

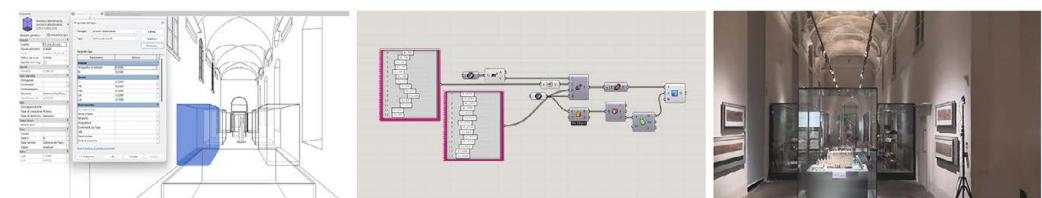
# Misure e Dis-misure nell'Ecosistema Museale

Andrea Tomalini  
Jacopo Bono  
Massimiliano Lo Turco

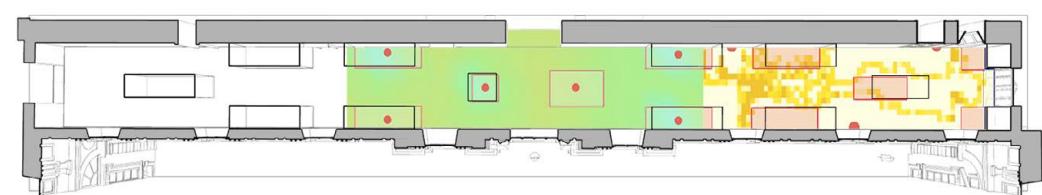
## Abstract

L'atto del misurare è considerato uno tra i più tipici esercizi che i docenti di Disegno sono chiamati a svolgere. Quando però il concetto di misura si relazione al mondo fenomenologico entrano in campo altre competenze che contribuiscono tanto alla registrazione quanto all'interpretazione del dato. Questo è il caso che si propone in questo contributo, ove elementi materiali e immateriali si ibridano, integrando insieme in ambienti digitali i tre elementi che caratterizzano l'ecosistema museale: il contenitore, il contenuto e il pubblico. Proprio dall'intento di voler registrare il comportamento dei visitatori all'interno degli spazi museali ne derivano modelli inediti in grado di produrre nuove e molteplici modalità di rappresentazione capaci di integrare differenti basi di dati che aprono a nuovi scenari per una ottimizzazione dell'ecosistema museale. Il terreno di sperimentazione si riferisce ad alcune sale auliche del Museo Egizio, in Torino, con cui il gruppo di ricerca ha all'attivo numerose collaborazioni.

**Parole chiave**  
ecosistema museale, fruitore, nuove rappresentazioni, tecnologia UWB, Museo Egizio.



Rappresentazioni del complesso ecosistema museale attraverso la modellazione digitale parametrica (BIM), algoritmica (mappa d'influenza) e sensoristica (heatmap) nell'ambito di un percorso espositivo.



## Introduzione: definizione di “ecosistema museale”

Il contributo considera l’ambiente museale come un ecosistema, inteso come “*a biological community of interacting organisms and their physical environment*”. Ovvero un sistema costituito dalla sommatoria di diversi componenti che interagiscono tra loro [Giovannini 2023] anziché operare in isolamento, realizzando un sistema autosufficiente e in equilibrio. Questo ambiente comprende sia gli elementi viventi, come il pubblico - i fruitori - e il personale del museo, sia gli elementi non viventi, come la struttura fisica del museo - il contenitore - e le sue collezioni - il contenuto.

Attualmente, le connessioni già presenti tra queste tre diverse componenti del sistema museale possono essere analizzate e più profondamente comprese attraverso il digitale (fig. 1). In questo contesto di innovazione la disciplina della Rappresentazione assume il compito di gestire i processi interdisciplinari e di fornire un linguaggio comune che facilita la collaborazione tra le figure interessate studiandone le diverse connessioni. In particolare, il focus di questo lavoro è sulla Rappresentazione del comportamento del fruitore mediante l’impiego di strumenti digitali avanzati, originariamente estranei all’ambiente museale. Questi strumenti sono in grado di evidenziare una delle connessioni presenti in questo ecosistema: la relazione tra il fruitore con le due componenti precedentemente menzionate, il museo come contenitore e la collezione come contenuto.

## Analisi del comportamento dei visitatori: le principali categorie e classificazioni

Negli ultimi quarant’anni, il ruolo del pubblico nei musei è diventato cruciale. Oggi i musei cercano di comprendere meglio i loro visitatori, analizzando le motivazioni che li spingono a visitare lo spazio museale. I visitatori sono ora al centro dell’esperienza museale, trasformando i musei da semplici luoghi di osservazione a contesti di dialogo attivo.

Conoscere chi visita i musei e cosa cerca in questa esperienza è fondamentale per comprendere il ruolo dei musei nella società [Falk 2009]. L’eterogeneità dei visitatori di un museo richiede la necessità di compiere scelte mirate e specifiche per riprodurre tale varietà e variabili all’interno dell’esperienza di visita in ambito museale. Grazie alle moderne tecnologie dell’informazione e della comunicazione (TIC), i musei stanno entrando in una nuova era in cui la tematica della personalizzazione, legata alle attività dell’istituzione museale, è sempre più al centro del dibattito. [Najbrt et al. 2014].

Uno degli obiettivi primari dei musei è garantire un’esperienza coinvolgente durante la visita alla loro collezione, sia essa permanente o temporanea. Questo è un compito impegnativo, ma i principali musei del mondo hanno raggiunto livelli eccellenti nella *Visitor Experience*, concentrandosi sul pubblico oltre che sulla collezione stessa.

Indipendentemente dalle motivazioni che ci spingono a visitare un museo, le dinamiche di base rimangono le stesse: un edificio, numerose opere da esplorare, e un tempo limitato per farlo. Tuttavia, la nostra identità, le nostre aspettative e i nostri obiettivi determinano come percepiamo e interagiamo con lo spazio e le opere museali, lasciando margine per l’imprevedibilità.

Le osservazioni sui visitatori dimostrano che il comportamento e l’esperienza all’interno dei musei sono variegati e non sempre prevedibili. Il pubblico dei musei è estremamente diversificato e non esiste una classificazione universale che lo descriva in modo esaustivo. Ogni studio sulla personalizzazione dell’esperienza museale sviluppa il proprio sistema di classificazione dei visitatori, adattandolo alle specifiche esigenze della ricerca.

Veron e Levasseur hanno proposto una classificazione basata sul comportamento degli individui all’interno dello spazio espositivo, associando caratteristiche animali a diversi stili di visita: formica, pesce, cavalletta e farfalla (fig. 2) [Veron et al. 1983]. Altri come Umiker-Sebeok, Dean e Serrel hanno identificato varie categorie di visitatori, basate su aspetti come l’interpretazione dello spazio espositivo e l’approccio all’esperienza museale.

Umiker-Sebeok ha identificato quattro tipi di visitatori: pragmatico, critico, utopista e diversivo [Umiker-Sebeok 1994].

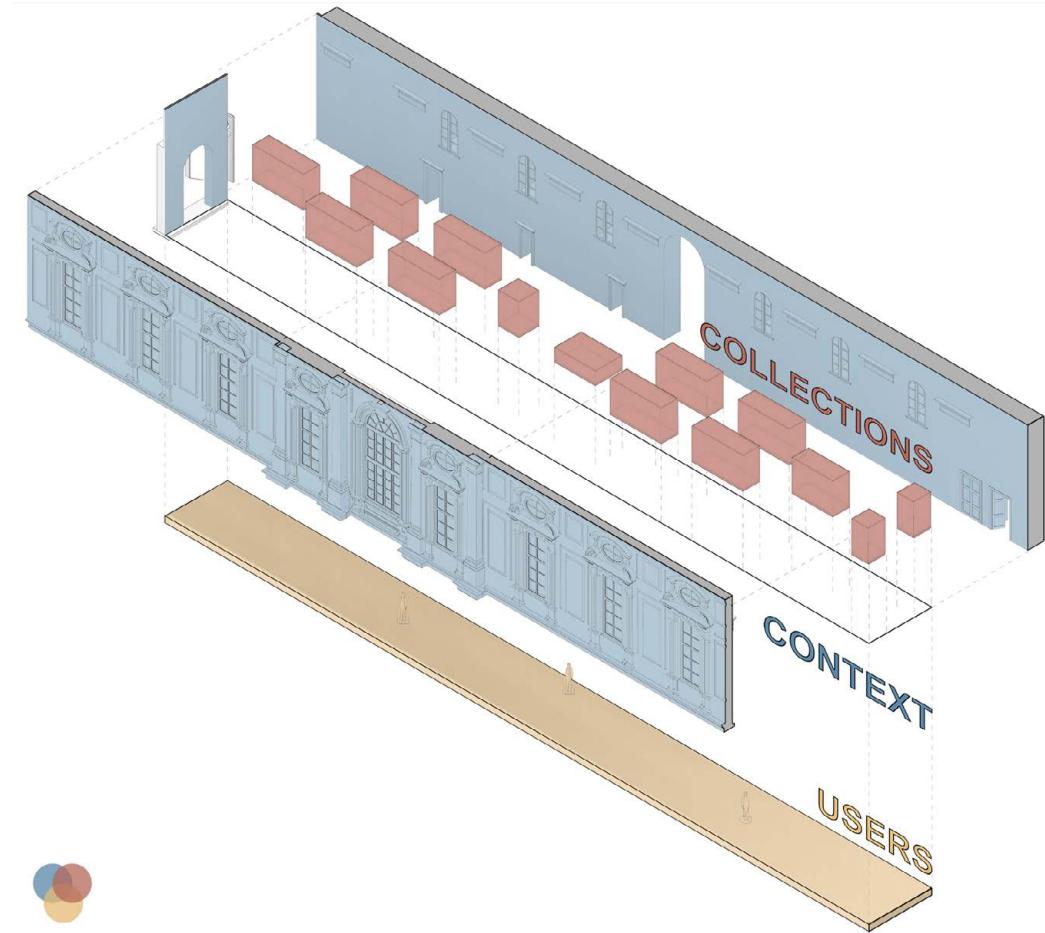


Fig. 1. Rappresentazione schematica dell'Ecosistema Museale: Contenitore, Contenuto e Fruitori. Elaborazione degli autori.

Dean ha suddiviso i visitatori in tre categorie più ampie: occasionali, frettolosi e di studio [Dean 1996]. Una classificazione simile è stata proposta da Serrel, che ha individuato tre tipologie di visitatori: transitori, campionatori e visualizzatori metodologici [Serrel 1996].

Gli studi successivi hanno evidenziato la necessità di una classificazione più oggettiva. Gardner ha categorizzato i visitatori in base al tipo di materiale informativo che preferiscono [Gardner 1999], mentre Hooper-Greenhill ha suggerito una classificazione delle risorse museali per attrarre diverse tipologie di gruppi sociali [Hooper-Greenhill 1999].

Altri studi, come quelli di Sparacino e McCarthy, hanno categorizzato i visitatori in base agli stili di apprendimento e al tipo di materiale informativo che preferiscono. Sparacino ha proposto tre categorie principali di visitatori: avidi, selettivi e impegnati, e ha utilizzato dispositivi indossabili per raccogliere dati e personalizzare l'esperienza dei visitatori [Sparacino 2002]. McCarthy ha basato la sua classificazione sui diversi stili di apprendimento dei visitatori [McCarthy et al. 2005]. Falk ha categorizzato i visitatori museali in base al loro comportamento durante la visita: cercatori di esperienze, esploratori, facilitatori, appassionati e professionisti, e ricorda che tali categorie sono flessibili e adattabili [Falk 2009]. Najbrt e Kapounovà hanno sviluppato un algoritmo per una guida adattiva basata sulle caratteristiche comuni dei visitatori [Najbrt et al. 2014], mentre Chang et al. hanno proposto un metodo di profilazione dei visitatori basato sui social network, dimostrando che i follower di un museo possono avere caratteristiche e interessi simili [Chang et al. 2022].

Tuttavia, non esiste una standardizzazione universale del visitatore museale, poiché ogni museo ha la propria identità e il proprio pubblico.

Queste indagini sono cruciali per orientare le decisioni dei musei, dalla gestione delle collezioni alla progettazione di mostre e all'engagement della comunità.

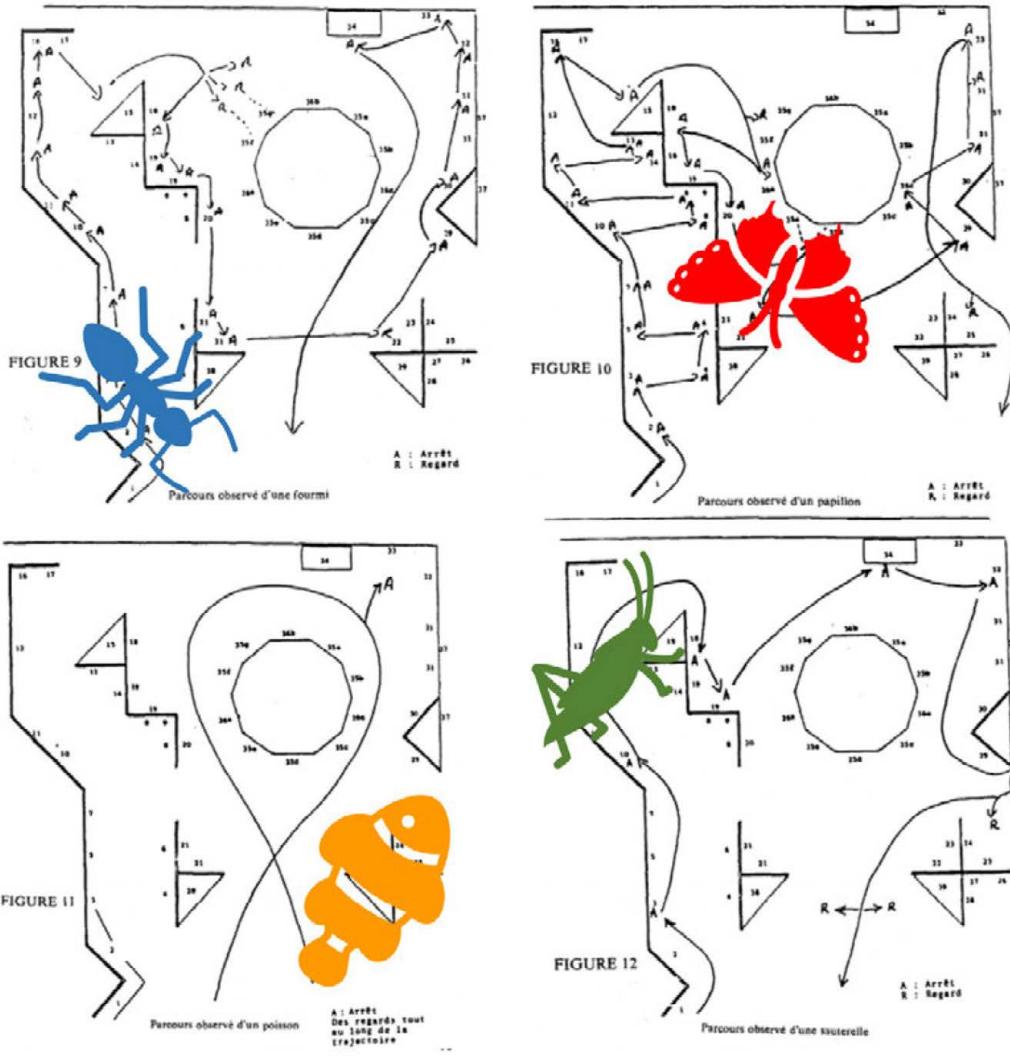


Fig. 2. Collage di immagini di classificazione sul comportamento degli individui all'interno dello spazio espositivo, associando ai diversi stili di visita le caratteristiche animali: formica, pesce, cavalletta e farfalla.  
Elaborazione degli autori.

### Relazione tra fruitori e contenitore/contenuto

Le ricerche precedenti, che si sono concentrate sulla definizione dei diversi tipi di visitatori nei musei, hanno messo in luce la stretta relazione tra il fruitore e l'ambiente museale, enfatizzando il concetto di ecosistema museale. Questo concetto evidenzia come il fruitore interagisca non solo con l'area espositiva (il contenitore), ma anche con gli elementi che la compongono (la collezione). In particolare, focalizzandosi sul concetto di valore formale e invisibile attribuito agli elementi della collezione (*agency*), è possibile riconoscere in ciascun oggetto museale un potenziale attrattivo che consente di predire in modo accurato i percorsi intrapresi dai visitatori. Questa prospettiva è stata esplorata e indagata attraverso gli strumenti propri della Rappresentazione che permettono di tradurre lo spazio espositivo nel campo grafico di questa applicazione e indagine [Calvano et al. 2020]. Nello studio condotto da Calvano, l'indagine è volta alla comprensione, a partire da prefigurazione dei flussi in ambito infrastrutturale, della qualità distributiva di uno specifico allestimento. Le principali criticità emerse possono essere così sintetizzate: una carenza della reperibilità delle informazioni associate ai reperti contenuti nell'allestimento (completezza del dato); una inefficace interoperabilità tra gli strumenti di acquisizione del dato con quelli di restituzione (trasferimento del dato).

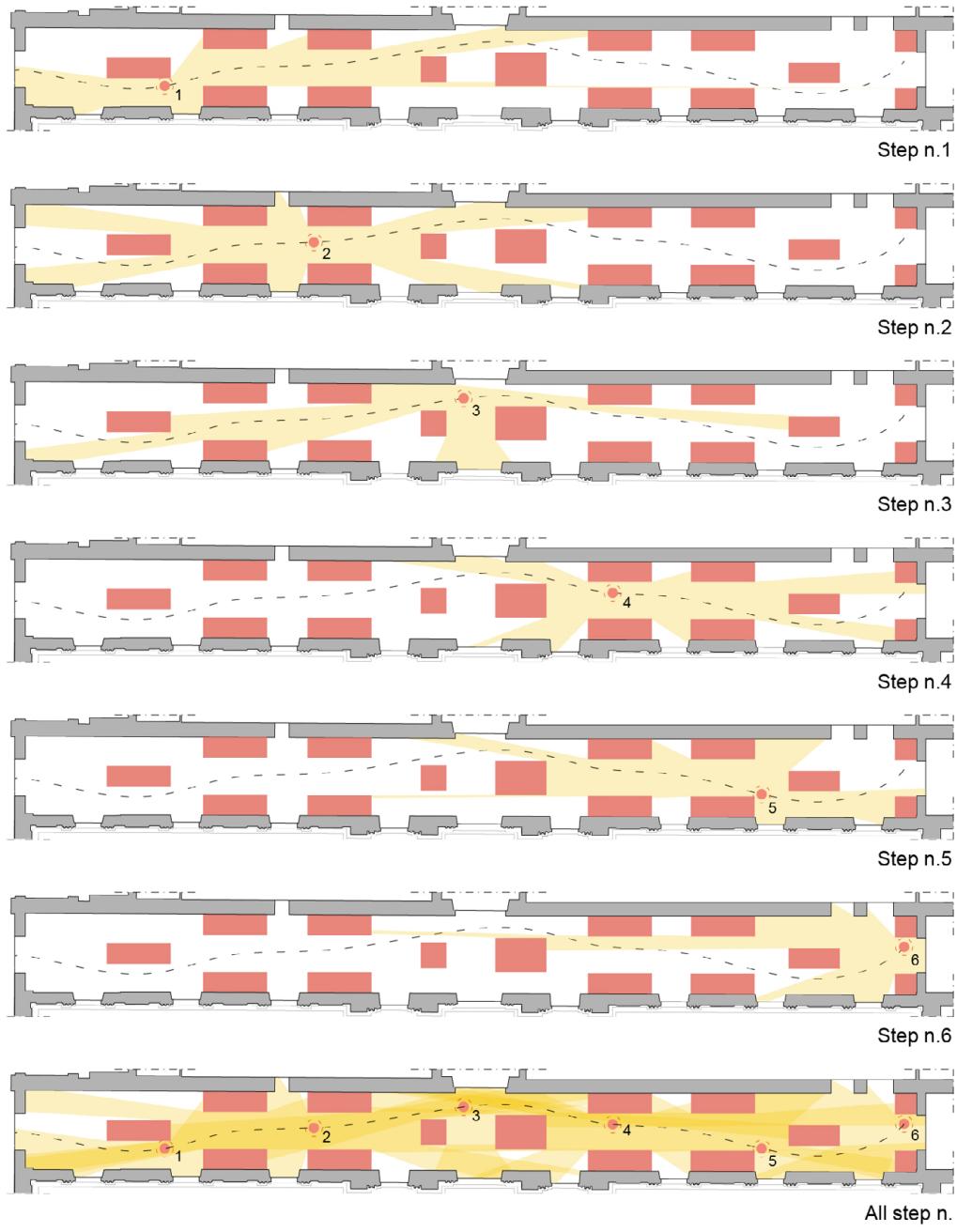


Fig. 3. Mappa grafica cromatica della rappresentazione dell'isovista. Elaborazione degli autori.

Il caso studio è stato scelto sia per le sue caratteristiche morfologico/dimensionali compatte e contenute per agevolare l'acquisizione e ridurre le interferenze dei dati, sia per la disposizione strategica dell'allestimento, con una collocazione isolata degli elementi della collezione che diventano potenziali punti focali. L'area comprende due sale localizzate al primo piano dell'attuale percorso di visita del Museo Egizio. Queste sale sono denominate rispettivamente sala n. 8 - galleria dei Sarcofagi e sala n. 10 – Valle delle Regine. Entrambe le sale sono state digitalizzate utilizzando la modellazione a partire da nuvole di punti, consentendo la creazione di un modello architettonico informativo.

Questo modello può essere considerato come un database n-dimensionale, in grado di fornire i parametri di input necessari per i successivi processi di analisi tramite il *Visual Programming Language* (VPL).

Gli algoritmi qui proposti, ancora in fase prototipale, simulano il comportamento del pubblico misurando lo spazio museale percepito attraverso: lo studio delle isoviste (fig. 3), definite come le visuali che tengono conto della quantità di spazio visibile emessa da una sorgente puntiforme (fruitore) collocata all'interno dell'ambiente (contenitore) [Benedikt 1979; Nagy 2017]. La loro rappresentazione grafica può essere di natura bidimensionale - l'area (isovista 2D) o tridimensionale - il volume (isovista 3D); l'indagine dei campi vettoriali (fig. 4), riprendendo una similitudine con i concetti fisici, in particolare con i campi elettromagnetici, è possibile individuare uno specifico spazio, caratterizzato da punti a cui è possibile e doveroso attribuire una carica (metadati), in grado di mettere in relazione questo spazio con l'ambiente circostante in cui è inserito. La loro rappresentazione grafica è di natura matematico-fisica, ovvero il vettore. Le loro principali proprietà sono: l'intensità e il decadimento. Più nel dettaglio gli *script* definiti necessitano l'attribuzione di specifici input: il "peso attrattivo" posseduto da ciascuna teca presente nell'ambiente; gli ingombri delle opere/teche a cui associare il "peso attrattivo"; le superfici calpestabili, i cui contorni delineano i limiti dell'indagine.

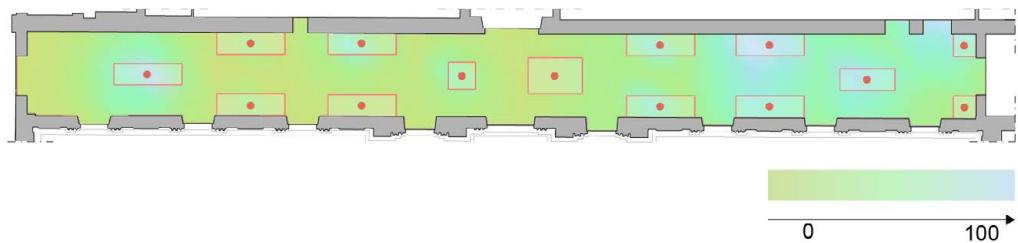


Fig. 4. Mappa grafica cromatica del livello di influenza delle opere. Elaborazione degli autori.

Questi strumenti consentono di utilizzare delle variabili, che permettono da un lato di evidenziare l'interazione che avviene tra il fruitore e il contenuto/contenitore; e dall'altro di rispondere alle possibili variazioni dettate dai probabili scenari plausibili attraverso la modifica del "peso attrattivo" o della posizione delle teche.

La generazione di scenari differenti fornisce un quadro completo delle dinamiche di navigazione dei visitatori e può essere utile per ottimizzare la disposizione della collezione o migliorare l'esperienza complessiva del visitatore all'interno dell'ambiente museale [Cirelli 2019].

### Esperienza di rilevamento

Al contrario della localizzazione *outdoor*, quella *indoor* rappresenta oggi una sfida ancora aperta: mancando un sistema di posizionamento che sia relativamente economico (sia per utente che per il gestore), poco esigente nel suo mantenimento e in grado di scalare con il minor impatto possibile; senza queste caratteristiche essenziali qualsiasi tecnologia sviluppata non arriverà mai a una diffusione capillare e a imporsi come uno standard. Riguardo i sistemi di localizzazione in tempo reale (RTLS) *indoor* la letteratura di settore propone diverse soluzioni basate su tecnologia *Ultra-Wide Band* (UWB) [Gezici et al. 2005]. Gli RTLS basati su UWB sono stati rapidamente sviluppati per vari domini applicativi, come Industria 4.0 (monitoraggio di beni, carrelli elevatori e dipendenti), Sanità (monitoraggio di pazienti e beni), *Smart Home* (controllo degli accessi residenziali, ritrovamento di oggetti). In questi diversi ambiti si è individuata come strada particolarmente promettente l'impiego di smartphone come dispositivi *client*.

A questo riguardo è importante notare come negli ultimi cinque anni gli smartphone di fascia alta siano stati dotati di tecnologia *Ultra-Wide Band* (UWB): proprio per questa ragione si è deciso di impiegare un kit UWB conforme allo standard UWB IEEE 802.15.4. - 2015 prodotto dalla società decaWave.

Il processo seguito per la verifica della metodologia studiata può essere suddiviso in due fasi distinte: la calibrazione degli strumenti e la registrazione dei movimenti di alcuni utenti selezionati.

Fase di Calibrazione: in questa fase iniziale si è verificata la funzionalità del modulo *Ultra-Wide Band* attraverso una serie di test. Dopo una preliminare calibrazione, sono stati eseguiti due set di misurazioni a quattro distanze prestabilite. Nel primo set, i dispositivi erano posizionati senza ostacoli intermedi, mentre nel secondo set è stata introdotta una teca espositiva come barriera. È stato compilato un report riassuntivo di queste misurazioni, come illustrato nella seguente tabella, che include i valori medi ottenuti campionando le distanze per 10 secondi a una frequenza di 5 letture al secondo.

Dai risultati, si nota che l'accuratezza delle misurazioni aumenta con la distanza e che la tecnologia UWB dimostra una buona capacità di penetrare i materiali (fig. 5). Queste deduzioni hanno suggerito un'ulteriore calibrazione degli strumenti, consentendo di determinare la disposizione ottimale dei nodi ancora per il tracciamento.

Presence of obstacles	Distance (cm)	Distance measured with UWB devices (cm)	Delta (cm)	Difference (%)
No	150	153	3	2.00
No	375	379	4	1.06
No	978	988	10	1.00
Si	150	157	7	4.66
Si	375	386	11	2.93
Si	978	998	20	2.04

Fig. 5. - Tabella con i valori medi delle misurazioni fatte durante la fase iniziale di calibrazione, utili per valutare l'efficacia della tecnologia UWB. Elaborazione degli autori.

Fase di Registrazione Movimenti: durante la seconda fase sono stati selezionati otto individui che non avevano visitato il museo nell'ultimo anno. Al fine di minimizzare il rischio di sovraffollamento e di interferenze nel movimento causate dalla presenza di altri visitatori, i partecipanti sono stati divisi in due gruppi, facendoli accedere al museo in momenti separati. L'obiettivo consisteva nel tracciare gli spostamenti con un margine di errore non superiore ai 45 cm, corrispondente allo spazio medio occupato da una persona in pianta. Questo approccio metodologico ha permesso di ottenere dati precisi sui movimenti dei visitatori all'interno dello spazio museale (fig. 6).

## Conclusioni

Questa sperimentazione si inserisce all'interno di un progetto di ricerca più ampio, iniziato qualche anno fa, e che aveva dato come esito l'elaborazione di scenari prefigurativi relative al comportamento dei visitatori nelle sale museali, classificati in base alla letteratura di riferimento e il cui movimento era legato al grado di attrattività delle opere esposte.

Ai tempi è mancata l'identificazione e l'applicazione di una tecnologia adeguata che consentisse di validare le ipotesi proposte. Questo contributo rappresenta proprio il tassello mancante che permette di capire se le analisi precedentemente condotte possano essere di supporto a curatori e registrar per la definizione di nuovi percorsi museali.

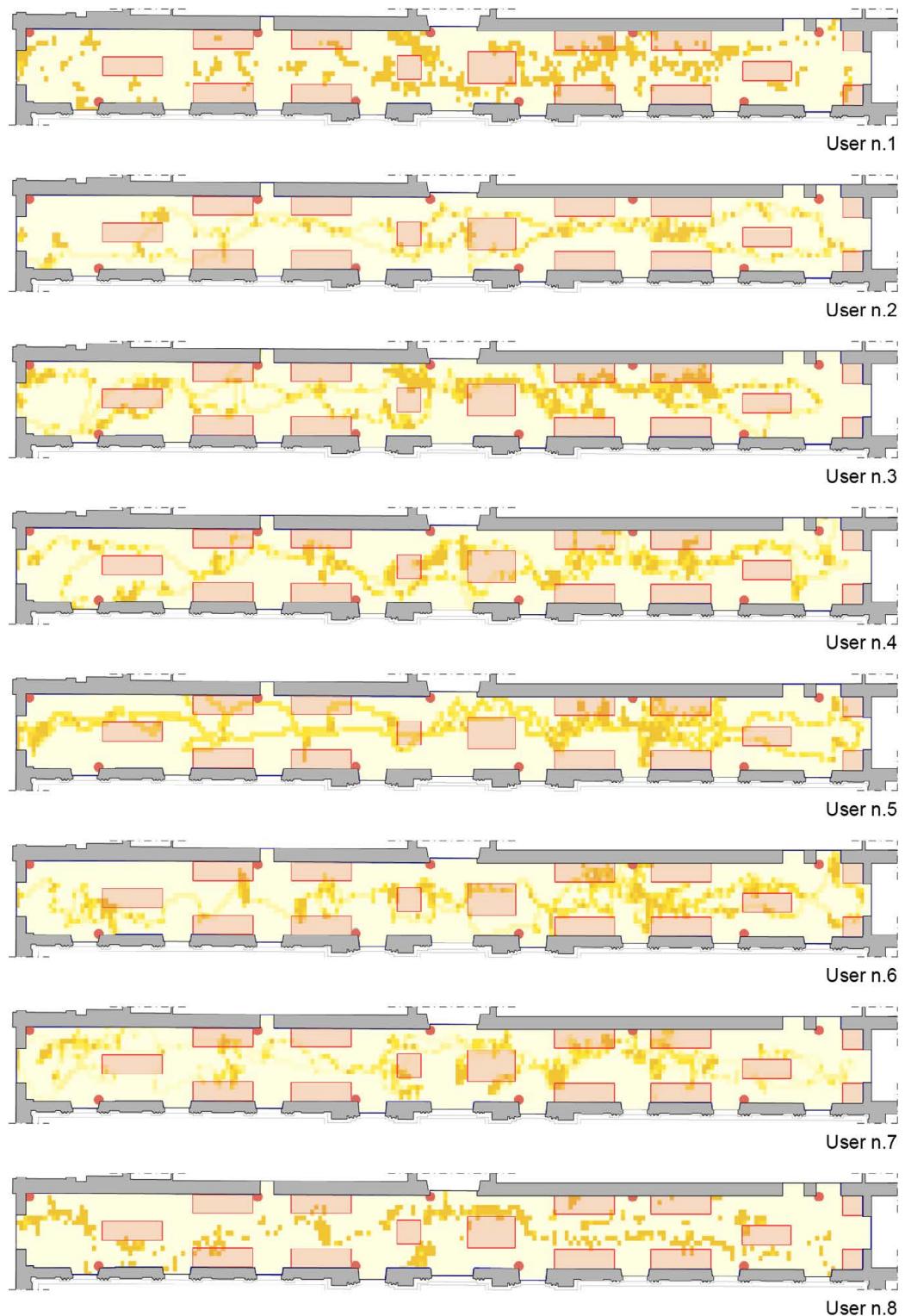


Fig. 6. Heatmap rappresentante la visita degli utenti nelle sale n. 8-10. Le informazioni raccolte evidenziano la possibilità di applicazioni legate alla tecnologia UWB in ambito museale. Elaborazione degli autori.

Pur non avendo una significatività statistica che consenta generalizzazioni immediate, i risultati preliminari di questo esperimento confermano la validità dell'approccio metodologico adottato, aprendo a interessanti prospettive per lo sviluppo di un sistema integrato per la gestione e l'ottimizzazione dell'ecosistema museale. Questa ricerca, quindi, non solo evidenzia il potenziale dell'integrazione tra tecnologia digitale e spazio culturale, ma suggerisce ulteriori indagini sulle modalità con cui le nuove tecnologie della Rappresentazione possono contribuire a comprendere nel profondo il complesso ecosistema museale.

La metodologia proposta è scalabile e applicabile a contesti con un più elevato livello di complessità geometrica e topologica. Grazie alla possibilità di discretizzare e interrogare il dato in maniera puntuale, gli esiti derivanti dalle sperimentazioni possono offrire utili spunti per una efficiente gestione degli spazi museali. Questo include la gestione di problemi di capienza, flusso e sovraffollamenti, che nel recente periodo pandemico hanno rappresentato un forte limite alla piena riapertura di molti spazi espositivi.

Una rappresentazione sintetica, esito anche della registrazione di fenomeni così difficilmente misurabili, e molteplice, come la definirebbe Calvino, che integra l'analisi del fruttore, la gestione dell'ambiente museale e delle collezioni, apre a nuovi scenari per una ottimizzazione dell'ecosistema museale.

#### Crediti

Tutti gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico di questo articolo. Tuttavia i paragrafi "Esplorando il panorama dei visitatori: le principali categorie e classificazioni", "Relazione tra fruitori e contenitore|contenuto" e "Esperienza di rilevamento" sono stati redatti da Andrea Tomalini, il paragrafo "Introduzione: definizione di Ecosistema Museale" è stato redatto da Jacopo Bono, mentre il paragrafo "Conclusioni" è stato redatto da Massimiliano Lo Turco.

#### Riferimenti Bibliografici

- Benedikt M.L. (1979). To take hold of space: isovists and isovist fields. In *Environment and Planning B* n. 6, pp. 47-65. <https://doi.org/10.1068/b060047>.
- Calvano M., Cirelli M., Lo Turco M. (2020). Display the Invisible. Automated Algorithms to Visualize Complex Phenomena. In: E. Cicalò (a cura di). *Proceedings of the 2nd International and Interdisciplinary Conference on Image and Imagination. Atti di IMG2019*. Alghero, 4-5 luglio 2019, AISC, Vol. 1140, pp. 936-949. Cham: Springer.
- Chang M. et al. (2022). Identifying Museum Visitors via Social Network Analysis of Instagram. In *Journal on Computing and Cultural Heritage* n. 15, pp. 1-19. <https://doi.org/10.1145/3505635>.
- Cirelli M. (2019). *SMART MUSEUM. Algorithmic processes for the representation and management of museum exhibitions. The case of the temporary exhibition hall of the Egyptian Museum of Turin*. Tesi di laurea magistrale in Architettura Costruzione Città, relatore prof. M. Lo Turco, correlatore proff. M. Calvano e F. Venuti. Politecnico di Torino.
- Dean D. (1996). *Museum Exhibition*. New York: Routledge.
- Falk J.H. (2009). *Identity and the Museum Visitor Experience*. New York: Routledge.
- Gardner H. (1999). *Dimenze myšlení teorie rozmanitých inteligencí*. Praga: Portál.
- Gezici S. et al. (2005). Localization via ultra-wideband radios: a look at positioning aspects for future sensor networks. In *IEEE Signal Processing Magazine* n. 22, pp. 70-84. <http://dx.doi.org/10.1109/MSP.2005.1458289>.
- Giovannini E.C. (2023). Digital ecosystems for the virtual fruition of Porta Aurea in Ravenna. In F. Picchio (a cura di). *Digital & Documentation. From virtual space to information database. Atti di D&D 2022*. Pavia, 19 settembre 2022, Vol. 5, pp. 129-147. Pavia: Pavia University Press.
- Hooper-Greenhill E. (1999). *The Educational Role of the Museum*. New York: Routledge.
- McCarthy B., Dennis M. (2005). *Teaching Around the 4MAT® Cycle: Designing Instruction for Diverse Learners with Diverse Learning Styles*. Londra: Corwin Press.
- Nagy D. (27.02.2022). View analysis with Isovist. <<https://medium.com/generative-design/view-analysis-with-iovist-587fce149956>> (consultato il 12.02.2024).
- Najbrt L., Kapounová J. (2014). Categorization of Museum Visitors as Part of System for Personalized Museum Tour. In *International Journal of Information and Communication Technologies in Education* n. 3, pp. 17-27. <http://dx.doi.org/10.1515/ijicte-2014-0002>.
- Serrel B. (1996). *Exhibit Labels: An Interpretive Approach*. Lanham: Altamira Press.
- Sparacino F. (2002). The Museum Wearable: real-time sensor-driven understanding of visitors' interests for personalized visually-augmented museum experiences. In *Proceedings of Museums and the Web*, pp. 1-27. <<https://www.academia>

edu/61351320/The\_Museum\_Wearable\_real\_time\_sensor\_driven\_understanding\_of\_visitors\_interests\_for\_personalized\_visually\_augmented\_museum\_experiences> (consultato il 12.02.2024).

Umiker-Sebeok, J. (1994) Behavior in a Museum: A Semio-Cognitive Approach to Museum Consumption Experiences. In *Signifying Behavior. Journal of Research in Semiotics, Communication Theory, and Cognitive Science* n. 1, p. 52-100. <[http://echo.iat.sfu.ca/library/umiker-Sebeok\\_94\\_Behavior\\_Museum.pdf](http://echo.iat.sfu.ca/library/umiker-Sebeok_94_Behavior_Museum.pdf)> (consultato il 12.02.2024).

Veron E., Levasseur M. (1983). *Etnographie d'une exposition*. Paris: Centre Georges Pompidou.

#### **Autori**

*Andrea Tomalini*, Politecnico di Torino, andrea.tomalini@polito.it.

*Jacopo Bono*, Politecnico di Torino, jacopo.bono@polito.it.

*Massimiliano Lo Turco*, Politecnico di Torino, massimiliano.loturco@polito.it.

*Per citare questo capitolo:* Tomalini Andrea, Bono Jacopo, Lo Turco Massimiliano (2024). Misure e Dis-misure nell'Ecosistema Museale/Measures and Dis-measures in the Museum Ecosystem. In Bergamo F., Calandriello A., Ciamaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, 3739-3758.

# Measures and Dis-measures in the Museum Ecosystem

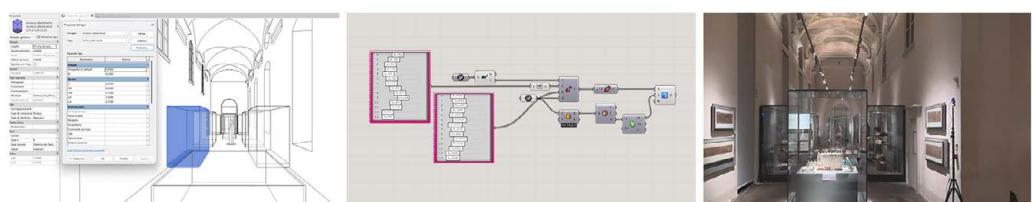
Andrea Tomalini  
Jacopo Bono  
Massimiliano Lo Turco

## Abstract

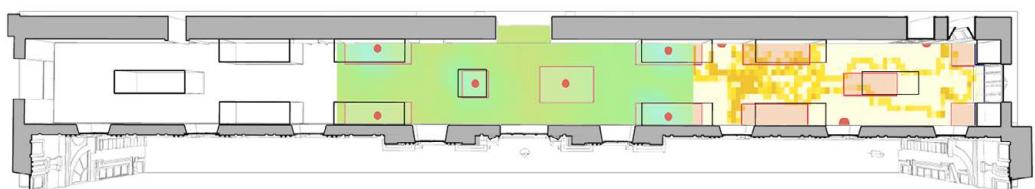
Measuring is considered one of the most typical exercises that the Drawing teachers are called upon to perform. However, when the concept of measurement relates to the phenomenological world, other skills that contribute both the recording and the interpretation of data come into play. This is the case proposed in this essay, where material and immaterial elements hybridize, integrating the three elements that characterize the museum ecosystem in digital environments: the container, the content and the visitors. It is precisely from the intent to record the behavior of visitors within museum spaces that novel models derive, capable of producing new and multiple Representation outcomes by integrating different databases that open up new scenarios for optimizing the museum ecosystem. The field of experimentation refers to some exhibition halls of the Museo Egizio, in Turin, with which the research group has numerous previous collaborations..

## Keywords

museum ecosystem, user, new representations, UWB technology, Museo Egizio.



Representations of the complex museum ecosystem through parametric digital modeling (BIM), algorithmic modeling (influence map), and sensor-based modeling (heatmap) within an exhibition pathway.



## Introduction: definition of “museum ecosystem”

The contribution views the museum environment as an ecosystem, defined as “a biological community of interacting organisms and their physical environment”. This means it is a system composed of various interacting components rather than operating in isolation, creating a self-sufficient and balanced system [Giovannini 2023]. This environment includes living elements, such as the public - the users - and the museum staff, and non-living elements, like the museum's physical structure - the container - and its collections - the content.

Currently, the existing connections between these three different components of the museum system can be analyzed and better understood through digital means (fig. 1). In this innovative context, the field of Representation takes on the role of managing interdisciplinary processes and providing a common language that facilitates collaboration among the involved parties by studying their various connections. Specifically, this work focuses on the Representation of user behavior through advanced digital tools, which are initially foreign to the museum environment. These tools can highlight one of the connections in this ecosystem: the relationship between the user and the two previously mentioned components, the museum as the container and the collection as the content.

## Exploring the visitor's behaviour: the main categories and classifications

In the last forty years, the role of the public in museums has become crucial. Today, museums strive to better understand their visitors by analyzing the motivations that drive them to visit. Visitors are now considered at the center of the museum experience, transforming museums from mere observation places to active dialogue contexts. Understanding who visits museums and what they seek in this experience is essential for comprehending the role of the museums in society [Falk 2009]. The diversity of museum visitors necessitates targeted and specific choices to reflect this variety within the museum experience. Thanks to modern information and communication technologies (ICT), museums are entering a new era where personalization is increasingly central to the institution's activities and debate [Najbrt et al. 2014].

One of the primary goals of the museums is to ensure an engaging experience during visits to their collections, whether permanent or temporary. This task is challenging, but the world's leading museums have achieved excellence in the Visitor Experience by focusing on the audience and the collection.

Regardless of our motivations for visiting a museum, the essential dynamics remain: a building, numerous artworks to explore, and a limited amount of time. However, our identity, expectations, and goals shape how we perceive and interact with the museum space and its works, leaving room for unpredictability.

Visitor observations show that museum behavior and experiences are varied and sometimes predictable. The museum audience is highly diverse, and no universal classification can describe it exhaustively. Each study on personalizing the museum experience develops its visitor classification system, tailored to the specific needs of the research. Veron and Levasseur proposed a classification based on individuals' behavior within the exhibition space, associating animal characteristics with different visiting styles: ant, fish, grasshopper, and butterfly (fig. 2) [Veron et al. 1983]. Others, such as Umiker-Sebeok, Dean, and Serrell, have identified various visitor categories based on aspects like interpretation of the exhibition space and approach to the museum experience. Umiker-Sebeok identified four types of visitors: pragmatic, critical, utopian, and diversionary [Umiker-Sebeok 1994]. Dean divided visitors into three broader categories: occasional, hasty, and studious [Dean 1996]. Similarly, Serrell proposed three types of visitors: streakers, strollers, and studiers [Serrel 1996]. Later studies highlighted the need for a more objective classification. Gardner categorized visitors based on the type of informational material they prefer [Gardner 1999], while Hooper-Greenhill suggested classifying museum resources to attract different social groups [Hooper-Greenhill 1999].

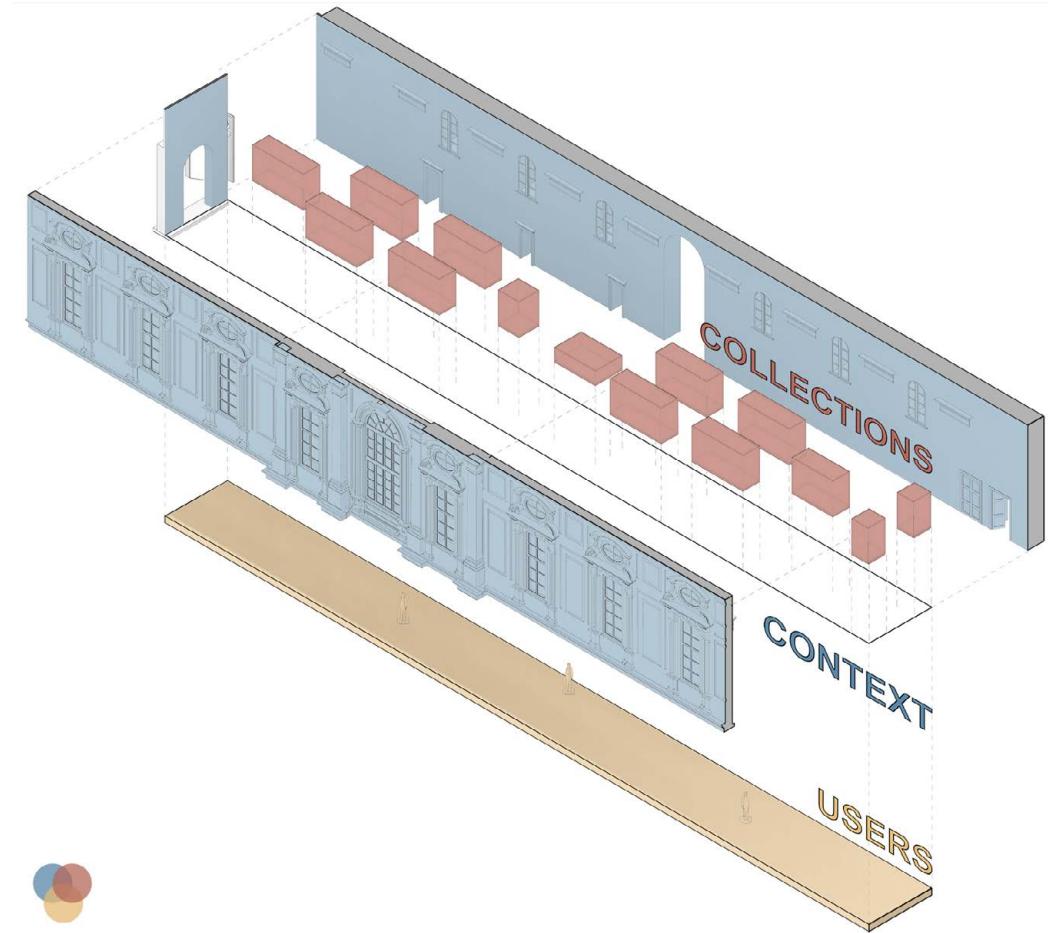


Fig. 1. Schematic representation of the Museum Ecosystem: Container, Content, and Users. Elaboration by the authors.

Other studies, such as those by Sparacino and McCarthy, have categorized visitors based on learning styles and preferred informational material. Sparacino identified three main categories of visitors: avid, selective, and engaged, using wearable devices to collect data and personalize the visitor experience [Sparacino 2002]. McCarthy classified visitors according to their different learning styles [McCarthy et al. 2005]. Falk categorized museum visitors based on their behavior during visits: experience seekers, explorers, facilitators, aficionados, and professionals, emphasizing that these categories are flexible and adaptable [Falk 2009]. Najbrt and Kapounová developed an algorithm for an adaptive guide based on common visitor characteristics [Najbrt et al. 2014], while Chang et al. proposed a visitor profiling method based on social networks, showing that museum followers can have similar characteristics and interests [Chang et al. 2022].

However, there is no universal standard for museum visitor classification, because each museum has its own identity and audience. These studies are crucial for guiding museum decisions, from collection management to exhibit design and community engagement.

### Relationship between users and container/content

Previous research focusing on defining different types of museum visitors has highlighted the close relationship between the visitor and the museum environment, emphasizing the concept of the museum as an ecosystem. This concept illustrates how visitors interact with the exhibition space (the container) and its components (the collection). By focusing on the formal and invisible value attributed to collection elements (agency), each museum

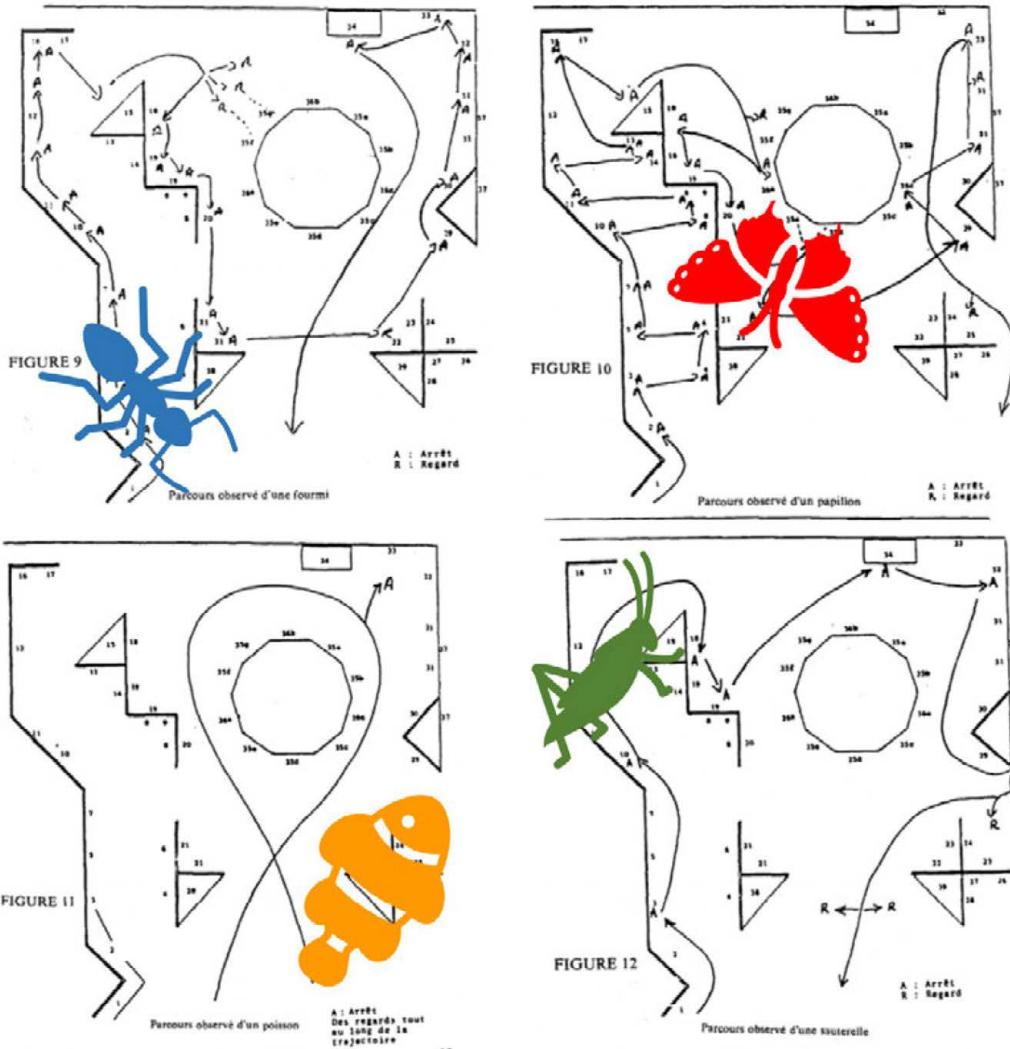


Fig. 2. Some pictures that schematize the behavior of individuals within the exhibition space, associating the different visiting styles with animal characteristics: ant, fish, grasshopper, and butterfly. Elaboration by the authors.

object can be recognized for its potential to attract and accurately predict visitor paths. This perspective has been explored using tools of Representation, which translate the exhibition space into the graphical field of this application and investigation [Calvano et al. 2020]. This study aimed to understand the distribution quality in a specific exhibit layout based on the prefiguration of infrastructural flows. The main issues identified can be summarized as follows: a lack of availability of information associated with the items in the exhibit (data completeness); ineffective interoperability between data acquisition tools and those used for data presentation (data transfer).

The case study was chosen for its compact and contained morphological/dimensional characteristics, which facilitate data acquisition and minimize interference, as well as for the strategic arrangement of the exhibit, with isolated placement of collection elements that become potential focal points. The area includes two rooms located on the first floor of the current tour route of the Egyptian Museum. These rooms are respectively named Room 8 - Gallery of Sarcophagi and Room 10 - Valley of the Queens. Both rooms were digitized using point cloud modeling, allowing for the creation of an informed architectural model. This model can be considered an n-dimensional database, capable of providing the necessary input parameters for subsequent analysis processes through the Visual Programming Language (VPL).

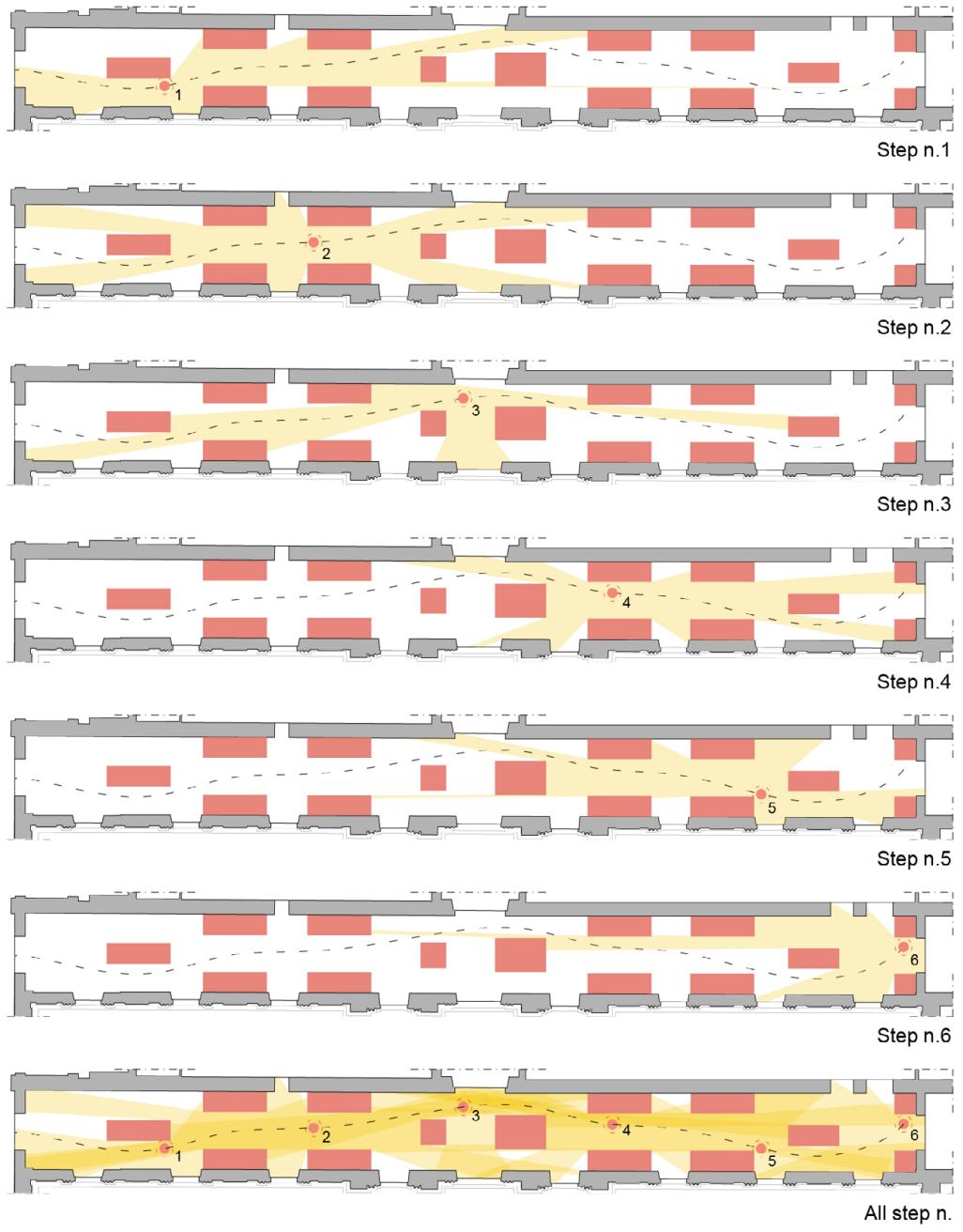


Fig. 3. Graphical color map of the isoview representation.  
Elaboration by the authors.

The algorithms proposed here, still in the prototype phase, simulate visitor behavior by measuring the perceived museum space through: the study of isovists (fig. 3), defined as the views that account for the amount of visible space emitted from a point source (visitor) located within the environment (container) [Benedikt 1979; Nagy 2017]. Their graphical representation can be either two-dimensional representing the area (2D isovist) or three-dimensional representing the volume (3D isovist); the investigation of vector fields (fig. 4), drawing a similarity to physical concepts, particularly electromagnetic fields, identifies specific spaces characterized by points to which a charge (metadata) can and should be

attributed. This relates the space to its surrounding environment. Their graphical representation is mathematical and physical, represented by vectors. Their main properties are intensity and decay.

In more detail, the defined scripts require specific inputs: the “attractive weight” possessed by each display case present in the environment; the dimensions of the artworks/cases to which the “attractive weight” is associated; the walkable surfaces, whose contours outline the boundaries of the investigation.

These tools allow the use of variables, that highlight the interaction between the visitor and the content/container, and on the other hand, respond to possible variations dictated by plausible scenarios by modifying the “attractive weight” or the position of the display cases. Generating different scenarios provides a comprehensive overview of visitor navigation dynamics and can help optimize collection arrangements or enhance the overall visitor experience within the museum environment [Cirelli 2019].

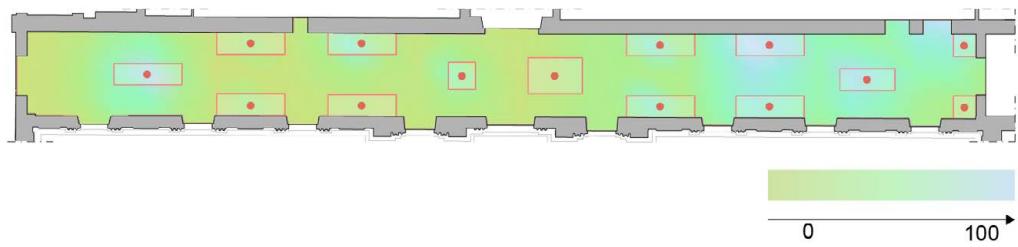


Fig. 4. Graphic color map of the influence level of the works. Elaboration by the authors.

### Survey experience

Contrary to outdoor localization, indoor localization remains an ongoing challenge today. There's a lack of a positioning system that is relatively affordable (both for users and operators), low-maintenance, and scalable with minimal impact.

These essential characteristics are necessary for any developed technology to achieve widespread adoption and become a standard. In terms of indoor Real-Time Location Systems (RTLS), the industry literature proposes various solutions based on Ultra-Wide Band (UWB) technology [Gezici et al. 2005]. UWB-based RTLS has been rapidly developed for multiple application domains, such as Industry 4.0 (asset monitoring, forklifts, and employees), Healthcare (patient and asset tracking), and Smart Home (residential access control, object finding). Using smartphones as client devices has been identified as a promising approach in these different areas. It's noteworthy that high-end smartphones have been equipped with Ultra-Wide Band (UWB) technology in the last five years. For this reason, it was decided to use a UWB kit compliant with the IEEE 802.15.4-2015 UWB standard produced by the company DecaWave.

The process followed to verify the studied methodology can be divided into two distinct phases: tool calibration and recording selected user movements.

**Calibration Phase:** In this initial phase, the functionality of the Ultra-Wide Band module was verified through a series of tests. After preliminary calibration, two measurements were taken at four predetermined distances. In the first set, the devices were positioned without any intermediate obstacles, while in the second set, a display case was introduced as a barrier. A summary report of these measurements was compiled, as shown in the following table, which includes the average values obtained by sampling distances for 10 seconds at a frequency of 5 readings per second.

By analyzing the results, it's evident that the accuracy of measurements increases with distance, and the UWB technology demonstrates good material penetration capability (fig. 5). These findings suggested further tool calibration, enabling the determination of the optimal placement of nodes for tracking purposes.

Movement Recording Phase: During the second phase, eight individuals who had not visited the museum in the past year were selected. To minimize the risk of overcrowding and movement interference caused by other visitors, participants were divided into two groups and allowed access to the museum at separate times.

The objective was to track movements with an error margin not exceeding 45 cm, corresponding to the average space occupied by a person in the plan. This methodological approach allowed for precise data collection on visitor movements within the museum space (fig. 6).

Presence of obstacles	Distance (cm)	Distance measured with UWB devices (cm)	Delta (cm)	Difference (%)
No	150	153	3	2.00
No	375	379	4	1.06
No	978	988	10	1.00
Si	150	157	7	4.66
Si	375	386	11	2.93
Si	978	998	20	2.04

Fig. 5. Table with average values of the measurements taken during the initial calibration phase, helpful in assessing the effectiveness of UWB technology. Elaboration by the authors.

## Conclusions

This experimentation is part of a broader research project that began several years ago, which resulted in the development of prefigurative scenarios related to visitor behavior in the museum halls. These scenarios were classified based on reference literature, and visitor movement was linked to the attractiveness level of the exhibited artworks. At the time, more identification and application of suitable technology were needed to validate the proposed hypotheses. This contribution represents the missing part that allows us to understand whether the previously conducted analyses can support curators and registrars in defining new museum itineraries.

Although lacking statistical significance for immediate generalizations, the preliminary results of this experiment confirm the validity of the adopted methodological approach, opening up exciting prospects for developing an integrated system for managing and optimizing the museum ecosystem. Therefore, this research highlights the potential of integrating digital technology with cultural space and suggests further investigation into how new Representation technologies can deeply understand the complex museum ecosystem.

The proposed methodology is scalable and applicable to contexts with a higher level of geometric and topological complexity. Thanks to the ability to discretize and query data precisely, the outcomes from the experiments can provide useful insights for efficient management of museum spaces (such as capacity issues, flow, and overcrowding, which have been significant barriers to the full reopening of many exhibition spaces during the recent pandemic period).

A synthetic representation, also resulting from the recording of phenomena that are difficult to measure and multifaceted, as Calvino would describe it, integrating visitor analysis, museum environment management, and collections, opens up new scenarios for optimizing the museum ecosystem.

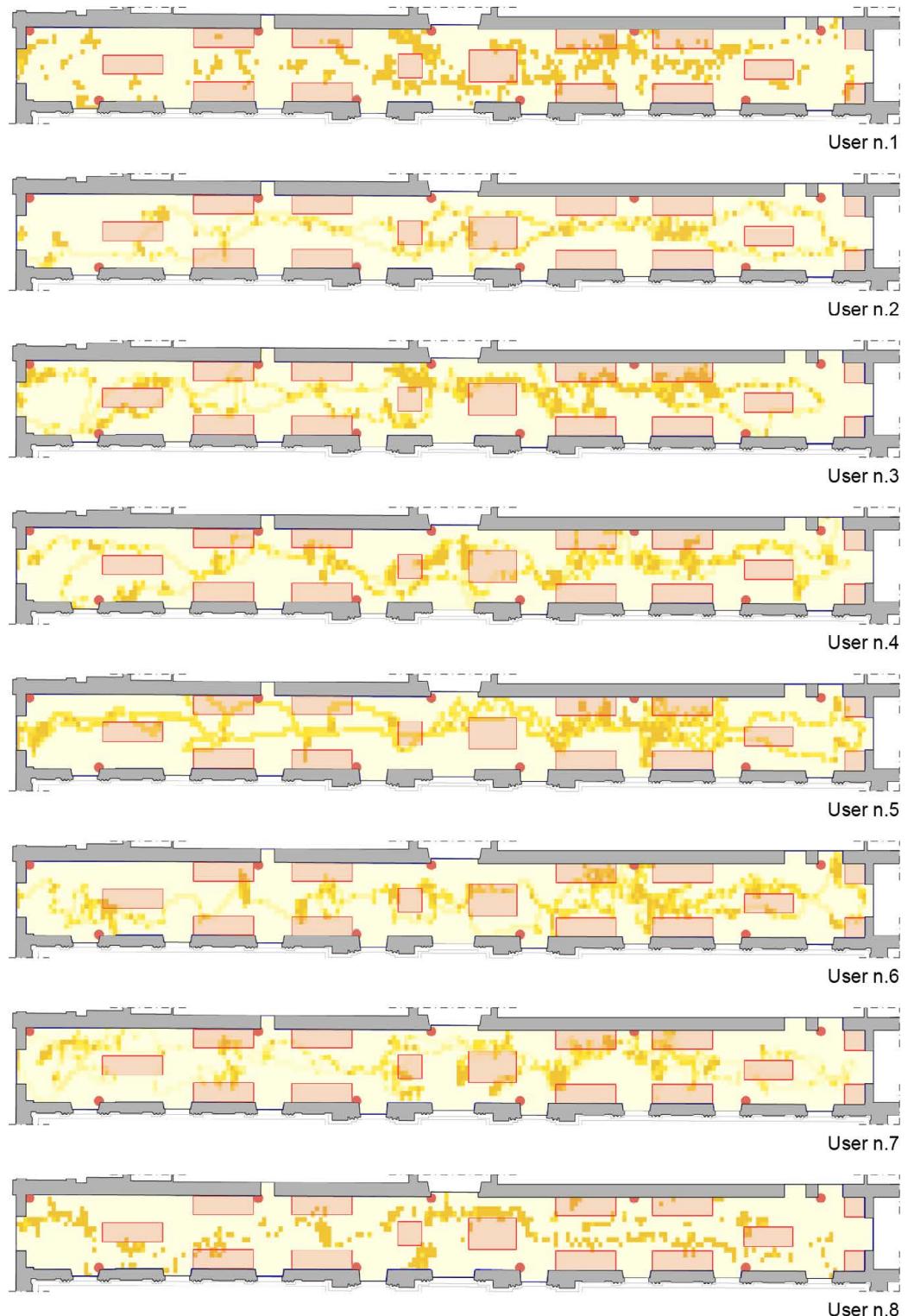


Fig. 6. Heatmap representing users' visit to rooms 8-10. The information gathered highlights the possibility of applying UWB technology in the museum environment. Elaboration by the authors.

#### Credits

All authors shared the methodological framework of this article. However, the paragraphs titled "Exploring the visitor overview: the main categories and classifications", "Relationship between users and container/content" and "Survey experience" were written by Andrea Tomalini, the paragraph titled "Introduction: definition of Museum Ecosystem" was written by Jacopo Bono, while the paragraph titled "Conclusions" was written by Massimiliano Lo Turco.

## References

- Benedikt M.L. (1979). To take hold of space: isovists and isovist fields. In *Environment and Planning B* n. 6, pp. 47-65. <https://doi.org/10.1068/b060047>.
- Calvano M., Cirelli M., Lo Turco M. (2020). Display the Invisible. Automated Algorithms to Visualize Complex Phenomena. In: E. Ciccalò (Ed.). *Proceedings of the 2nd International and Interdisciplinary Conference on Image and Imagination. Atti di IMG2019*. Alghero, 4-5 luglio 2019, AISC, Vol. 1140, pp. 936-949. Cham: Springer.
- Chang M. et al. (2022). Identifying Museum Visitors via Social Network Analysis of Instagram. In *Journal on Computing and Cultural Heritage* n. 15, pp. 1-19. <https://doi.org/10.1145/3505635>.
- Cirelli M. (2019). *SMART MUSEUM. Algorithmic processes for the representation and management of museum exhibitions. The case of the temporary exhibition hall of the Egyptian Museum of Turin*. Tesi di laurea magistrale in Architettura Costruzione Città, relatore prof. M. Lo Turco, correlatore proff. M. Calvano e F. Venuti. Politecnico di Torino.
- Dean D. (1996). *Museum Exhibition*. New York: Routledge.
- Falk J.H. (2009). *Identity and the Museum Visitor Experience*. New York: Routledge.
- Gardner H. (1999). *Dimenze myšlení: teorie rozmanitých inteligencí*. Praga: Portál.
- Gezici S. et al. (2005). Localization via ultra-wideband radios: a look at positioning aspects for future sensor networks. In *IEEE Signal Processing Magazine* n. 22, pp. 70-84. <http://dx.doi.org/10.1109/MSP.2005.1458289>.
- Giovannini E.C. (2023). Digital ecosystems for the virtual fruition of Porta Aurea in Ravenna. In F. Picchio (Ed.). *Digital & Documentation. From virtual space to information database. Atti di D&D 2022*. Pavia, 19 settembre 2022, Vol. 5, pp. 129-147. Pavia: Pavia University Press.
- Hooper-Greenhill E. (1999). *The Educational Role of the Museum*. New York: Routledge.
- McCarthy B., Dennis M. (2005). *Teaching Around the 4MAT® Cycle: Designing Instruction for Diverse Learners with Diverse Learning Styles*. Londra: Corwin Press.
- Nagy D. (27.02.202). View analysis with Isovist. <<https://medium.com/generative-design/view-analysis-with-iso-vist-587fce149956>> (accessed 12.02.2024).
- Najbirt L., Kapounová J. (2014). Categorization of Museum Visitors as Part of System for Personalized Museum Tour. In *International Journal of Information and Communication Technologies in Education* n. 3, pp. 17-27. <http://dx.doi.org/10.1515/ijicte-2014-0002>.
- Serrel B. (1996). *Exhibit Labels: An Interpretive Approach*. Lanham: Altamira Press.
- Sparacino F. (2002). The Museum Wearable: real-time sensor-driven understanding of visitors' interests for personalized visually-augmented museum experiences. In *Proceedings of Museums and the Web*, pp. 1-27. <<https://www.academia>

**Authors**

*Andrea Tomalini*, Politecnico di Torino, andrea.tomalini@polito.it.

*Jacopo Bono*, Politecnico di Torino, jacopo.bono@polito.it.

*Massimiliano Lo Turco*, Politecnico di Torino, massimiliano.loturco@polito.it.

*To cite this chapter Tomalini Andrea, Bono Jacopo, Lo Turco Massimiliano (2024). Misure e Dis-misure nell'Ecosistema Museale/Measures and Dis-measures in the Museum Ecosystem. In Bergamo F., Calandriello A., Giampaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3739-3758.*