

Modelli architettonici per la percezione tattile

Alexandra Fusinetti

Abstract

L'articolo discute il ruolo che i modelli fisici hanno nel processo di inclusione e abbattimento delle barriere percettive e cognitive nell'ambito della comunicazione e rappresentazione del patrimonio storico-architettonico, anche in relazione a quanto indicato dalle convenzioni internazionali e dalle più recenti indicazioni normative.

Alle finalità storicamente consolidate del modello come supporto progettuale se ne sono affiancate delle altre, quali ad esempio la possibilità di far comprendere meglio gli spazi all'interno dei sistemi di orientamento.

Nel campo della valorizzazione del patrimonio culturale, l'utilizzo del modello fisico viene annoverato da diverse linee guida come elemento utile al miglioramento delle condizioni di accessibilità per le diverse tipologie di fruitori.

Il modello analogico può riguardare sia la "narrazione optica" dello stato di fatto e sia il racconto delle ipotetiche ricostruzioni dello stesso, potendo così comunicare non solo con persone con disabilità visive o cognitive ma alla totalità dei fruitori.

A tal proposito, l'articolo illustra alcuni casi studio che utilizzano il modello analogico di architettura al fine di superare il ruolo storicamente riconosciuto a questi manufatti, che prevedeva una percezione esclusivamente visiva, aprendoli a un nuovo livello di percezione sensoriale capace di incrementare il grado di inclusività.

Parole chiave: accessibilità, beni culturali, barriere percettive, comunicazione, universal design.

Introduzione

L'accessibilità cognitiva e percettiva rappresenta un tassello fondamentale per una efficace e inclusiva comunicazione dei beni culturali. Mira infatti ad abbattere le barriere che rendono difficile la comprensione e la fruizione del patrimonio da parte di persone portatrici di disabilità, quest'ultima intesa come l'insieme di condizioni che ostacolano la partecipazione delle persone nella società, dovute alla presenza di barriere di diversa natura [Menchetelli, Melloni 2023].

Sono diverse le convenzioni e normative che affrontano il tema dell'abbattimento delle barriere fisiche, sensoriali e cognitive all'interno dei luoghi della cultura. La *Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità* (Legge 18/2009) [1] riconosce ad esempio il diritto delle persone con disabilità di partecipare alla vita culturale e

ricreativa su base di uguaglianza con gli altri (articolo 30) e impegna gli Stati ad adottare misure per rendere accessibili i luoghi della cultura (articolo 9); oppure la *Convenzione di Faro* sul valore del patrimonio culturale per la società, che nell'articolo 12 sottolinea il «promuovere azioni per migliorare l'accesso all'eredità culturale, in particolare per i giovani e le persone svantaggiate, al fine di aumentare la consapevolezza sul suo valore, sulla necessità di conservarlo e preservarlo e sui benefici che ne possono derivare» [2].

In Italia il D.M. 28 marzo 2008 *Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale* [Ministero per i Beni e le Attività Culturali 2008] stabilisce i requisiti minimi per l'accessibilità fisica, sensoriale e cognitiva dei luoghi della cultura, secondo i principi dell'*universal*

design, mentre le *Linee Guida per la redazione del Piano di Eliminazione delle barriere architettoniche* (P.E.B.A.) del 2018 [Direzione Generale dei Musei 2018] e il successivo *Piano Strategico per l'Eliminazione delle Barriere Architettoniche* (D.M. n. 534, 19 maggio 2022) [Direzione Generale dei Musei 2022], hanno come obiettivo l'adeguamento di musei e istituti per ottenere la più ampia accessibilità fisica, cognitiva, sensoriale e culturale possibile.

Le azioni previste comprendono la rimozione delle barriere fisiche mediante interventi di adeguamento degli spazi secondo i principi della progettazione inclusiva e dell'*universal design* e la rimozione delle barriere cognitive con interventi di facilitazione della comprensione degli spazi e della comunicazione degli artefatti culturali, attraverso la traduzione in linguaggio facile o mediante l'utilizzo di supporti visivi e tattili.

In questo ambito, i modelli fisici assumono un ruolo di primaria importanza nel processo di comunicazione e di inclusione, offrendo una rappresentazione tridimensionale tangibile che permette alle persone con diversi gradi di abilità di esplorare e comprendere siti e monumenti in modo più completo e immersivo.

Il modello analogico può infatti agevolare la comprensione delle relazioni spaziali tra le diverse parti di un edificio o di un complesso monumentale, rivolgendosi non solo alle persone con disabilità ma alla totalità dei fruitori.

I modelli fisici supportano la "lettura" di complessi concetti architettonici e spaziali e conseguentemente anche la creazione di una loro rappresentazione mentale, permettendo di "visualizzare" la struttura, la disposizione degli ambienti e il rapporto con l'area circostante; permettono inoltre di esplorare l'architettura attraverso il tatto, fornendo informazioni su forme, volumi, *texture* e materiali, anche mostrando dei dettagli che non sono sempre percepibili attraverso la vista; possono infine essere utilizzati per attività didattiche e di sensibilizzazione, favorendo l'interazione con il patrimonio e la sua storia.

La letteratura scientifica propone diversi studi riguardanti utilizzi e finalità dei modelli tattili di architettura, che possono essere incentrati sulla possibilità di informare ed orientare gli utenti [Caddeo et al. 2006], oppure avere come *focus* la valorizzazione del patrimonio culturale. In questi casi i modelli possono rappresentare l'edificio nelle sue volumetrie complete, sia come rovine che come ipotesi ricostruttive [Caldarone 2018; Empler, Fusinetti 2021; Empler, Caldarone, Fusinetti 2023], i dintorni su cui insiste, i dettagli e i particolari della sua conformazione esterna o



Fig. 1. Basilica di Santa Sofia, Istanbul, mosaico del vestibolo sud (XI secolo). Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/cj8q5>> (consultato il 21 febbraio 2024).

Fig. 2. Brunelleschi e Ghiberti presentano a Cosimo il Vecchio il modello della chiesa di San Lorenzo, eseguito da Marco da Faenza su progetto del Vasari nel 1556. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/21bnrb>> (consultato il 21 febbraio 2024).

dei suoi interni [Balletti et al. 2012; Sdegno, Riavis 2020], o ancora, ricostruire tridimensionalmente i dipinti rinascimentali con la volontà di narrare la scansione prospettica, elemento fondamentale per la comprensione e il riconoscimento del valore del dipinto [Ansaldi 2023]. A questa ampia documentazione si aggiungono poi i contributi relativi ai convegni *Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione -DAI 2022* [Càndito, Meloni 2022] e 2023 [Sdegno, Riavis 2023], entrambi patrocinati dall'UID, a riprova dell'attualità dei temi di accessibilità e inclusione all'interno della disciplina del disegno.

Modelli architettonici nel tempo

L'evoluzione dell'utilizzo dei modelli architettonici è storicamente documentata ed è possibile evidenziare come sono cambiate nel tempo le finalità di impiego, passando da un iniziale utilizzo simbolico e religioso per arrivare ad uno progettuale.

Nel mondo greco ad esempio i modelli fisici delle architetture potevano rappresentare la sintesi dell'edificio, costituendosi come *ex voto* da donare alla divinità [Bigi 2017], così come similmente accadeva nel periodo egizio o in quello bizantino. Di quest'ultimo caso ne è esempio il mosaico presente all'interno della Basilica di Santa Sofia a Istanbul in cui due imperatori sono raffigurati ognuno con in mano un modello fisico, che viene presentato alla Vergine Maria con Gesù. L'imperatore Giustiniano ha in mano un modello della Basilica che lui stesso ricostruì nel VI secolo, mentre l'imperatore Costantino porge il modello di Costantinopoli, città che fondò ereditando il suo nome e che ospita la Basilica stessa. L'utilizzo del modello, sia della città che della chiesa, ha qui valenza di omaggio al dio di cui invocano la grazia e la protezione [Whittemore 1938] (fig. 1).

Nel rinascimento il modello fisico inizia ad assumere nuovi significati, rivestendo un ruolo fondamentale nel processo di progettazione architettonica grazie alla sua capacità di comunicare al committente l'edificio in costruzione. Nel dipinto eseguito da Marco da Faenza su commissione di Vasari *Brunelleschi e Ghiberti presentano a Cosimo il Vecchio il modello della chiesa di San Lorenzo* è la figura del mecenate che evidenzia, indicandoli contemporaneamente, la corrispondenza tra il modello mostrato e il cantiere che si vede in costruzione sullo sfondo [Limoncelli 2023] (fig. 2). In questo periodo il modello analogico ha il compito di



Fig. 3. Modello ligneo della cupola e delle absidi di Santa Maria del Fiore attribuito a Filippo Brunelleschi (Firenze 1377-1446). Museo dell'Opera del Duomo Firenze. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/31wr59>> (consultato il 21 febbraio 2024).

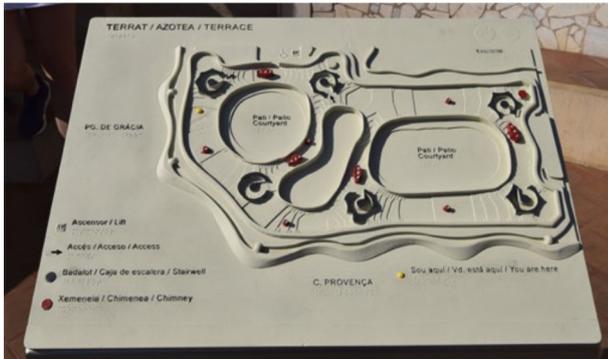
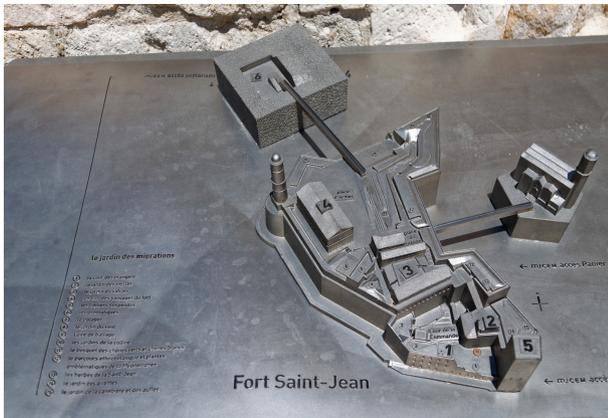


Fig. 4. Modello in bronzo del Forte San-Jean, a Marsiglia. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gyl7fduy>> (consultato il 21 febbraio 2024).

Fig. 5. Casa Milà, Gaudì, modello tattile in alluminio del terrazzo posto in cima all'edificio. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gylmg00tu>> (consultato il 21 febbraio 2024).

illustrare la grandiosità dell'opera, le soluzioni ingegneristiche innovative o più semplicemente la distribuzione degli spazi e i dettagli costruttivi per gli operai, oltre a rivelarsi utile riferimento progettuale nel caso in cui fosse venuto a mancare il progettista, cosa non inusuale visti i lunghi tempi realizzativi delle opere.

A oggi rimangono poche testimonianze di questi modelli, ciò dovuto alla loro veloce dismissione a opera finita per recuperarne il materiale. Estremamente significativi, e conservati per l'importanza del soggetto che raffiguravano, sono i modelli del progetto di Antonio da Sangallo per la Basilica di San Pietro (mai realizzato a causa della morte improvvisa dell'architetto), e della cupola della Basilica di Santa Maria del Fiore a Firenze ad opera, presunta, del Brunelleschi (fig. 3).

L'utilizzo del modello si è poi ulteriormente evoluto nel tempo, passando per i dettagliati modelli in legno del periodo Barocco prima e per le piccole riproduzioni in sughero settecentesche poi, usate a titolo di ricordo di viaggio e ideate per il mercato del *Grand Tour*.

Ancora oggi il modello supporta lo sviluppo dell'idea progettuale ed è utilizzato come rappresentazione tridimensionale per illustrare il progetto alla committenza, ma alle finalità storicamente consolidate se ne sono affiancate delle altre, quali ad esempio la possibilità di far comprendere meglio gli spazi all'interno dei sistemi di orientamento.

Modelli tattili per la comunicazione

I modelli fisici, siano essi relativi a singoli edifici (fig. 4), ad un livello specifico (fig. 5) o raffiguranti una piccola porzione urbana (figg. 6, 7), vengono frequentemente utilizzati all'interno dei sistemi di *wayfinding*, quell'insieme strategie volte a trasferire le informazioni ambientali agli utenti attraverso l'utilizzo di segnaletiche orientative e altri metodi di comunicazione [Empler 2012].

La realizzazione di questi modelli tridimensionali, necessariamente in scala, favorisce l'orientamento di tutti i visitatori, compresi quelli con disabilità sensoriali legate alla vista, i quali possono esplorare il modello con il tatto. La lettura aptica consente il confronto e la comprensione della distribuzione spaziale degli edifici, ma affinché le informazioni trasmesse risultino chiare ed efficaci è necessario che il processo di elaborazione segua alcune linee guida per soddisfare i principi di leggibilità.

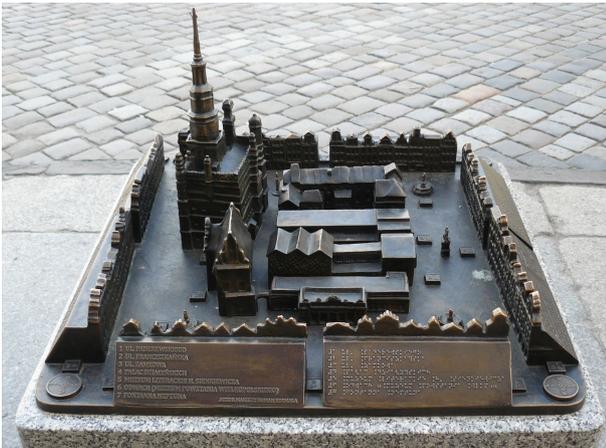
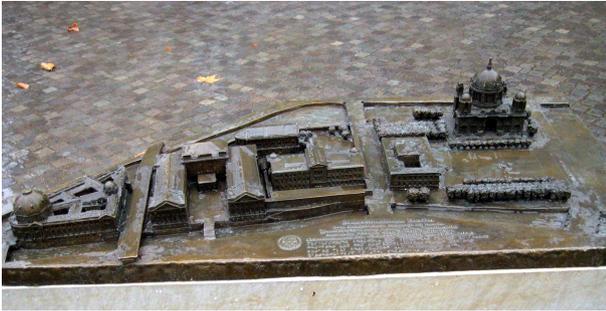


Fig. 6. Modello bronzeo del Museuminsel (isola dei musei) a Berlino: è raffigurato il distretto culturale dei cinque musei berlinesi, patrimonio UNESCO. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/fw0lwt>> (consultato il 21 febbraio 2024).

Fig. 7. Modello in bronzo della Piazza del Mercato di Poznan, Polonia. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/od3dyj>> (consultato il 21 febbraio 2024).

Al pari delle mappe tattili bidimensionali, anche i modelli tridimensionali richiedono una semplificazione delle informazioni poiché l'esplorazione aptica non permette la distinzione dei dettagli più fini. La lettura tattile avviene attraverso un'esplorazione sequenziale del modello attraverso le dita e i palmi, e la percezione dell'insieme è il risultato dell'organizzazione di quelle informazioni parziali [Empler, Fusinetti 2019].

Dimensioni e materiali utilizzati dipendono dalla scala di rappresentazione, se urbana o di dettaglio, dalla collocazione finale del modello, se interna o esterna, e dalla qualità dell'esecuzione, che può essere artigianale o eseguita mediante stampa tridimensionale.

L'elaborazione di questo tipo di modelli, aventi anche forme complesse, prevede l'utilizzo delle tecnologie digitali che, a partire dalle metodologie di rilievo integrato per l'acquisizione dei dati e la successiva modellazione, permettono la stampa del modello mediante prototipazione additiva o sottrattiva [Empler, Fusinetti, 2021; Montusiewicz et al. 2022].

Il trattamento digitale dei dati per l'elaborazione del modello deve però sottostare ad alcune indicazioni di rappresentazione che consentano il riconoscimento delle forme per assicurare una corretta comprensione dell'oggetto da parte del fruitore.

Per questo motivo le dimensioni della replica non dovrebbero eccedere con le dimensioni – idealmente non superare l'ampiezza di movimento delle braccia – e dovrebbero essere elaborati per permettere di distinguere tutti gli elementi, mediante anche l'uso di *texture* o numeri da richiamare poi in legenda. L'esempio riportato in figura 8 mostra il modello tattile predisposto per la comunicazione della Fortezza di Marciana, all'Isola d'Elba. Il modello è stato creato a partire dall'acquisizione dello stato attuale della fortezza mediante fotogrammetria aerea; la *mesh* ottenuta dalla nuvola di punti è stata poi semplificata con l'obiettivo di ottenere un modello che permettesse una corretta comprensione dell'artefatto, con l'accortezza di chiudere o riempire quelle zone che avrebbero potuto costituire un pericolo quando esplorate tattilmente (come ad esempio gli spazi interni ai quattro bastioni laterali); prima della produzione sono stati aggiunti i riferimenti numerici, in nero e in *braille*, associati alla legenda presente sulla base a cui il modello è agganciato, che consentono di comprendere le diverse parti di cui si compone la fortezza. A supporto di questa lettura è stata aggiunta, sempre nel pannello base, anche una breve descrizione della fortezza, in italiano,

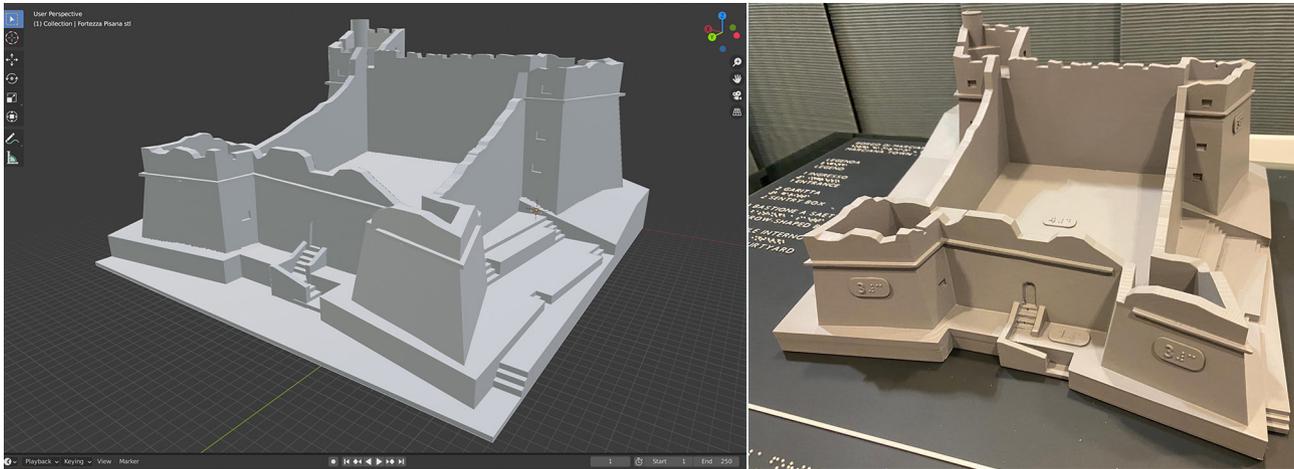


Fig. 8. Modello tattile della Fortezza di Marciana, Isola d'Elba. A sinistra il modello elaborato a partire dalle operazioni di rilievo; a destra il modello stampato. Elaborazione dell'autrice.

inglese e *braille*. Il plastico è stato prodotto mediante un processo di stampa additiva il cui volume è servito per creare la matrice in silicone dentro cui è stata colata la resina per ottenere il modello finale.

Nella predisposizione dei modelli è inoltre necessario tenere in considerazione la spaziatura dei segni grafici, come linee o trame, che quando utilizzate come *texture* devono essere distanziate di almeno 2 mm affinché siano correttamente percepite, mentre la distanza tra i singoli oggetti, soprattutto se aventi altezza simile, devono essere posizionati a una distanza superiore ai 5 mm [Simmonet et al. 2018]. Questi accorgimenti possono portare a una parziale modifica delle proporzioni degli elementi del modello, ma si tratta di variazioni utili a conseguire una corretta ed efficace comunicazione.

La possibilità di esplorare tattilmente il modello fisico permette la trasmissione di informazioni architettoniche e spaziali che, nel caso dei sistemi di *wayfinding*, si traducono in modelli aventi funzione principale di orientamento. Questo tipo di modelli, definiti *directory*, assistono gli utenti nell'individuazione della destinazione da raggiungere, agevolano una corretta percezione degli spazi che si stanno percorrendo e consentono una maggiore autonomia di movimento anche alle persone portatrici di disabilità visive o cognitive in generale.

Nel campo della valorizzazione del patrimonio culturale, l'utilizzo del modello fisico viene annoverato dalle sopracitate linee guida come elemento utile al miglioramento delle condizioni di accessibilità per le diverse tipologie di fruitori. Questa peculiare tipologia consente una corretta comprensione degli spazi agevolando l'orientamento anche all'interno degli istituti culturali e favorendo di conseguenza l'autonomia del fruitore; permette inoltre una efficace interpretazione e percezione dell'oggetto architettonico, mediante esplorazione aptica, all'interno di un percorso inclusivo di valorizzazione del Bene.

Il modello analogico di un artefatto culturale architettonico può declinarsi su diverse scale, a seconda delle informazioni da comunicare ai fruitori.

Alla scala urbana, esso può rappresentare un'area di particolare pregio, come nel caso del modello tattile del centro culturale Luma Arles, in Francia. Il complesso, progettato da Gehry, si estende su un'area di undici ettari e viene descritto da due pannelli tattili caratterizzati dall'uso di diverse cromie e trame che aiutano a distinguere i diversi edifici dell'area. La classificazione degli elementi mediante l'uso di colori è poi declinata anche nel sistema di orientamento dell'area, implementando così un approccio inclusivo per la fruizione del sito (fig. 9). In questo senso, il modello tattile può essere utilizzato dalle persone non vedenti per



Fig. 9. Modello tattile del centro culturale Luma Arles, Francia. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/gk0xxi>> (consultato il 21 febbraio 2024).



Fig. 10. Mappa in bronzo della città di Nordlingen, Germania. Autore: Andrew-M-Whitman. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/a9xaek>> (consultato il 21 febbraio 2024).

la creazione di una propria mappa mentale dell'area attraverso il tatto, utile per gli spostamenti in sicurezza e l'orientamento autonomo all'interno dello spazio.

È possibile anche comunicare una particolare conformazione urbana, come nel caso della cittadina tedesca di Nordlingen: mediante un modello tattile in bronzo corredato di testi in braille si evidenzia la singolare forma circolare dell'abitato, dovuto allo sviluppo abitativo del nucleo all'interno di un cratere meteoritico (fig. 10).

I modelli architettonici delle singole costruzioni, o di parti di esse, possono illustrare con maggiore dettaglio i diversi elementi che li compongono, evidenziando particolari costruttivi, come nel modello bronzeo del *Golden Gate Bridge*, inserito all'interno del progetto di allestimento per la valorizzazione del Ponte, in cui è possibile esplorare tattilmente una delle due torri per comprenderne meglio forma e proporzioni [Anagnos et al. 2013] (fig. 11).

Infine, tra le caratteristiche più rilevanti dell'utilizzo dei modelli fisici è quella di poter illustrare sia la "narrazione aptica" dello stato di fatto e sia il racconto delle ipotetiche ricostruzioni dello stesso [Caldarone 2018; Emler, Fusinetti 2021; Barvir et al. 2021].

La possibilità per i non vedenti di esplorare autonomamente le rappresentazioni tattili degli artefatti culturali è dunque una sfida in cui è richiesto l'adattamento dei contenuti significativi del Bene alle specifiche caratteristiche dell'esplorazione tattile [Souradi et al. 2020], anche se l'utilizzo di questi modelli permette di rivolgersi non solo alle persone con disabilità visive o cognitive, a cui principalmente si rivolgono, ma alla totalità dei fruitori.

Conclusioni

Gli sviluppi nell'utilizzo di questi modelli nell'ambito della comunicazione del patrimonio culturale sono oggi orientati all'implementazione di nuovi livelli sensoriali, mediante l'utilizzo delle tecnologie dell'informazione.

Il progetto *Unesco4All* presenta un approccio innovativo avente l'obiettivo di creare dei percorsi sensoriali intorno ad alcuni siti Patrimonio dell'umanità, pensati appositamente per un pubblico non vedente. Agli utenti viene messo a disposizione un anello dotato di tecnologia NFC [D'Agnano et al. 2015] che, mediante il supporto di un'app, è in grado di "leggere" il modello seguendo l'esplorazione aptica e fornire una descrizione audio in tempo reale.



Fig. 11. Modello bronzeo di una delle torri del Golden Gate Bridge. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/8mofb3>> (consultato il 21 febbraio 2024).

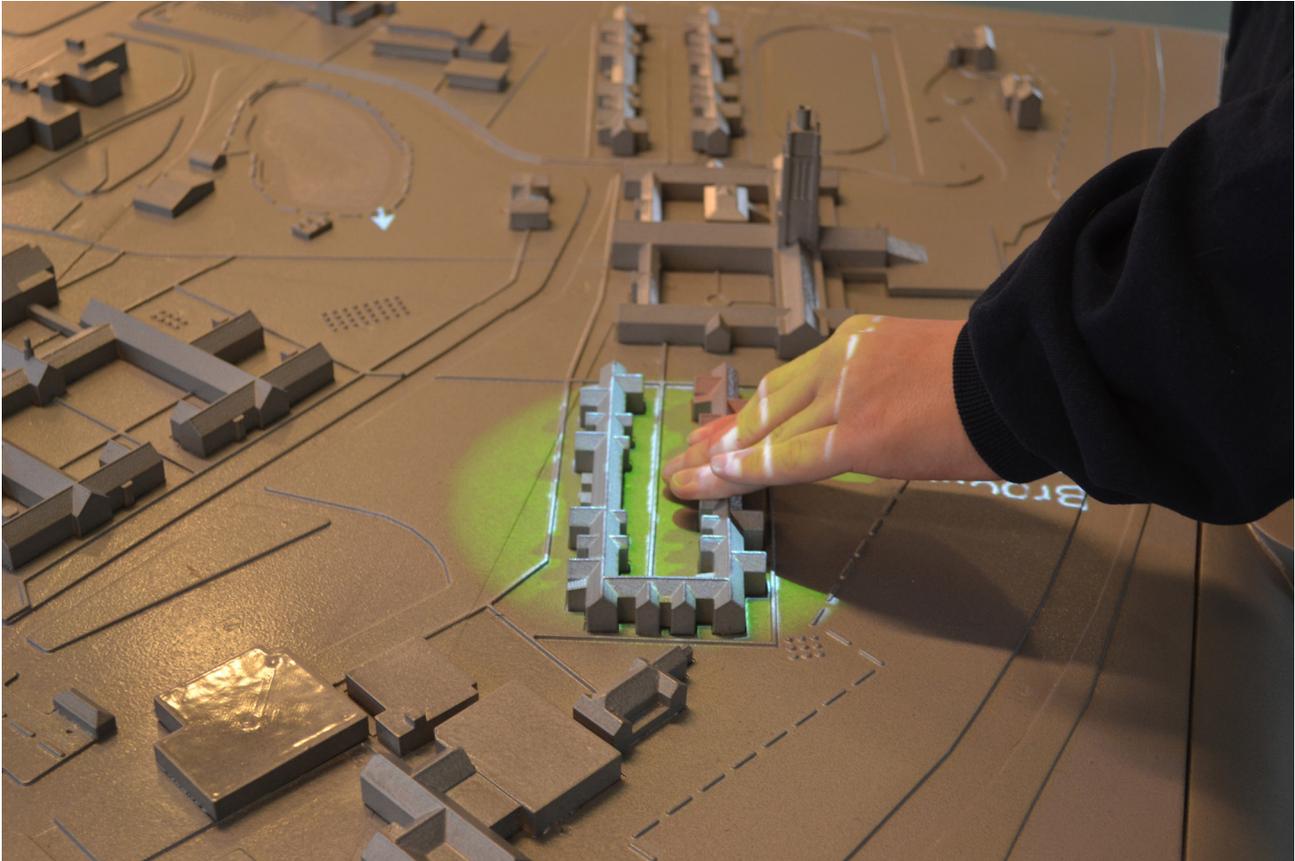


Fig. 12. Modello multisensoriale della Perkins School, che offre indicazioni audio, tattili e visive per un'interazione inclusiva. Crediti: Centro IDeA dell'Università di Buffalo. Risorsa disponibile online: <<https://rb.gy/bfj1sp>> (consultato il 9 aprile 2024).

Utilizza un approccio simile la ricerca condotta per la valorizzazione del Castello di Olomuc, in Repubblica Ceca. Qui l'interazione tra l'utente e modello viene ottenuta stampando gli elementi del modello corrispondenti ai punti di interesse con un materiale conduttivo in grado di "rispondere" al tocco. L'attivazione delle connessioni tramite il tatto porta alla visualizzazione di informazioni dettagliate sul tablet situato accanto al modello 3D e alla descrizione audio degli elementi [Lazna et al. 2002].

La ricerca portata avanti dall'IDEA Center dell'Università di Buffalo propone invece un sistema di *wayfinding* interattivo. Sono state stampate delle mappe tridimensionali

disegnate successivamente con vernice conduttiva: al tocco una proiezione luminosa illumina l'edificio e vengono comunicate all'utente le informazioni relative ad esso insieme alle indicazioni su come raggiungerlo, il tutto attraverso un sistema audio (fig. 12).

Oggi il ruolo storicamente riconosciuto ai modelli fisici, che prevedeva una percezione esclusivamente visiva, viene superato in favore di modelli che supportano nuovi livelli di percezione sensoriale capaci di incrementare il grado di inclusività e rispondere con efficacia alle normative richiedenti interventi in linea con i principi della progettazione per tutti.

Note

[1] Si consulti a tale riguardo il documento del Ministero del Lavoro, della Salute e delle Politiche Sociali (2009). *Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità*, in particolare l'articolo 30 riferito alla partecipazione alla vita culturale e ricreativa, agli svaghi ed allo sport e l'articolo 9 riguardante l'accessibilità. <[https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/disabilita-e-non-autosufficienza/focus-on/Convenzione-ONU/Do-](https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/disabilita-e-non-autosufficienza/focus-on/Convenzione-ONU/Documenti/Convenzione%20ONU.pdf)

uments/Convenzione%20ONU.pdf> (consultato il 20 febbraio 2024).

[2] L'articolo 12 della Convenzione di Faro si riferisce specificatamente all'accesso al patrimonio culturale e alla partecipazione democratica: <<https://www.journalchc.com/wp-content/uploads/2020/08/Convenzione-di-Faro.pdf>> (consultato il 20 febbraio 2024).

Autore

Alexandra Fusinetti, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica, Università degli Studi di Sassari, amfusinetti@uniss.it

Riferimenti bibliografici

Anagnos, T., Carroll, B., Weiss, S., Heil, D. (2013). PublicWorks for Public Learning: A Case Study. In *Proceedings of the 120th ASEE Annual Conference & Exposition*. Atlanta, Georgia 23-26 giugno 2013. <https://www.researchgate.net/publication/262674224_PublicWorks_for_Public_Learning_A_Case_Study/link/00b7d5385ffaafbed2d000000/download?tp=eyJlb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdVJsaWNhdGlvbiInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbH19> (consultato il 28 maggio 2024).

Ansaldi, B. (2023). *Perspective and the blind. Rappresentazione e comunicazione inclusiva per l'accessibilità dei dipinti prospettici*. Napoli: FedOAPress.

Balletti, C., Adami, A., Guerra, F., Vernier, P. (2012). Dal rilievo alla maquette: il caso di San Michele in Isola. In *Archeomatica* v. 3 n. 2, pp. 24-30. <<https://mediageo.it/ojs/index.php/archeomatica/article/view/122/131>> (consultato il 28 maggio 2024).

Barvir, R., Brus, J., Vondrakova, A. (2021). 3D-printed models of Czech architectural monuments for people with severe visual impairment. In P. Zamperlin, A. Cantile, and M. Milli (Eds.). *Abstracts of the International Cartographic Association of the 30th International Cartographic Conference (ICC 2021)*. Firenze, 14–18 dicembre 2021, vol. 3. <<chrome-extension://efaidnbmninnipcbajpgclclefindmkaj/https://ica-abs.copernicus.org/articles/3/23/2021/ica-abs-3-23-2021.pdf>> (consultato il 28 maggio 2024).

Bigi, D. (2017). La Forma delle idee. L'elaborazione di modelli tra storia dell'architettura antica e musealizzazione odierna. In *Amici dei Musei di Roma* (a cura di). *Bollettino dei musei comunali di Roma*, Nuova Serie 2017, vol. 31. Roma: Gangemi Editore.

Caddeo, P., Fornara, F., Nenci, A. M., Piroddi, A. (2006). Wayfinding tasks in visually impaired people: the role of tactile maps. In *Cognitive Processes*, vol. 7, pp. 168–169. <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10339-006-0128-9.pdf>> (consultato il 28 maggio 2024).

Caldarone, A. (2018). Dalla stampa 3D agli oggetti 4D. La prototipazione rapida per i beni culturali. In T. Empler, F. Quici, G. M. Valenti (a cura di). *Atti del 4° workshop 3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere*. Roma, 18-19 aprile 2018, pp. 366-382. Roma: Dei, Tipografia del Genio Civile.

Càndito, C., Meloni, A. (a cura di). (2022). *Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione. Atti del convegno DAI*, Genova 2-3 dicembre 2022. Alghero: Pubblica. <https://www.publicapress.it/wp-content/uploads/2022/11/DAI_PUBBLICA.pdf> (consultato il 28 maggio 2024).

Consiglio d'Europa - *Convenzione quadro del Consiglio d'Europa sul valore del patrimonio culturale per la Società* (2008). <<https://www.journalchc.com/wp-content/uploads/2020/08/Convenzione-di-Faro.pdf>>

D'Agnano, F., Balletti, C., Guerra, F., Vernier, P. (2015). Tooteko: a case study of augmented reality for an accessible cultural heritage. Digitization, 3d printing and sensors for an audio-tactile experience. In *International Archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. XL-5/W4, pp. 207–213. <<https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XL-5-W4/207/2015/isprs-archives-XL-5-W4-207-2015.pdf>> (consultato il 28 maggio 2024).

Direzione Generale dei Musei (2018). *Linee guida per la redazione del Piano di eliminazione delle barriere architettoniche (P.E.B.A) nei musei, complessi museali, aree e parchi archeologici*. <<http://musei.beniculturali.it/wp-content/uploads/2015/11/Linee-guida-per-la-redazione-del-Piano-di-eliminazione-delle-barriere-architettoniche-P.E.B.A-nei-musei-complessi-museali-aree-e-parchi-archeologici.pdf>> (consultato il 20 febbraio 2024).

Direzione Generale dei Musei (2022). *Piano strategico per l'eliminazione delle barriere architettoniche*. <http://musei.beniculturali.it/wp-content/uploads/2023/08/PN-PEBA_aggiornamento-agosto-2023.pdf> (consultato il 20 febbraio 2024).

Empler, T. (2012). *Grafica e comunicazione ambientale. Nuovi ambiti rappresentativi nell'architettura contemporanea*. Roma: DeI.

Empler, T., Fusinetti, A., (2019). Rappresentazione visuo-tattile. Comunicazione tattile per i disabili visivi / Visual-tactile representation. Tactile communication for the visually impaired. In P. Belardi (a cura di). *Riflessioni. L'arte del disegno. Il disegno dell'arte. Atti del 41° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / Reflections. The art of drawing. The drawing of art. Proceedings of the 41st International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Perugia, 19-21 settembre 2019, pp. 1563-1572. Roma: Gangemi Editore. <<https://www.torrossa.com/it/resources/an/4557553#>> (consultato il 28 maggio 2024).

Empler T., Fusinetti A. (2021). Dal rilievo strumentale ai pannelli informativi tattili per un'utenza ampliata / From Instrumental Surveys to Tactile Information Panels for Visually Impaired. In A. Arena, M. Arena, D. Mediatì, P. Raffa (a cura di). *Connettere. Un disegno per andare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/ Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Messina 16-17-18 settembre 2021, pp. 2265-2282. Milano: FrancoAngeli. <<https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/view/693/544/4192>> (consultato il 28 maggio 2024).

Empler T., Caldarone A., Fusinetti A. (2023). L'interazione visibile: transizioni tra modelli analogici e digitali per le ricostruzioni storiche / Visible Interaction: Transitions between Analogical and Digital Models for Historical Reconstructions. In M. Cannella, A. Garozzo, S. Morena (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Palermo, 14-16 settembre 2023, pp. 1231-1248. Milano: FrancoAngeli. <<https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/view/1016/880/5688>> (consultato il 28 maggio 2024).

Lazna, R., Barvir, R., Vondrakova, A., Brus, J. (2022). Creating a Haptic 3D Model of Wenceslas Hillin Olomouc. In *Applied Sciences* n. 12. <<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/21/10817/pdf?version=1667802912>> (consultato il 28 maggio 2024).

Limoncelli, M. (2023). "Sources of Research" for the Virtual Reconstruction of Ancient Monuments: The Case of Architectural Models. In I. Trizio, E. Demetrescu, D. Ferdani (Eds.). *Digital 'Restoration' and 'Virtual' Reconstructions, Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*, pp. 19-37. Cham: Springer.

Menchetelli, V., Melloni, E. (2023). Dall'accessibilità alle accessibilità: il disegno per l'inclusione molteplice del patrimonio culturale. In A. Sdegno, V. Riavis (a cura di). *Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione. Atti del II convegno DAI*, Udine 1-2 dicembre 2023, pp. 340-363. Alghero: Pubblica. <<https://www.publicapress.it/index.php/book/dai2023/>> (consultato il 28 maggio 2024).

Ministero per i Beni e le Attività Culturali (2008). *Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale*. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2008/05/16/114/so/127/sg/pdf> (consultato il 20 febbraio 2024).

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* n. 12. <<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/11910/pdf?version=1669340247>> (consultato il 28 maggio 2024).

Sdegno, A., Riavis, V. (2020). Toccare la profondità: restituzione prospettica e percezione aptica inclusiva / Touching the depths: perspective restitution and inclusive haptic perception. In *Disegnare Idee Immagini*. Anno XXXI, n. 60, pp. 72-83. Roma: Gangemi

Sdegno, A., Riavis, V. (a cura di). *Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione. Atti del II convegno DAI*, Udine 1-2 dicembre 2023. Alghero: Pubblica. <<https://www.publicapress.it/index.php/book/dai2023/>> (consultato il 28 maggio 2024).

Simonnet, M., Morvan, S., Marques, D., Ducruix, O., Grancher, A., Kerouedan, S., (2018). Maritime Buoyage on 3D-Printed Tactile Maps. In Association for Computing Machinery (Ed.). *Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '18)*. New York, USA, pp. 450–452.

Souradi A., Lecomte C., Romeo K., Gay S., Riviere M.A., El Moataz A., Pissaloux E. (2020). Towards the Tactile Discovery of Cultural Heritage with Multi-approach Segmentation. In El A. Moataz, D. Mammass, A. Mansouri, F. Nouboud (Eds.). *Image and Signal Processing. ICISP 2020. Lecture Notes in Computer Science*, pp. 14-23. Cham: Springer. <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-51935-3.pdf>> (consultato il 28 maggio 2024).

Whittemore, T. (1938). The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. In *American Journal of Archaeology*, vol. 42, n. 2, pp. 219–226.