POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Modellazione, digital fabrication e AR: un workflow per rendere fruibili le architetture di Mario Botta e le loro matrici geometriche generative

Original
Modellazione, digital fabrication e AR: un workflow per rendere fruibili le architetture di Mario Botta e le loro matrici geometriche generative / Ronco, F., Bertola, G., Pupi, E. - In: eXploA - Virtual journeys to discover inaccessible heritages / Stilo F., Castiglione V., Cazzaro I., Ceracchi M., Natta F., Pileri M., Pizzonia L., Tomalini A., Tomasella N., Trivi M. B.. - ELETTRONICO. - Alghero : Publica Sharing Knowledge, 2024. - ISBN 9788899586492. - pp. 371-381

Availability:
This version is available at: 11583/3001816 since: 2025-07-14T09:21:35Z

Publisher:
Publica Sharing Knowledge

Published
DOI:

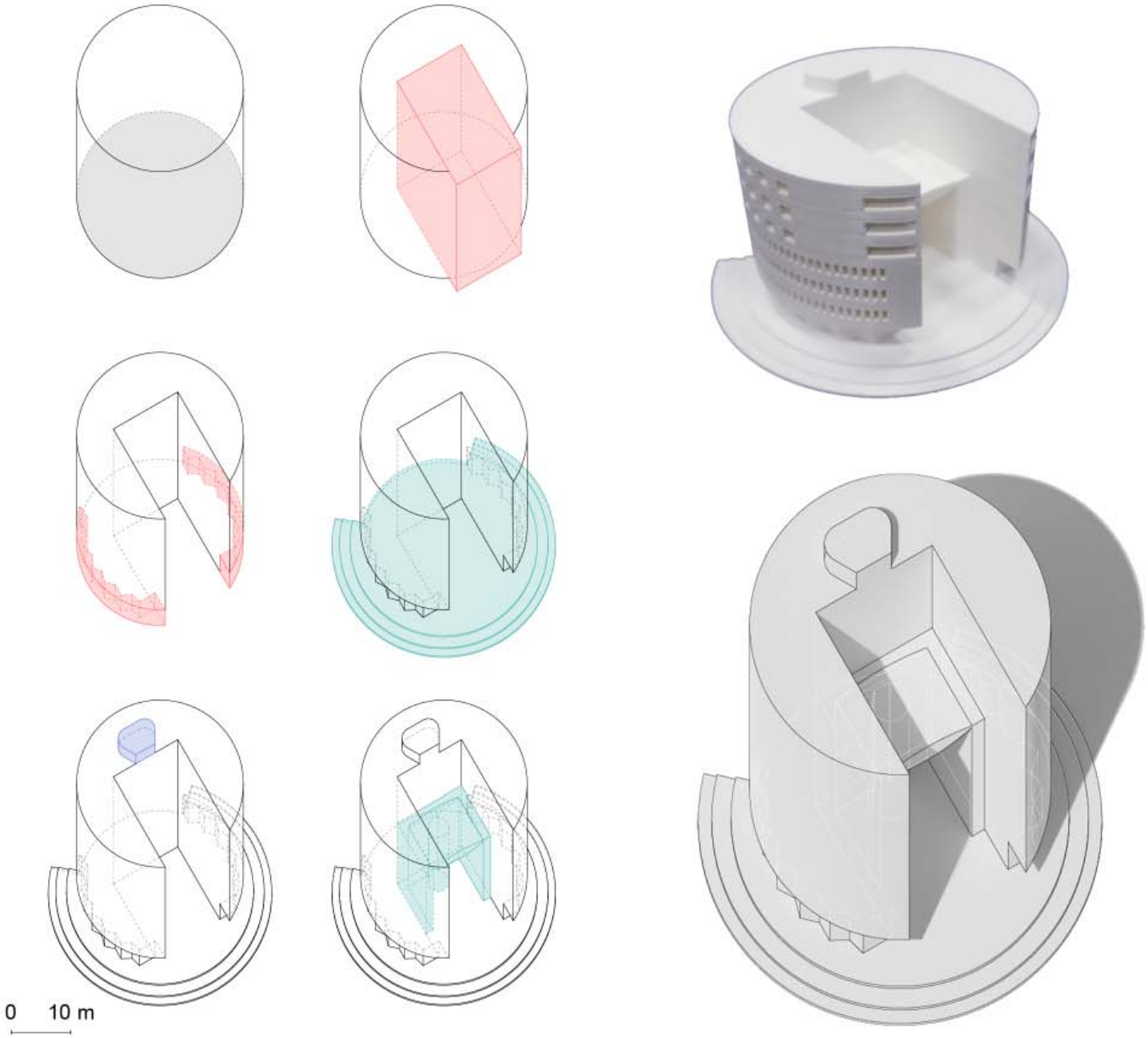
Terms of use:

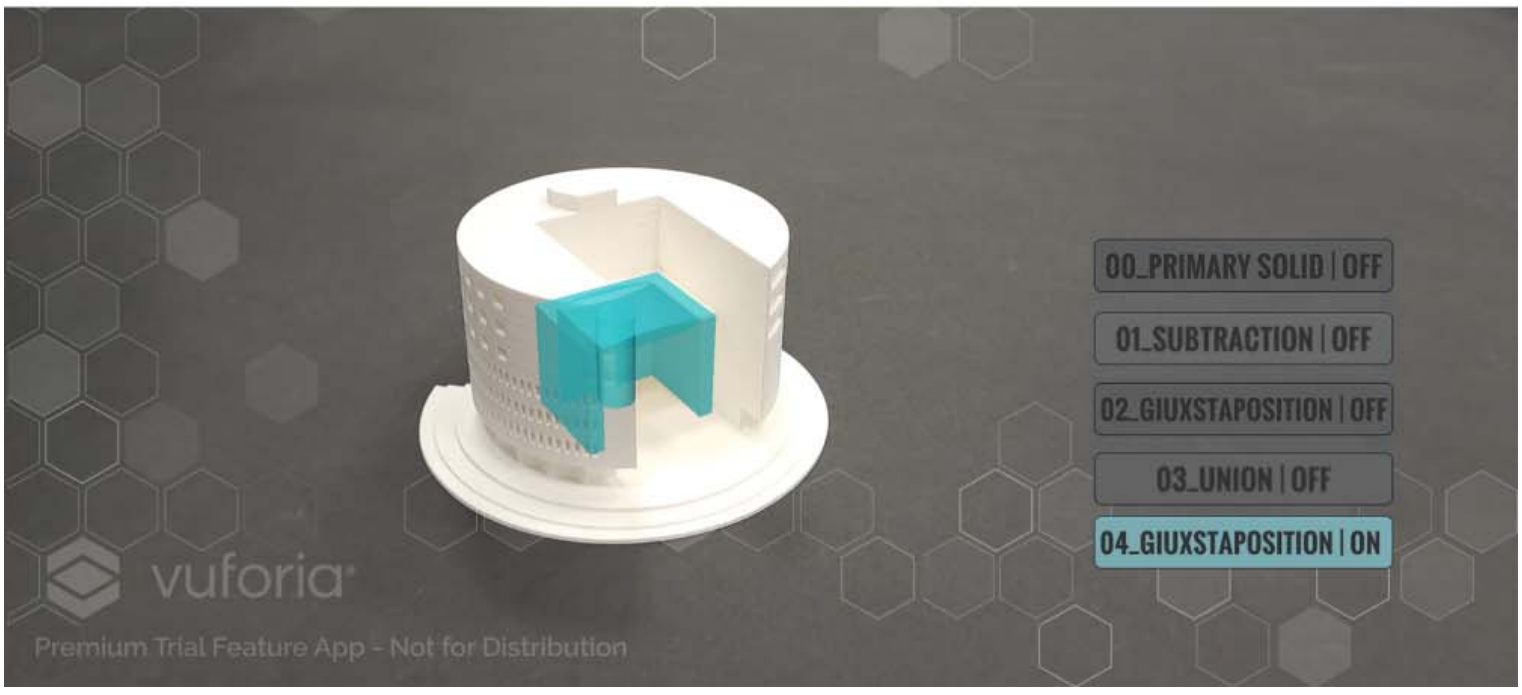
This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

17 November 2026


0 10 m


00_PRIMARY SOLID | OFF
01_SUBTRACTION | OFF
02_GIUXSTAPOSITION | OFF
03_UNION | OFF
04_GIUXSTAPOSITION | ON
vuforia
Premium Trial Feature App - Not for Distribution

Modellazione, digital fabrication e AR: un workflow per rendere fruibili le architetture di Mario Botta e le loro matrici geometriche generative

Francesca Ronco[1], Giulia Bertola[1], Enrico Pupi[1]

[1]Dipartimento di Architettura e Design - DAD, Politecnico di Torino, ITALY

francesca.ronco@polito.it; giulia.bertola@polito.it; enrico.pupi@polito.it

Parole chiave: Mario Botta; 3D modelling; Digital fabrication & AR; Geometrical operations.

Abstract

Il lavoro qui presentato si inserisce all'interno di uno studio più ampio riguardante la produzione architettonica di Mario Botta (93 opere dal 1959 al 2017) e incentrato sull'individuazione delle matrici geometriche generative delle sue architetture. Analizzando l'intera produzione architettonica di Botta si possono individuare operazioni geometriche ricorrenti che la rendono particolarmente interessante a livello didattico e di ricerca per il settore disciplinare della rappresentazione. Per rendere maggiormente accessibili questi contenuti si è proceduto con la definizione di un workflow basato sul ridisegno, la modellazione tridimensionale, la realizzazione di modelli fisici stampati 3D, successivamente 'aumentati' sovrapponendo reale-virtuale con tecnologie AR.

La modellazione digitale è stato il mezzo con cui il processo generativo delle forme architettoniche è stato esplicitato. Sviluppata in *Rhinoceros* e basata sui disegni disponibili sul sito dell'architetto, ha reso visibili le operazioni geometriche generatrici e trasformative del volume iniziale. A ciascuna di esse è stato dato un colore identificativo: unioni booleane, sottrazioni booleane, giustapposizioni, taglio/sezione e trasformazione della sezione lungo una traiettoria, detta *loft*. Sono stati modellati dodici casi studio che hanno consentito di determinare correlazioni tra le operazioni geometriche e caratteri compositivi e funzionali. Nello specifico viene qui presentato il lavoro svolto sul Centro Cinque Continenti di Lugano (1986-1992) in cui le operazioni geometriche sono volte a stabilire un rapporto dialettico tra l'edificio e il contesto esterno. Il modello rappresentativo della configurazione finale, risultato delle operazioni di trasformazione, è poi stato stampato 3D con tecnica FDM in PLA. Infine, applicata alla *maquette*, è stata realizzata un'esperienza AR con *Unity* combinato con *Vuforia Engine*. L'intento dell'applicazione è quello di sovrapporre le informazioni sulle operazioni geometriche al modello fisico, adottando l'ancoraggio model target. L'esperienza risulta inoltre interattiva, grazie alla presenza di bottoni che consentono di attivare i modelli virtuali delle diverse fasi dell'iter generativo.

Dal punto di vista dell'accessibilità, sebbene l'AR sia tipicamente vista come un'esperienza principalmente visiva, è possibile integrare informazioni audio per accompagnare l'esperienza aptica sul modello.

L'obiettivo finale dell'articolo è quello di presentare un workflow che si inserisce nel continuum reale-virtuale (modellazione virtuale, fabbricazione digitale e realtà aumentata) che consente di esplicitare i processi geometrico-compositivi sottesi alle opere architettoniche di Mario Botta. In questo modo si rende possibile visualizzare e gestire un'architettura nelle tre dimensioni, esplorando le sue principali caratteristiche morfologiche e favorendo la comprensione funzionale, oltre che geometrica.

Fig. 1 - Modello Cinque Continenti tra virtuale e reale (elaborazione grafica degli autori).

The work presented here is part of a larger study concerning Mario Botta's architectural production (93 works from 1959 to 2017) and focused on identifying the generative geometric matrices of his architectures.
To make the architectures and geometric transformations more accessible, a workflow was defined based on redrawing, three-dimensional modeling, making 3D printed physical models, later 'augmented' by superimposing real-virtual with AR technologies. Analyzing Botta's entire architectural output reveals recurring geometric operations that make it particularly interesting educationally for the subject area of representation. Digital modeling was the means by which the generative process of architectural forms was made explicit. Developed in Rhinoceros and based on drawings available on the architect's website, it made visible the generative and transformative geometric operations of the initial volume: boolean unions, boolean subtractions, boolean juxtapositions, cut/section, and section transformation along a trajectory, called loft. Twelve case studies were modeled to determine correlations between geometric operations and compositional and functional characters. Specifically presented here is the work done on the Five Continents Center in Lugano (1986-1992) in which geometric operations are aimed at establishing a dialectical relationship between the building and its external context.
The representative model of the final configuration, the result of the transformation operations, was then 3D printed using FDM technique in PLA. Finally, applied to the maquette, an AR experience was realized with Unity combined with Vuforia Engine. The application intends to overlay information about geometric operations on the physical model, adopting the model target anchor. The experience is also interactive, thanks to the presence of buttons that enable virtual models of the different stages of the generative process.
From an accessibility perspective, although AR is typically viewed as a primarily visual experience, audio information can be integrated to accompany the haptic experience on the model.
The goal of the article is to present a workflow that fits into the real-virtual continuum (virtual modeling, digital fabrication, and augmented reality) that allows for the explication of the geometric-compositional processes underlying Mario Botta's architectural works. This makes it possible to visualize and manage an architecture in three dimensions, exploring its main morphological features and fostering functional as well as geometric understanding.

Introduzione

Il presente lavoro si inserisce all'interno di uno studio più ampio riguardante la produzione architettonica di Mario Botta (93 opere dal 1959 al 2017) focalizzato sull'individuazione delle matrici geometriche generative delle sue architetture.
L'analisi ha individuato operazioni geometriche che elaborano figure regolari, volumi elementari, seguendo regole di proporzione e simmetria (Baraldi & Fiorucci, 1993; Sala & Cappellato, 2003).
Il workflow prevede il ridisegno a partire da elaborati grafici dello studio di Botta, la realizzazione di modelli virtuali in cui vengono esplicitate le operazioni geometriche generative, la stampa 3D della configurazione finale e la realizzazione di un'app AR per la visualizzazione delle operazioni geometriche sovrapposte a quest'ultima.
Nell'ultimo decennio, infatti, la stampa 3D di modelli architettonici, la fabbricazione robotica, l'uso dell'intelligenza artificiale (AI) e dell'AR sono sempre più diffusi in campo architettonico sia all'interno del flusso di lavoro di progettazione che nel processo di realizzazione dei progetti (Claypool, 2020).
Russo (2021) fornisce un interessante studio sull'utilizzo dell'AR nel settore, dividendo la letteratura in tre categorie: l'AR per l'approfondimento e il miglioramento nel campo della costruzione, l'AR per il processo di progettazione e costruzione architettonica e l'AR per la formazione e l'educazione architettonica.

Questo lavoro si inserisce in quest'ultimo gruppo: AR applicata a modelli reali fabbricati digitalmente per scopi educativo-didattici e illustrativo-espositivi. L'AR per la promozione e la comprensione dell'architettura dà la possibilità di visualizzare e gestire in modo efficiente un'architettura 3D, esplorando le principali caratteristiche morfologiche e favorendo l'apprendimento geometrico e funzionale (Russo et al. 2019). La letteratura scientifica sull'AR combinata con la fabbricazione digitale è principalmente legata a istruzioni olografiche 3D a supporto dell'esecuzione in cantiere (Song et al., 2021).
Parallelamente, vi sono diversi studi che hanno sottolineato le potenzialità e i benefici dell'AR (Akcayır & Akcayır, 2017; Nur Fitria, 2023; Kerr & Lawson, 2019) in campo educativo ed espositivo (Bertola et al., 2022), in quanto porta a nuove pratiche di narrazione digitale e a spazi di apprendimento reattivi e personalizzati.

Mario Botta: matrici geometriche generative e il legame con il contesto urbano

Nelle opere di Mario Botta, la geometria rappresenta un'importante fonte di ispirazione e controllo formale durante l'intero processo creativo (Studio Mario Botta, 2010). Essa diviene matrice di forme e mezzo per rappresentare e descrivere la relazione dell'edificio con il contesto (Sala & Cappellato, 2003). Come sostiene egli stesso, non si parla di "costruire sul sito" bensì di "costruire il sito" (Sakellaridou, 2000, p.10).
In particolare, il suo criterio metodologico consiste nella trasformazione geometrica di figure piane attraverso operazioni booleane di sottrazione di parti, accostamenti ed unioni con altre figure geometriche.
La pianta e il volume rappresentano per lui un punto di partenza, la cui definizione costituisce un momento centrale all'interno del processo di composizione conducendo a forme influenzate da precise regole di simmetria, dall'assialità, dalla luce e dal rapporto con il contesto e la funzione. La pianta definisce il volume, a tal punto che gli altri elementi del progetto – la sezione, l'alzato – si impongono come conseguenze necessarie (Trevisol, 1998, p. 98) facendo assumere all'edificio un carattere di tipo scultoreo, dove "l'ignoto viene esplorato intaccando la stabilità del volume primario con una serie di trasformazioni che alterano l'ordine prestabilito" (Sakellaridou, 2000, p. 30).
Il risultato finale, seppur caratterizzato da una logica maturazione è sovente intrinsecamente legato con le intenzioni iniziali che rimangono leggibili durante l'intero iter progettuale. Le architetture di Botta possiedono una propria identità e autonomia.
Nello specifico viene qui presentato il lavoro sul Centro Cinque Continenti di Lugano (1986-1992) in cui le operazioni geometriche generatrici del volume sono volte a stabilire un rapporto dialettico tra l'edificio e il contesto esterno (Studio Mario Botta, 2010).
Il Centro Cinque Continenti (1986-1992) si affaccia sulla via Generale Guisan di Lugano, una via che distaccandosi dal lungolago risale in diagonale la collina, inserendosi nella parte più compatta di quest'area cresciuta nel seno della grande ansa del tracciato ferroviario (fig. 2).

Il manufatto rivestito in mattoni, si affaccia sulla riva aprendo un dialogo con l'elemento naturale dell'acqua. Questo aspetto si avverte anche man mano che ci si avvicina all'edificio percependone la compattezza e la solidità delle pareti curve.
Mario Botta arretra l'edificio in modo da liberarne lo spazio antistante e ne aumenta le dimensioni per marcare l'improvvisa interruzione al centro: un'operazione di sottrazione booleana che ha consentito, grazie all'intersezione di un parallelepipedo con il cilindro di base, di generare l'ampia piazza interna. Questo spazio più intimo e raccolto consente a quello urbano antistante di penetrare all'interno dell'edificio dialogando con esso.
Le alte murature opache che circoscrivono la geometria regolare invitano a scoprire la corte interna illuminata dall'ampia copertura in ferro e vetro e circondata da un reticolo di quinte in vetrocemento contenenti la scala di accesso ai ballatoi (Carolei, 2011).
I percorsi distributivi emergono dalle pareti in muratura in quanto inserite all'interno di un involucro di metallo e vetro. Ai lati i piani murari vengono in avanti e intersecando il volume cilindrico generano due spigoli netti che vengono staccati dal suolo da un colonnato, basamento dell'intero edificio (Pizzi, 1993). La tessitura minuta del mattone e il riflesso verde delle carpenterie metalliche, la trasparenza delle superfici in vetrocemento evidenziano il senso di profonda novità della costruzione.

Ridisegno e modellazione tridimensionale

Il processo di modellazione digitale tridimensionale è stato preceduto da alcune operazioni preliminari, altresì propedeutiche alla sua corretta esecuzione in relazione agli obiettivi prestabiliti.
In primis è stato necessario reperire i disegni delle opere selezionate, direttamente consultabili all'interno del sito internet dello studio Mario Botta Architetti (https://www.botta.ch): per ognuno dei 12 casi studio individuati sono stati acquisite le rappresentazioni in pianta e in alzato, oltre alle fotografie utili alla comprensione degli aspetti formali. Prima di processare i disegni attraverso un'operazione di ridisegno vettoriale è stato necessario effettuare delle valutazioni in merito al grado di dettaglio che la modellazione avrebbe dovuto soddisfare, in modo tale poi da ottenere modelli congrui alle prefissate finalità di analisi geometrico-formale.
Il ridisegno e modellazione 3D sono stati effettuati all'interno del software *McNeel Rhinoceros*, escludendo le parti non funzionali alle operazioni di modellazione, come ad esempio le partizioni interne e gli elementi di arredo, ponendo invece particolare attenzione nei confronti degli elementi interessati dal processo di studio di trasformazione geometrica.
Per ognuna delle opere prese in esame, sono state identificate le operazioni di trasformazione e la loro progressione cronologica; quindi, a ciascuna è stato assegnato un colore identificativo. Nel caso dell'edificio Cinque Continenti si possono identificare: sottrazioni booleane (in rosso), unioni booleane (in blu), giustapposizioni (in ciano)



Fig. 2 - Lugano: ortofoto dell'area dell'edificio Cinque Continenti (Google Maps).

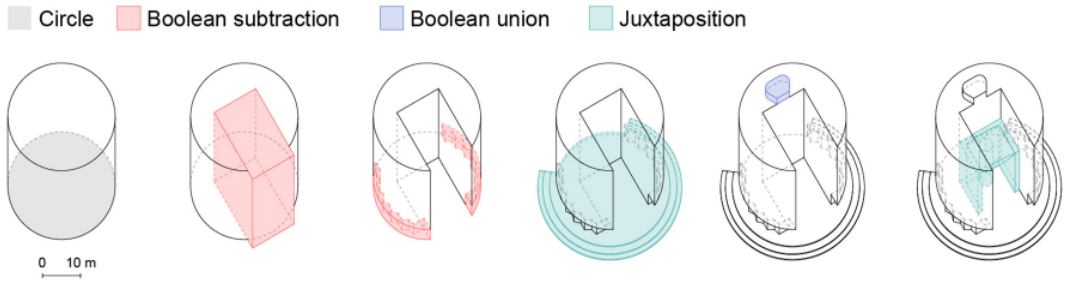


Fig. 3 - Modelli 3D delle fasi del processo di generazione geometrica dell'edificio Cinque Continenti (elaborazione grafica di E. Pupi).

(fig. 3). In altri casi sono state individuate, in aggiunta, operazioni di taglio/sezione e trasformazione della sezione lungo una traiettoria, detta *loft*.
La fase di modellazione tridimensionale, realizzata all'interno dell'ambiente di lavoro del software *McNeel Rhinoceros*, ha seguito la logica del processo di trasformazione geometrica esplicitato. Secondo questo approccio quindi, il browser dei livelli è stato organizzato in gruppi volti a identificare gli stati di avanzamento delle operazioni trasformative individuate, e per ogni stato di avanzamento sono state ottenute non solo le geometrie risultanti dalle operazioni, ma sono state preservate anche le geometrie utilizzate per effettuare le azioni generatrici e trasformative.
I modelli tridimensionali sono stati elaborati attraverso l'utilizzo della geometria NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines), che ben si presta al tipo di operazioni di modellazione necessarie.

In questo modo, è stato possibile determinare le correlazioni tra le operazioni geometriche e i caratteri compositivi e funzionali delle opere, ottenendo dei modelli tridimensionali incrementali volti a rappresentare il processo di trasformazione delle architetture individuate.

Il processo di stampa 3D e l'applicazione della realtà aumentata

Il modello dell'edificio Cinque Continenti, rappresentativo della configurazione finale risultato delle operazioni di trasformazione, è stato stampato 3D con tecnica FDM alla scala 1:300. La scelta di quest'ultima è legata alla necessità di avere un oggetto manovrabile, facilmente trasportabile e percepibile apticamente. Il caso studio si colloca all'interno di una ricerca più ampia sulla produzione architettonica di Mario Botta che prevede la costruzione di un vero e proprio abaco stampato delle sue architetture.
Per la realizzazione del modello è stata utilizzata l'attrezzatura del MODLab Arch del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino. Nello specifico si è fatto ricorso alla Ultimaker S5 che, essendo dotata di due estrusori, ha consentito di stampare con due materiali diversi il modello (PLA bianco) e i supporti (PVA). Si è scelto di utilizzare quest'ultimo materiale idrosolubile in modo da rimuovere più facilmente i supporti di piccole dimensioni, in quanto la rimozione meccanica avrebbe potuto danneggiare il modello. Inoltre, l'uso di materiali diversi (fig. 4) ha consentito di esplicitare visivamente le operazioni di sottrazione geometrica evidenziate nel lavoro di ricerca.
La stampa è stata eseguita con i seguenti principali valori: *quality* 0.2 mm e *infill density* pari al 10%. Il tempo di stampa è stato di 9 ore e 36 minuti, utilizzando 131,6 g di materiale.
Il modello ottenuto diventa l'attivatore dell'applicazione in AR che consente di sovrapporre i contenuti virtuali relativi alle operazioni geometriche che hanno portato alla configurazione finale.
Questa app AR prototipale può essere utilizzata sia per scopi di ricerca che per scopi didattici e permette di mostrare le geometrie generative sottese ai progetti architettonici che forniscono le basi per le operazioni di ridisegno e modellazione tridimensionale.
Dal punto di vista procedurale si è scelto di realizzare l'esperienza AR con *Unity* combinato con *Vuforia Engine* che supporta diversi tipi di target 2D e 3D, tra cui target di immagini, configurazioni *multitarget* 3D e una forma di marcatore fiduciale indirizzabile nota come *VuMark*.
L'intento dell'applicazione sviluppata è quello di sovrapporre le informazioni sulle operazioni geometriche generative al modello fisico, adottando l'ancoraggio *markerless*. Questo approccio è basato sull'orientamento della camera e il riconoscimento automatico di *features* geometriche nell'ambiente reale. Nel caso specifico queste *features* sono rappresentate dal modello 3D stampato che in tal modo acquisisce il duplice ruolo di mezzo di rappresentazione e di tramite del processo di interazione.

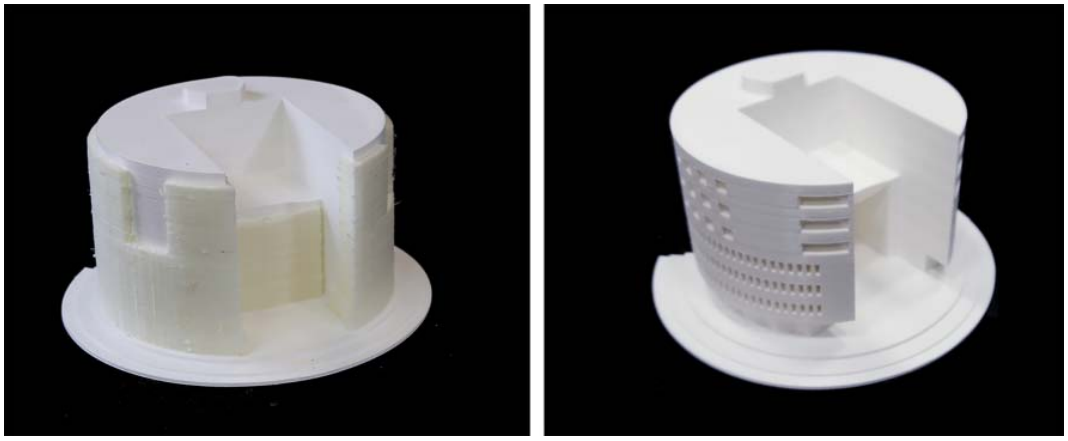


Fig. 4 - Modello stampato 3D con tecnica FDM con (sulla sinistra) e senza supporto (sulla destra) (elaborazione grafica di F. Ronco).

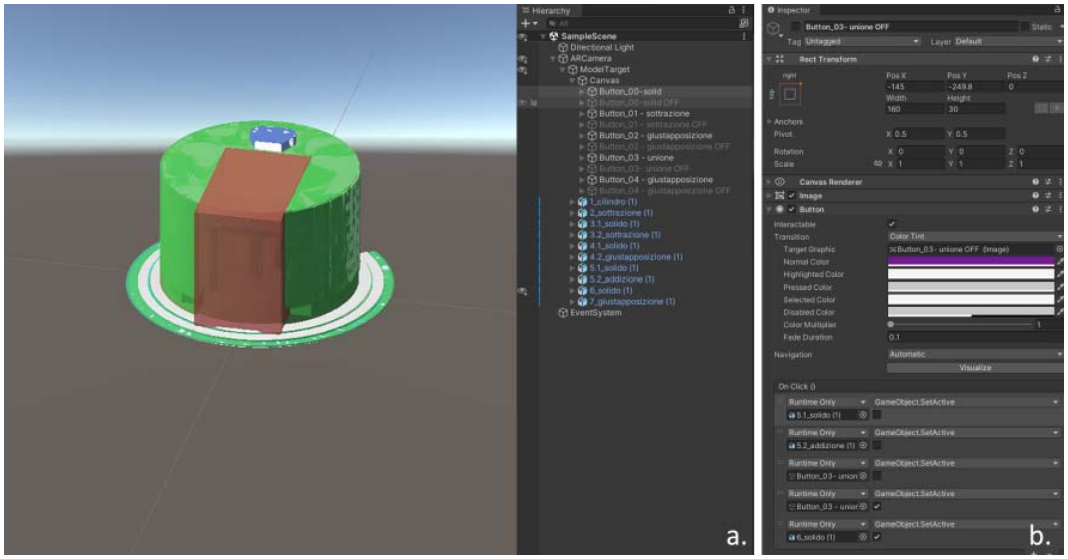


Fig. 5 - Schermata *Unity*: a) *hierarchy* del progetto; b) struttura di un *UI button* (elaborazione grafica di F. Ronco).

L'applicazione è stata realizzata utilizzando la camera AR e il *Model Target Generator* di *Vuforia*, dove è possibile eseguire l'upload del modello digitale in formato .obj nella medesima scala del modello stampato, per consentire al motore di *VuforiaTM* un migliore tracciamento dell'oggetto reale. Il *Model Target Generator* richiede inoltre di confermare l'orientamento del file, poiché il sistema di assi cartesiani utilizzato in *Rhinoceros* è diverso da quello utilizzato in *VuforiaTM* e *Unity*. Successivamente devono essere indicate le dimensioni del modello espresse in metri. Infine viene creata una *Guide View*, un file immagine che ricalca in maniera stilizzata il modello 3D dallo stesso punto di vista da cui si vuole che venga inquadrato al momento dell'utilizzo dell'app.

Al termine della procedura, il *Model Target* viene esportato in un file *.unitypackage* da importare nel progetto su *Unity*.

Conclusioni

Il lavoro qui presentato vuole rivelare e rendere comprensibili i processi geometrico-compositivi che derivano, nella maggior parte dei casi, dalla ricerca di Mario Botta di equilibri di luce o da articolazioni strutturali piuttosto che da regole, sistemi e geometrie precostituite (Sala & Cappellato 2003).
La possibilità di visualizzare e gestire un'architettura nelle tre dimensioni, esplorando le sue principali caratteristiche morfologiche, favorisce l'apprendimento geometrico e funzionale. Il disegno è il primo tramite espressivo attraverso il quale esplicitare queste operazioni, seguito dalla modellazione virtuale, dalla fabbricazione digitale e dalla realtà aumentata. Tutti questi step si collocano all'interno del noto continuum reale-virtuale che arricchisce e rende visibile e tangibile il corpus teorico relativo all'importante produzione architettonica di Botta. Il continuo passaggio tra reale e virtuale risulta interessante anche dal punto di vista dell'accessibilità dei contenuti. In particolare, l'AR, sebbene sia riconosciuta principalmente come esperienza visiva, consente anche di integrare informazioni audio per accompagnare l'esperienza aptica sul modello (Munnerley et al. 2012). Un eventuale sviluppo del lavoro potrebbe essere quello di stampare i modelli relativi alle diverse fasi del processo, in modo che anche le singole operazioni siano rappresentate nel mondo reale e utilizzare l'AR per aggiungere contenuti principalmente uditivi.
Il workflow proposto, inoltre, è replicabile e scalabile e può essere esteso ad architetture non più esistenti o a progetti mai realizzati, acquisendo ancor più significato nella comprensione del progetto preso in esame.
di rivoluzionare profondamente la fruizione e la condivisione del Patrimonio. Tuttavia, rimane fondamentale considerare attentamente le sfide e gli impatti che questa trasformazione porta con sé, al fine di garantire un equilibrio tra l'innovazione tecnologica e il rispetto delle tradizioni culturali. Inoltre, le nuove forme di espressione e di condivisione offerte dalla digitalizzazione aprono nuove prospettive per la valorizzazione e la diffusione del patrimonio, contribuendo così a preservare e promuovere la ricchezza culturale non solo di Bali, ma anche oltre i suoi confini.

Riconoscimenti

La ricerca è il risultato della collaborazione tra gli autori: l'introduzione e le conclusioni sono stati scritti collegialmente; il paragrafo 'Mario Botta: matrici geometriche generative e il legame con il contesto urbano' è scritto da Giulia Bertola, il paragrafo 'Ridisegno e modellazione tridimensionale' da Enrico Pupi, il paragrafo 'Il processo di stampa 3D e l'applicazione della realtà aumentata' da Francesca Ronco.

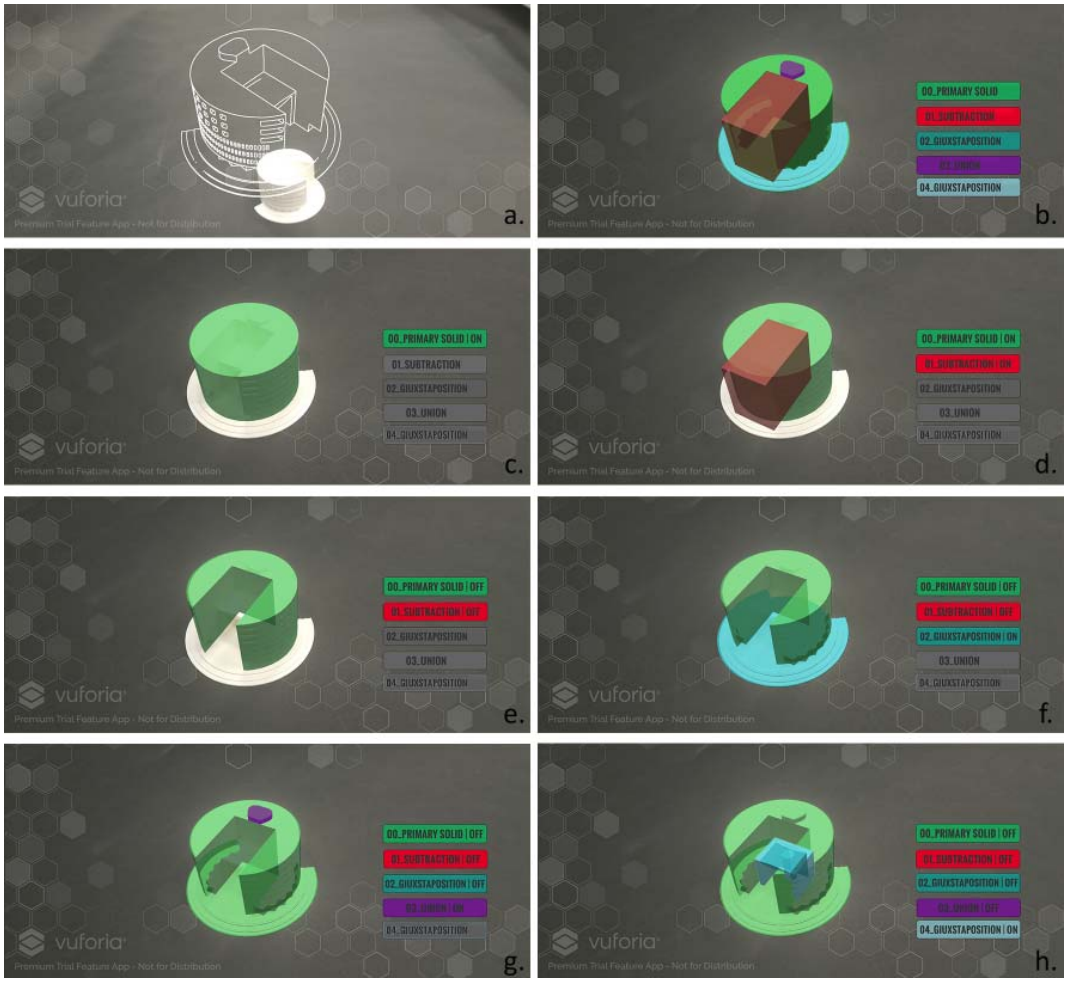


Fig. 6 - Screenshot di alcune fasi dell'esperienza AR sul modello fisico: a) *GuideView* per inquadramento modello; b) Solidi rappresentativi delle operazioni di trasformazione geometrica; c) Solido primario (cilindro); d) Solido primario e parallelepipedo di sottrazione; e) Risultato dell'operazione di sottrazione sul solido primario; f) Operazione di giustapposizione del basamento; g) Operazione di unione dell'elemento in copertura; h) Visualizzazione dell'operazione di giustapposizione della struttura di copertura interna (elaborazione grafica di F. Ronco).

Riferimenti bibliografici

Akcayir, M., & Akcayir, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Baraldi, R., & Fiorucci, M. (1993). *Mario Botta: architettura e tecnica*. CLEAN.

Bertola, G., Capalbo, A., Bruno, E., & Bonino, M. (2022). Architectural Maquette. From Digital Akcayir, M., & Akcayir, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Baraldi, R., & Fiorucci, M. (1993). *Mario Botta: architettura e tecnica*. CLEAN.

Bertola, G., Capalbo, A., Bruno, E., & Bonino, M. (2022). Architectural Maquette. From Digital Fabrication to AR Experiences. In A. Giordano, M. Russo, & R. Spallone (Eds.), *REPRESENTATION CHALLENGES New Frontiers of AR and AI Research for Cultural Heritage and Innovative Design* (pp. 425–432). FrancoAngeli.

Carolei, C. (2024, 11 gennaio). *Mario Botta: progetti per Lugano*. https://www.milanoplatinum.com/mario-botta-progetti-per-lugano.html

Claypool, M. (2020). *The Digital in Architecture: Then, Now and in the Future*. SPACE10.

Kerr, J., & Lawson, G. (2019). Augmented Reality in Design Education: Landscape Architecture Studies as AR Experience. *International Journal of Art and Design Education, 39*(1), 1-16. https://doi.org/10.1111/jade.12227

Munnerley, D., Bacon, M., Wilson, A. G., Steele, J., Hedberg, J., & Fitzgerald, R. N. (2012). *Confronting an Augmented Reality. Research in Early Technology, 20*, 39–48. https://doi.org/10.3402/rlt.v20i0.19189

Nur Fitria, T. (2023). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) *Technology in Education: Media of Teaching and Learning: A Review. International Journal of Computer and Information System (IJCIS), 4*(1), 14–25.

Piga, B. E. A., Morello, E., & Signorelli, V. (2014). The Combined Use of Urban Models to Support a Collaborative Approach to Design Towards the Sustainable University Campus: Participation, Design, Transformation. In S. Uddin & C. Welty (Eds.), *Design & Graphic Palimpsest: Dialogue, Discourse, Discussion* (pp. 53–58). Design Communication Association.

Pizzi, E. (Ed.). (1993). *Mario Botta. Opere complete 1985-1990*. Federico Motta.

Russo, M. (2021). *AR in the Architecture Domain: State of the Art. Applied Sciences, 11*(15), 6800. https://doi.org/10.3390/app11156800

Russo, M., Menconero, S., & Baglioni, L. (2019). Parametric surfaces for augmented architecture representation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLII-2/W9*, 672–678. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-671-2019

Sala, N., & Cappellato, G. (2003). *Viaggio matematico nell'arte e nell'architettura*. FrancoAngeli.

Sakellaridou, I. (Ed.). (2000). *Mario Botta. Poetica dell'architettura*. Rizzoli.

Song, Y., Koeck, R., & Luo, S. (2021). Review and analysis of augmented reality (AR) literature for digital fabrication in architecture. *Automation in Construction, 128*, 103762. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103762

Studio Mario Botta (Eds.). (2010). *Mario Botta. Architetture 1960-2010*. Silvana Editoriale.

Trevisol, R. (Ed.). (1982). *Mario Botta. La casa rotonda*. L'erba Voglio.