



**Politecnico
di Torino**

ScuDo

Scuola di Dottorato ~ Doctoral School

WHAT YOU ARE, TAKES YOU FAR

Tesi di Dottorato
Beni Architettonici e paesaggistici (36^{esimo} Ciclo)

Modellazione geometrico-informativa: verso il digital-twin per il patrimonio museale

Tomalini Andrea

Tutor:
Prof. Lo Turco Massimiliano

Politecnico di Torino 2024

Dichiarazione

Questa tesi è concessa sotto licenza alla Creative Commons License, Attribution - Noncommercial - NoDerivative Works 4.0 International: vedi www.creativecommons.org. Il testo può essere riprodotto per scopi non commerciali, a condizione che venga dato credito all'autore originale.

Dichiaro che i contenuti e l'organizzazione di questa tesi costituiscono il mio lavoro originale e non compromettono in alcun modo i diritti di terzi, inclusi quelli relativi alla sicurezza dei dati personali..

Andrea Tomalini

2024

*A mia madre e mio padre,
A mia sorella,*

Ad Ambra,

Ai miei amici.

Abstract

In un'epoca in cui il digitale permea ogni aspetto della nostra vita quotidiana e in cui la rivoluzione tecnologica ridefinisce continuamente il modo in cui percepiamo e interagiamo con il mondo, le istituzioni museali si misurano quotidianamente con sfide e opportunità senza precedenti. La crescente necessità di rendere accessibile e comprensibile il patrimonio museale pone domande cruciali sul rinnovato ruolo dei musei nella società contemporanea, sulla conservazione degli oggetti e sul modo in cui i fruitori si relazionano con essi.

In questo contesto, la Rappresentazione Digitale può e deve assumere un ruolo centrale, offrendo strumenti, metodi e modelli che possono contribuire a gestire l'interdisciplinarietà intrinseca delle istituzioni museali. La tesi esplora in profondità come la Rappresentazione Digitale, attraverso la sua lente multidimensionale, possa non solo conservare la memoria, ma anche creare ponti tra passato e presente, rendendo il patrimonio storico e culturale ancora più vivo e accessibile.

Nella prima parte il lavoro si concentra sulla definizione dell'ambito di indagine, proponendo tassonomie che si focalizzano su vari aspetti del museo (contenitore), delle collezioni (contenuto) e del pubblico (fruitori), delineando il panorama attuale e le sfide che quotidianamente affrontano.

Attraverso l'esplorazione e indagine del caso di studio e l'approfondita analisi dei metodi e strumenti della Rappresentazione Parametrica, la seconda parte della tesi propone flussi di lavoro che sostengono le modalità in cui un modello di *digital twin* potrebbe essere integrato in modo efficace e consapevole nel contesto museale.

Infine, la terza parte figura scenari specifici di indagine, concentrandosi su applicazioni dei concetti e delle metodologie precedentemente discusse.

Questa ricerca evidenzia l'importanza delle nuove tecnologie nella gestione dell'ecosistema museale, enfatizzando il ruolo cruciale della Rappresentazione Digitale nell'interconnessione interdisciplinare. Più specificatamente la tesi propone procedure prototipali per:

- La modellazione geometrica e informativa del contenitore museale, utilizzando piattaforme parametriche.
- La gestione informativa delle collezioni, facilitata da database dinamici integrati nei sistemi parametrici e aggiornabili attraverso procedure algoritmiche.
- L'analisi comportamentale dei visitatori mediante sensori IoT e la scrittura di algoritmi.

Sommario

Abstract	7
Introduzione - Questioni aperte e presupposti metodologici e obiettivi	15
<hr/>	
Parte I	19
Perché oggi è utile studiare il rapporto tra musei, collezioni e fruitori?	21
Capitolo 1 - I musei: ruoli e modelli	25
1.1 L'evoluzione del museo, dalle origini all'epoca contemporanea	27
1.1.1 Il museo come Tempio	27
1.1.2 Il museo come Istituzione educativa	33
1.1.3 Il museo come luogo di diletto	43
1.1.4 Il museo diventa iper	44
1.2 Verso una definizione di museo	50
1.3 Lo "spazio" fisico del museo contemporaneo	54
1.4 Lo "spazio" virtuale del museo contemporaneo	58
1.5 Ruolo dei musei nella società contemporanea	60
1.6 La crisi dei musei. Scenari e modelli possibili	63
Capitolo 2 - Le collezioni: gestione e accessibilità	69
2.1 Il Museo e la cultura materiale	72
2.2 La biografia degli oggetti	76
2.3 Le nuove tecnologie digitali a servizio della ricerca in ambito museale	82
2.4 Il Patrimonio digitale connesso alle collezioni museali	89
2.5 Modelli di Fruizione del Patrimonio	99
Capitolo 3 - La Fruizione: Metodi e Strumenti per la Fruizione Museale	105

3.1 Una crescente attenzione verso l'accessibilità	107
3.2 Verso una classificazione dei fruitori	114
3.3 I professionisti del settore museale	125
3.4 Narrazione e interazione all'interno dei musei	129
Lista delle abbreviazioni	139
Bibliografia tematica - Parte I	141

Parte II	161
La Rappresentazione come disciplina in grado di governare processi interdisciplinari e interoperabili	163
Capitolo 4 - Rappresentazione Parametrica per il Patrimonio	167
4.1 La modellazione digitale: tassonomie e casi d'uso	169
4.2 L'approccio parametrico ad oggetti: le piattaforme BIM	175
4.2.1 Le molte dimensioni del BIM	178
4.2.2 Il contesto normativo internazionale	181
4.2.3 Il contesto normativo nazionale	186
4.2.3 Le criticità della modellazione geometrico-informativa nei diversi scenari di intervento	190
4.3 La metodologia Heritage BIM per il patrimonio architettonico	194
4.3.1 Lo stato dell'arte e l'analisi delle principali criticità	196
4.3.2 Affidabilità e Trasparenza grafico-informativo: le più recenti proposte operative	201
4.4 L'approccio algoritmico e la programmazione visuale	216
4.4.1 Cosa si intende per Programmazione Visuale e approccio algoritmico	217
4.4.2 Verso una modellazione geometrica multiplatforma	222
4.4.3 L'approccio computazionale per l'implementazione dell'apparato informativo	225
4.4.4 Modellazione algoritmica per l'H-BIM	229
4.5 Interoperabilità	232
4.5.1 Le direzioni dell'interoperabilità.	235
4.5.2 Il concetto di Standard e il suo ruolo nei processi interoperabili.	237

4.5.3 Gli standard in ambito informatico.	239
4.5.4 Formati di interscambio in ambiente HBIM	242
Capitolo 5 - Modellazione geometrico-informativa delle collezioni	247
5.1 Modellazione geometrica delle collezioni	249
5.2 Gestione Collezioni in ambiente HBIM. Quale accuratezza necessaria per il facility management museale?	255
5.2.1 Modellazione informativa delle collezioni	256
5.2.2 Connessione Contenitore - Contenuto	265
Capitolo 6 - Modelli di interazione tra utente e collezione	273
6.1 Definizione di modelli algoritmici per la prefigurazione del comportamento degli utenti	275
6.1.1 Modelli algoritmici per la simulazione degli utenti	275
6.1.2 Esperienze di simulazione comportamentale dei visitatori in ambito museale	281
6.2 Esperienze di monitoraggio dell'interazione dei fruitori con Contenitore e Collezioni	285
6.3 Tecniche e tecnologie per il rilevamento	291
Lista delle abbreviazioni	303
Bibliografia tematica - Parte II	307

Parte III	331
Come è possibile attivare processi virtuosi per la definizione di modelli per la gestione museale?	333
Capitolo 7 - Introduzione al caso di studio: Il Museo Egizio di Torino	339
7.1 Il Museo Egizio di Torino, la Collezione e le plasmazioni nel tempo	341
7.2 Filosofia e Obiettivi	352
7.2.1 Essere un polo di ricerca scientifica nazionale e internazionale	354

7.2.2 Promozione e diffusione della conoscenza attraverso esperienze diversificate	355
7.2.3 Il Museo come centro di educazione e formazione	356
7.2.4 Sviluppo di <i>best practice</i> nell'ambito del management museale	357
7.2.5 Sostenibilità e sviluppo economico del territorio	357
7.3 Archeologia Invisibile	358
Capitolo 8 - Modellazione del contenitore	363
8.1 Modellazione geometrica della fabbrica	365
8.1.1 Elaborazione del dato grezzo per la gestione in ambiente BIM	366
8.1.2 Organizzazione e gestione di modelli complessi	369
8.1.3 Modellazione dell'atrio, ambienti e apparecchiatura costruttiva storica	371
8.2 Modellazione informativa della fabbrica	391
8.2.1 Creazione di tool per la mappatura semi automatica dei degradi superficiali	392
8.2.2 Trasferimento delle informazioni in ambiente BIM	408
Capitolo 9 - Modellazione del contenuto	415
9.1 Modellazione informativa della collezione	417
9.2 Connessione tra ambiente BIM e apparato informativo delle collezioni	426
9.3 Scrittura di algoritmi per l'integrazione dell'informazione IoT in ambiente BIM	433
Capitolo 10 - Modellazione del comportamento dei fruitori	439
10.1 Rilevamento dei visitatori	441
10.1.1 Tecnologia impiegata per il rilevamento	441
10.1.2 Rilevamento	445
10.2 Elaborazione del dato rilevato	448
10.3 Rappresentazione del dato	451
Lista delle abbreviazioni	473
Bibliografia tematica - Parte III	475

Conclusioni**481**

