



**Politecnico
di Torino**

ScuDo

Scuola di Dottorato ~ Doctoral School

WHAT YOU ARE, TAKES YOU FAR

Dissertazione di Dottorato
Corso di Dottorato in Beni architettonici e paesaggistici (38° Ciclo)

**Tecnologie di rappresentazione digitale
tra reale e virtuale:
modellazione, interpretazione, presentazione**

Enrico Pupi

* * * * *

Tutors

Prof.ssa Roberta Spallone, Tutor
Prof. Pablo Rodríguez-Navarro, Co-Tutor

Abstract

La ricerca indaga il complesso e dinamico panorama delle metodologie di rappresentazione e delle tecnologie digitali, esplorando come esse ridefiniscano il continuum tra la dimensione reale e quella virtuale nel contesto specifico del patrimonio architettonico. Superando una visione strettamente tecnica, lo studio esamina come l'integrazione sinergica di dispositivi tangibili (come modelli fisici e sistemi interattivi), risorse intangibili (dati storici, valori culturali), software avanzati e infrastrutture di supporto abiliti non solo nuove forme di prototipazione, replica e interazione, ma anche, e soprattutto, inedite tipologie di esperienze immersive del bene culturale e innovative modalità di interpretazione.

Partendo da un'analisi critica dello stato dell'arte – modellazione digitale avanzata, fabbricazione digitale, eXtended Reality (XR) e le emergenti applicazioni dell'Intelligenza Artificiale (AI) – la tesi si focalizza sull'applicazione di queste tecnologie a casi studio significativi, quale possibile esemplificazione di processi integrati nell'ambito del patrimonio culturale tangibile e intangibile. Particolare attenzione è dedicata alla valutazione dell'interoperabilità tra diverse piattaforme software, strumenti di analisi e tecnologie XR. L'identificazione dei limiti operativi e concettuali correnti è propedeutica alla proposta di soluzioni mirate a potenziare la rappresentazione dinamica e multiscalare degli oggetti reali e virtuali, consapevoli che l'innovazione metodologica e concettuale, non può prescindere da una profonda comprensione altresì di natura tecnica.

La ricerca intende sviluppare e validare flussi di lavoro efficienti, sostenibili e scalabili. Questi mirano all'integrazione consapevole dell'ecosistema XR (AR, VR, MR), anche attraverso l'impiego di dispositivi a basso costo, con l'obiettivo di democratizzare l'accesso alla conoscenza e promuovere esperienze culturali accessibili e inclusive. Vengono esplorate tecniche di modellazione digitale interpretativa avanzate, capaci di ottimizzare l'interazione tra modelli digitali e artefatti fisici. In questo ambito, un'enfasi particolare è posta sull'esplorazione critica e metodologicamente rigorosa del potenziale dell'Intelligenza Artificiale Generativa (GenAI), non solo come strumento per la creazione di rappresentazioni innovative, ma come agente che interroga e potenzia i processi stessi di interpretazione e visualizzazione del patrimonio.

La metodologia adottata combina la revisione critica della letteratura di settore con la valutazione comparativa di processi e strumenti, lo sviluppo di workflow operativi, la selezione mirata di tecnologie, l'analisi interpretativa dei casi studio, la produzione di modelli fisici e la realizzazione e valutazione di esperienze XR prototipali. Sul piano sperimentale, si dimostra l'integrazione avanzata tra modelli digitali e oggetti fisici, analizzando le intrinseche sfide tecniche e concettuali. Vengono inoltre definiti framework concettuali per superare gli ostacoli implementativi e massimizzare l'impatto trasformativo delle nuove metodologie nei processi di conservazione, tutela, fruizione e valorizzazione del patrimonio. La ricerca sviluppa altresì casistiche applicative di Generative AI, ponendo particolare attenzione alla validazione scientifica e alla trasparenza, essenziali per un uso consapevole nella ricostruzione, interpretazione e comunicazione del patrimonio.

Fra i casi studio indagati rientrano: la modellazione ricostruttiva e l'esperienza in realtà virtuale immersiva della Libreria del Piffetti presso Villa della Regina a Torino; la ricostruzione virtuale, la fruizione immersiva del Parlamento Provvisorio, la modellazione fisica di quest'ultimo e dello Scalone d'Onore per il progetto di accessibilità del Museo di Palazzo Carignano a Torino; la

digitalizzazione, la fruizione immersiva e la riproduzione in scala della Torre de la Mar (Borriana) nei pressi di Castellón in Spagna.

Gli studi condotti offrono una base scientifica diversificata per l'applicazione critica e la validazione delle metodologie proposte, contribuendo a costruire una visione concreta sul futuro della rappresentazione digitale.