <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
- 2 <https://developer.vuforia.com/library/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity>

Bibliografia

- Aveta C. (2014). Pel restauro della cupola della chiesa dello Spirito Santo. In Castagnaro A. (a cura di). *Memoria esplicativa del progetto d'arte. In Architetti e Ingegneri per Napoli: Progetti dal 1863 al 1898 nella Biblioteca dell'ANIAI Campania*, p. 96. Napoli: ArtstudioPaparo.
- Capobianco M. (1990). Marcello Canino tra le due guerre o della modernità inattuale. In *ArQ*, Vol. 3, pp. 7-38. Roma: Officina.

Fig. 12
Ipotesi ricostruttiva fruibile mediante un'applicazione di realtà aumentata, dal digitale al reale. Immagine degli autori.



- Capone M., Lanzara E. (2022). Parametric tools for Majolica Domes Modelling. In *Nexus Network Journal*, vol. 24, pp. 673-699. <<https://doi.org/10.1007/s00004-022-00605-z>> (consultato il 12 settembre 2024)
- Chiarenza S., Messina, B. (2020). Tracciati geometrici nei decori della ceramica vietrese. In *XY*, vol. 8, pp.100-115. <<https://doi.org/10.15168/xy.v4i8.152>> (consultato il 12 settembre 2024)
- Colletta T. (1976). Il sobborgo napoletano della Pignasecca e l'Isola dello Spirito Santo: Ricerche di Storie Urbana. In *Archivio Storico per le Province Napoletane*, n. 4, vol.14, p. 174. Napoli: Società Napoletana di Storia Patria.
- Conti G., Sedili B., Trotta A. (2014). Le curve Lossodromiche in Architettura. In *Science & Philosophy*, vol. 2, n.2, pp.65-86. <<https://eiris.it/ojs/index.php/scienceandphilosophy/article/view/272>> (consultato il 12 settembre 2024)
- De Luca D., Ugliotti F. M. (2022). Reality vs virtuality: the smart tactile path of the Gagna's Cenacolo at the Turin cathedral. In Gómez Chova L., López Martínez A., Candel Torres I. (a cura di). *Atti del 16th International Technology, Education and Development Conference. Valencia, 7-8 marzo 2022*, pp. 205-210. Valencia: IATED Academy.
- Frediani G. (1990). Marcello Canino e il rinnovamento della tradizione. In *ArQ Vol. 3*. Roma: Officina.
- Milgram P., Takemura H., Utsumi A., Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In H. Das (a cura di). *Telemanipulator and Telepresence Technologies. Atti del Photonics for Industrial Applications. Boston, 31 October - 4 November 1994*, vol. SPIE 2351. SPIE.
- Montusiewicz J., Barszcz M., Korga S. (2022). Preparation of 3D Models of Cultural Heritage Objects to Be Recognised by Touch by the Blind—Case Studies. In *Applied Sciences*, vol. 12(23), n. 11910.
- Park Y., Lepetit V., Woo W. (2008). Multiple 3D Object tracking for augmented reality. In Livingston M.A., Bimber O., Saito H. (a cura di). *Atti del 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. Cambridge, 15-18 settembre 2008*, pp. 117-120. Piscataway: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637336>
- Penta I. (1999). Gli embrici maiolicati. In Baculo R., Giusti R., Florio R., Di Luggo A. (a cura di). *Napoli versus coelum. La città e le sue cupole*, pp. 97-100. Napoli: Electa.
- Stilo F. (2023). Per un itinerario tattile del sotterraneo come luogo di culto in Calabria. In A. Sdegno, V. Riavis (a cura di). *Atti del II convegno DAI, Udine 1-2 dicembre 2023*, pp. 80-93. Alghero: Publica.
- Strazzullo F. (1953). *Il restauro settecentesco alla chiesa dello Spirito Santo a Napoli*, p. 9. Milano: Beato Angelico.

Ugliotti F. M., Osello A. (2018). Tactile experience enhanced by the challenge of digitalization. In Gómez Chova L., López Martínez A., Candel Torres I. (a cura di). *Atti del 11th International Conference of Education, Research and Innovation. Siviglia, 12-14 novembre 2018*, pp. 3165-3171. Valencia: IATED Academy.

Zerlenga O., Capone M., Lanzara E., Cirillo V. (2022). Rappresentare l'identità. Forma ovata e superficie maiolicata come linguaggio formale e decorativo dell'ordine domenicano a Napoli. In Raversi R., Ragione R., Colacci S. (a cura di). *Rappresentazione, Architettura e Storia. La diffusione degli ordini religiosi in Italia e nei Paesi del Mediterraneo tra Medioevo ed Età Moderna. Atti del Convegno Internazionale RAS Rappresentazione, Architettura e Storia. Roma, 10-11 maggio 2021*, pp.525-543. Roma: Sapienza Università Editrice.

<<https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>> (consultato il 12 settembre 2024)

<<https://developer.vuforia.com/library/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity>> (consultato il 12 settembre 2024)