

Improvements of simplified hourly models for the energy assessment of buildings: The application of EN ISO 52016 in Italy

Original

Improvements of simplified hourly models for the energy assessment of buildings: The application of EN ISO 52016 in Italy / De Luca, G., Bianco Mauthe Degerfeld, F., Ballarini, I., Corrado, V.. - In: ENERGY REPORTS. - ISSN 2352-4847. - ELETTRONICO. - 8:(2022), pp. 7349-7359. [10.1016/j.egyr.2022.05.120]

Availability:

This version is available at: 11583/2970677 since: 2022-09-20T16:09:41Z

Publisher:

Elsevier

Published

DOI:10.1016/j.egyr.2022.05.120

Terms of use:

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

Publisher copyright

(Article begins on next page)

APPLICAZIONI WEBGIS 3D PER LE SCIENZE UMANISTICHE DIGITALI: IL PROGETTO TURIN 1911

A. Spreafico ^{1*}

¹ LabG4CH, Laboratorio di Geomatica per i Beni Culturali, DAD, Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Viale Mattioli 39, 10125 Torino, Italia
(alessandra.spreafico@polito.it)

Parole chiave: BIM, GIS, patrimonio culturale, divulgazione online, Esposizioni Mondiali, ricostruzioni digitali 3D

Key words: BIM, GIS, Cultural Heritage, online sharing, World's Fairs, geo-databases, 3D digital reconstructions

Abstract

La documentazione del Patrimonio Culturale è fondamentale per la sua conservazione e studio, specialmente quando questo è destinato ad essere smantellato come accade nelle Esposizioni Mondiali; tuttavia, scarsi sforzi sono stati intrapresi dalle istituzioni internazionali e nazionali di conservazione e ricerca. I modelli digitali 3D hanno successo nel campo del Patrimonio Culturale, mentre i webGIS risultano meno esplorati e non usati come strumento di ricerca e la loro integrazione con modelli BIM non è di semplice esecuzione. *Torino 1911* è un progetto pioniero nella documentazione, ricostruzione e studio digitale di un'intera Esposizione Mondiale, combinando tecnologie digitali (geo-DB, modelli 3D e webGIS 3D) con standard di catalogazione. Tale iniziativa supporta le scienze umanistiche tramite la divulgazione online. Questo articolo presenta applicazioni web 3D sviluppate appositamente per *Turin 1911*, affrontando varie difficoltà e presentando un'apposita procedura. I modelli BIM sono integrati nelle applicazioni web per visualizzare le architetture effimere. Tale studio discute l'uso del webGIS come piattaforma divulgativa e spazio 3D per la ricerca nel campo delle discipline umanistiche. Il presente articolo è una rivisitazione e traduzione in italiano del contributo inglese (Spreafico, Chiabrando, & Della Coletta, 2023).

Documenting of Cultural Heritage (CH) is crucial for its preservation and study, especially for dismantled structures like those in World's Fairs; however, limited efforts are undertaken by national and international conservation and research institutions. While 3D digital models thrive in CH, webGIS remains underexplored and unutilized as research tool; besides, their integration with BIM models is not straightforward. The *Turin 1911* project pioneers virtual documentation, recreation, and study of a World's Fair, combining digital technologies (geo-DB, 3D models and 3D webGIS) with cataloging standards. This initiative advances Digital Humanities by sharing information online. This paper presents 3D web apps developed for *Turin 1911*, addressing challenges, and presenting a tailored procedure. BIM models are integrated into web apps to visualize ephemeral architectures. This study discusses webGIS as a sharing platform and a 3D environment for Digital Humanities research. This paper is a reinterpretation and translation into Italian of the English paper (Spreafico, Chiabrando, & Della Coletta, 2023).

1. Introduzione

Nel caso di Patrimonio Culturale smantellato o demolito - sia deliberatamente che accidentalmente - le uniche tracce che lo documentano sono fonti storiche; i documenti sono spesso di difficile consultazione, anche se molte istituzioni si stanno impegnando in massivi progetti di digitalizzazione e nella creazione di archivi digitali online (Bitelli et al., 2019). Spesso i documenti storici rimangono custoditi in depositi o biblioteche inaccessibili. Anche i documenti digitali rischiano di rimanere depositati in hard-disk a causa di limitazioni di budget, impedendo la loro inclusione in archivi fruibili al pubblico. Inoltre, la divulgazione online viene spesso influenzata negativamente dal formato e dal peso dei file. In molti casi, gli archivi digitali sono copie digitali di archivi fisici e non traggono vantaggio dalle capacità che i computer offrono (Münster et al., 2019). Alcuni progetti e iniziative, come Europeana, CyArk 3D Heritage Archive e Open Heritage 3D, presentano modelli 3D nelle loro collezioni digitali. Spesso i modelli 3D sono modelli individuali avulsi dal loro contesto, non sono relazionati ad altri beni culturali e all'ambiente naturale che li circonda. Le tecnologie digitali come BIM e webGIS forniscono interessanti soluzioni che permettono agli

studiosi di esplorare e analizzare complesse strutture effimere in tutta la loro complessità. Queste tecnologie offrono l'opportunità di integrare tale supporto nelle ricerche umanistiche. L'avvento del webGIS ha ridotto i costi, incrementando la capacità di raggiungere un pubblico più ampio, facilitando l'uso di funzioni GIS, condividendo dati spaziali e incrementandone l'uso. Tuttavia, solo alcuni studi applicano webGIS 2D e 3D alle discipline umanistiche digitali. Fiorini (Fiorini et al., 2022) usa il webGIS per proporre un tour virtuale di Venezia durante la visita di Napoleone del 1807 ma non come strumento di ricerca; inoltre, il link al webGIS non viene fornito. Wei (Wei et al., 2022) ha sviluppato un webGIS per le informazioni storiche relative alla Cina per visualizzare e studiare eventi passati. Il webGIS estrae dati da un database (DB) basato su termini strutturati e relazioni ontologiche tra eventi, persone, luoghi, letteratura e tempo. Tuttavia, questo progetto è basato solamente su un ambiente 2D e non considera le potenzialità dello spazio 3D. Il geoportale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (Pantaloni et al., 2021) colleziona mappe storiche geologiche d'Italia in un webGIS; le mappe sono catalogate secondo lo standard *International Standard Bibliographic Description* (ISBD) e georiferite. Ciononostante, le mappe sono mostrate su

* Corresponding author

una mappa 2D attuale; la ricostruzione digitale in 3D del territorio storico non è affrontata e le mappe non sono messe in relazione con le persone o le istituzioni che le hanno realizzate. Il webGIS della ferrovia Yunnan-Vietnam (Sang et al., 2021) mostra foto storiche geotaggate e catalogate in un DB, relazionandole ai fotografi e alle località raffigurate; purtroppo, il webGIS è sviluppato solo in 2D. Il progetto MayaArch3D (von Schwerin et al., 2013) ricostruisce digitalmente in 3D le architetture del sito UNESCO di Copan utilizzando diversi *Level of Detail* (LoD). Le architetture sono connesse a dati archeologici 2D e 3D, ma non sono catalogate. Il webGIS oggi non è più disponibile, perdendo la funzione primaria del webGIS di condividere informazioni online. Nessuno di questi progetti utilizza modelli BIM all'interno del webGIS, sebbene la modellazione BIM restituisca una realtà 3D alle 'architetture di carta', migliorando l'accesso cognitivo ai disegni tecnici (Bagnolo et al., 2022). L'unione di BIM e GIS è un argomento affrontato in molti studi (Breunig et al., 2020); tuttavia le ricerche si focalizzano spesso su soluzioni tecniche piuttosto che affrontare questioni storiche e culturali che costellano il campo degli studi umanistici, specialmente quando si tratta di strutture architettoniche che non esistono più. In questo contesto, le Esposizioni Mondiali possono rappresentare una sottocategoria del Patrimonio Culturale, che è scarsamente documentata digitalmente. Le Esposizioni Mondiali storiche riflettono le società di un determinato periodo temporale e si basano sul concetto di effimero: le esposizioni sono mondi fittizi concepiti per scomparire alla loro chiusura assieme a tutti i documenti effimeri, unica testimonianza delle esposizioni. Volendo affrontare un fenomeno complesso costituito da centinaia di architetture, persone, documenti e connessioni tra essi, studi tradizionali incapsulati in pubblicazioni cartacee sono limitati nell'espressione della complessità; invece, le tecnologie digitali possono rompere le barriere fisiche degli archivi e del mezzo cartaceo (Della Coletta, 2006). World Expo Museum (<http://www.expo-museum.org/>) – unica istituzione ufficiale dedicata alle Esposizioni Mondiali – dispone di un centro di documentazione, un centro di ricerca letteraria e una biblioteca. Il centro di documentazione mostra una collezione online dei beni conservati nel museo ma non dispone di un catalogo online per la biblioteca e neppure di una lista delle Esposizioni Mondiali. Solo poche istituzioni, principalmente collocate in UK e USA, hanno intrapreso la digitalizzazione e pubblicazione online di materiale archivistico dedicato a singole Esposizioni Mondiali. Le istituzioni più rilevanti sono: Museum of the City of New York, Queens Museum a New York, la collezione *Louisiana Purchase Exposition: The 1904 St. Louis World's Fair* guidata da Missouri State Archives e Missouri State Library, la collezione *Century 21 World's Fair Digital Document Library* di Seattle Public Library. Tali collezioni non usano una terminologia condivisa e non sfruttano appieno le funzionalità dei DB e il potenziale offerto dalle interfacce web. Solo un progetto, *World's Columbian Exposition of 1893 reconstruction* di UC Los Angeles, sperimenta la ricostruzione virtuale 3D di un'Esposizione, ma non fornisce accesso alle fonti originarie. Recentemente, due case editoriali (Adam Matthew e GALE) hanno creato collezioni digitali dedicate alla documentazione delle Esposizioni Mondiali. Tali collezioni presentano materiali depositati in molti archivi e biblioteche pubbliche, ma richiedono una sottoscrizione a pagamento per l'accesso. Inoltre, tutte le suddette iniziative mancano di procedure condivise e di un coordinamento comune. Il potenziale del webGIS è rilevante non solo come archivio di materiale georiferito, come nel caso del geoportale ISPRA, ma anche come studio di eventi passati e come supporto per analisi delle relazioni tra eventi storici, località, persone e spazi temporali, permettendo indagini spaziali e non, come affrontato

da Fiorini et al., 2022; Wei et al., 2022; Sang et al., 2021; von Schwerin et al., 2013. Tuttavia, non esiste un archivio digitale che includa le ricostruzioni 3D di strutture architettoniche effimere e che consenta di effettuare anche analisi spaziali. Tale sistema dovrebbe includere uno spazio 3D dove le ricostruzioni digitali sono inserite nel loro contesto urbano costruito, messe in relazione ad esso e al materiale archivistico che lo descrive; inoltre, i documenti d'archivio dovrebbero essere catalogati secondo i relativi standard di catalogazione. Solo in questo modo i ricercatori potranno disporre di tutte le risorse necessarie in un solo sistema tridimensionale, completo di strumenti analitici e di indagine quali quelli offerti da un webGIS.

Il presente articolo si concentra sullo sviluppo di tale sistema basato su un webGIS 2D/3D associato ad applicazioni GIS-BIM e integrato in un sito web per la documentazione e studio dell'Esposizione Internazionale di Torino 1911. Infine, vengono riportate e discusse le potenzialità e problematiche riscontrate nella creazione e uso di tali applicazioni.

2. Il Progetto Turin 1911

Lo studio qui presentato è parte di *Turin 1911: The World's Fair in Italy*, un progetto di ricerca di University of California San Diego e Politecnico di Torino nel quale un gruppo multidisciplinare collabora per documentare e studiare l'Esposizione di Torino 1911. L'*Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro* ebbe un ruolo rilevante nel forgiare nuove alleanze e nel mostrare il ruolo dell'Italia nel piano internazionale nei campi politico, economico, tecnologico e artistico (Della Coletta, 2006). Circa 200 strutture furono specificatamente progettate e smantellate alla chiusura dell'evento. Oggi le tracce di tale evento rimangono racchiuse in materiali storici conservati in varie parti del mondo.

Il progetto *Turin 1911* aspira a identificare, collezionare, digitalizzare e catalogare il materiale archivistico e da questo estrarre informazioni sulle architetture e sulle persone che diedero loro vita. Inoltre, a partire dai documenti originali, il progetto mira a ricreare digitalmente in 3D molte delle strutture espositive. L'obiettivo archivistico risponde a molteplici esigenze. Nessun archivio unicamente dedicato alle Esposizioni Universali esisteva prima del 2010, anno in cui il World Fairs Museum fu costituito. Riguardo l'Esposizione di Torino 1911, il materiale originale che documenta l'evento è eterogeneo e custodito in molteplici luoghi fisici sparsi nel mondo, di proprietà sia pubblica che privata; perciò, tale materiale non è di facile identificazione e consultazione e spesso non è catalogato. Un catalogo che descriva tutte le architetture dell'Esposizione di Torino 1911 non esiste, alcuni elementi costruiti sono disegnati nella mappa dell'esposizione ma i loro nomi sono sconosciuti. La precisa collocazione di alcune strutture è ignota e sono scarse le descrizioni delle persone connesse a questi elementi (e.g. costruttori ed espositori). Il sito web interamente dedicato all'Esposizione di Torino 1911 - <https://italyworldsfairs.org> – aspira a creare uno spazio durevole e organizzato per mostrare i numerosi documenti relativi all'esposizione, facilitandone la ricerca e fornendo uno spazio innovativo per la ricerca. Il sito web mostra i dati inseriti in un DB creato *ad-hoc* nel 2009 combinando l'impegno di specialisti di scienze umanistiche e informatici. Il sito web è concepito sia per studiosi che amatori, consentendo l'accesso gratuito e semplice, richiedendo solo un browser e una connessione internet. La ricostruzione virtuale dei padiglioni di Torino 1911 è iniziata con il contributo di esperti di architettura, geomatica, ingegneria e discipline umanistiche (Einaudi et al., 2020); tecniche differenti sono state testate per il rilievo metrico 3D delle strutture ancora esistenti del Castello del Valentino e del Borgo Medievale (Chiabrando et al., 2019). Attualmente, tale sito web è in fase di *restyling* per

migliorare l'organizzazione dei contenuti e includere i modelli 3D. Tali modifiche sono in corso di sviluppo e sono parzialmente presentate in questo articolo.

3. Preparazione dei dati e architettura del sistema

I documenti storici costituiscono la base della documentazione e della ricostruzione virtuale 3D dell'esposizione torinese. Diversi archivi, biblioteche, collezioni e musei privati e pubblici conservano elementi che documentano l'Esposizione di Torino 1911. Le raccolte più vaste sono la collezione privata di Cristina Della Coletta (CDC) a San Diego (USA), un'unità archivistica dedicata nell'Archivio Stefano Molli della Fondazione Marazza di Borgomanero, e documenti sparsi conservati dalla Biblioteca Civica Centrale di Torino. Tali documenti sono eterogenei (e.g. guide, cartoline, fotografie, periodici, quotidiani, documenti architettonici), solo alcuni di essi sono già stati digitalizzati e catalogati, ma solo in italiano. Perciò, tutti gli elementi identificati sono stati inventariati e digitalizzati seguendo standard internazionali. I materiali archivistici sono stati catalogati e connessi alle geometrie alle quali si riferiscono utilizzando un nuovo geo-DB appositamente creato *ex-novo*. Dopo circa dieci anni dalla sua creazione, il primo DB presentava molti limiti: non conteneva la componente spaziale e non seguiva tesauri condivisi né standard di catalogazione. Un tentativo di abilitare la componente spaziale nel DB relazionale esistente (Spreafico & Della Coletta, 2021) è stato abbandonato a causa delle molteplici complicazioni in favore di un nuovo geo-DB contenente la componente spaziale. Una nuova strategia è stata delineata e testata per creare il nuovo geo-DB in modo da combinare il DB PostgreSQL con ArcGIS Pro per la visualizzazione 2D/3D e Lavarel per lo sviluppo del sito web. Il nuovo DB è stato progettato partendo dal nuovo modello concettuale dove le entità (*archival materials, architectural documents, built environment objects, components, glossary, lists, locations, and secondary sources*) e le relazioni tra di esse sono state identificate (

Figura 1).

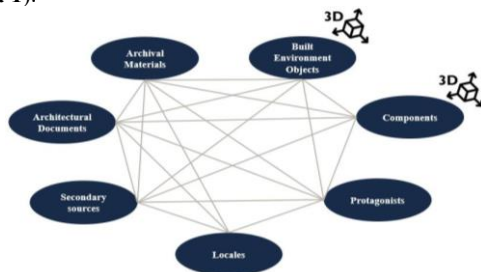


Figura 1. Modello concettuale del nuovo geo-DB, da Spreafico et al., 2023.

L'architettura per la gestione del geo-DB e la visualizzazione dei dati prevede due tipi di interazione: una più comune tramite un sito web e una meno comune attraverso un webGIS. In genere, questo tipo di interazione combinata non è applicata dalle discipline umanistiche. Non è comune neanche nella letteratura riguardo il Patrimonio Culturale, dove la pubblicazione di webGIS è tipicamente l'ultimo passaggio della ricerca, come in (Fiorini et al., 2022). Utilizzando un sito web con specifiche credenziali per l'accesso, persone non esperti GIS possono accedere al *back end* per modificare i dati, mentre qualsiasi utente può visualizzare i dati sul *front end*, senza doversi autenticare. Nel sistema webGIS, un esperto GIS può accedere al geo-DB - con apposite credenziali - utilizzando un software GIS per modificare il dato spaziale. Allo stesso tempo, qualsiasi utente - senza doversi autenticare - può visualizzare il webGIS grazie ad un browser qualsiasi. I dati sono conservati in

un unico geo-DB; il software GIS e i server GIS e web sono connessi al geo-DB e hanno accesso ad esso per visualizzare i dati e modificarli. In questo modo, l'inconsistenza dei dati è scongiurata e la procedura sviluppata garantisce che lo stesso risultato sia ottenuto quando si modifica un dato e sia visibile in tempo reale ovunque, indipendentemente da dove avviene la modifica (a livello di DB, GIS, webGIS o sito web).

4. Design e creazione del webgis 2d/3d

Il webGIS progettato è uno strumento semplice che fornisce una panoramica di tutti i *Built Environment Objects* e *Components* costruiti per l'esposizione, assistendo l'utente nella localizzazione e contestualizzazione di ogni elemento nello spazio 2D/3D del Parco del Valentino. Il webGIS - inserito nel nuovo sito web - opera come punto di accesso per le architetture, fornendo solo alcune informazioni e strumenti base di ricerca per non esperti GIS; l'analisi approfondita è lasciata alle pagine del nuovo sito web. Il sito web preesistente ha un'interfaccia datata e necessita di essere ricostituito; il contenuto non è organicamente suddiviso e presentato e gli strumenti di visualizzazione delle immagini e dei libri sono obsoleti. Attualmente il nuovo sito web è in fase di sviluppo, a partire dal 27 Ottobre 2023 verrà reso pubblico e sostituirà quello già esistente <https://italyworldsfairs.org/>; una videoanteprima del nuovo sito web è visibile a <https://youtu.be/0FNLK1hIH5s>. Il webGIS è creato seguendo i tre passaggi seguenti:

1. Preparazione dell'ambiente e dei dati,
2. Connessione a ArcGIS Enterprise e condivisione online,
3. Creazione dell'applicazione webGIS 2D/3D.

4.1 Preparazione dell'ambiente e dei dati

Dopo aver confrontato molte mappe cartografiche e fonti testuali, una mappa dell'area espositiva (Figura 2) e una della città di Torino sono state selezionate e georiferite in ambiente GIS. Successivamente, l'impronta 2D di *Built Environment Objects* è stata ridisegnata digitalmente a partire dalla mappa espositiva, mentre gli isolati della città di Torino nel 1911 sono ricostruiti sulla base della cartografia della città di Torino.

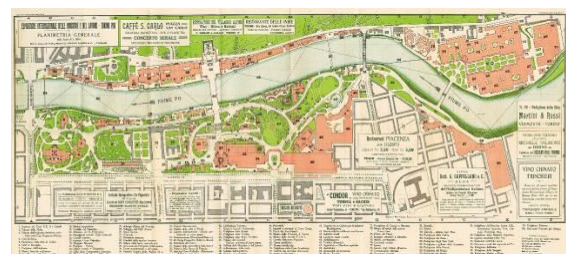


Figura 2. Mappa dell'esposizione del 1911 (CDC, CDC-TM-0001) da Spreafico et al., 2023.

Il *Digital Terrain Model* (DTM) e un'ortofoto rappresentano lo stato attuale del Parco del Valentino e integrano le entità del geo-DB dedicato a Torino 1911. Come suggerito da Abualdenien (Abualdenien & Borrmann, 2022), LoD (*Level of Detail*) è più appropriato per l'archiviazione e la visualizzazione dei modelli urbani e in questa ricerca LoD è preferito al *Level of Development* (LOD), sviluppato per le nuove costruzioni nel campo dell'industria *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). Tre tipi di elementi sono disponibili per creare un webGIS 3D: *polygonal feature class*, *multi-patch feature class*, or *3D object*. Le geometrie 3D possono essere generate facilmente estrudendo *polygonal feature class* 2D in

base a un campo numerico che ne definisce l'altezza. Il modello 3D è modificabile online semplicemente inserendo un valore differente per l'altezza, di modo che non siano necessarie competenze di modellazione 3D. Un modello 3D così concepito è idoneo per una rappresentazione LoD 1. Con *multi-patch feature class*, geometrie complesse possono essere create per raggiungere il LoD 2 e oltre, ma sono richieste competenze di modellazione 3D; inoltre, le geometrie non possono essere modificate online senza API per JavaScript. I *3D objects* sono simili ai *multi-patches*, ma dispongono di più campi per gestire origine, rotazione e scala di ogni elemento. Lo scopo del geo-DB e del webGIS per *Turin 1911* è quello di fornire posizione e dimensione di ogni elemento 3D nell'area espositiva. È necessaria una soluzione semplice per un LoD 1, dato che per molti elementi l'altezza è mancante e la ricerca è in corso. Perciò, *polygonal feature class* risulta essere la tipologia più idonea. Un campo numerico in *Built Environment Objects* e *Components* definisce l'altezza. Modelli 3D sono visualizzati come estrusione di geometrie 2D in ArcGIS Pro. Nel webGIS le geometrie raffiguranti il contesto sono prive degli interni e gli interni hanno LoD 1, seguendo lo schema LoD proposto da Tang (Tang et al., 2018). Una mappa 2D è generata in ArcGIS Pro e contiene gli isolati urbani di Torino, oltre a tutte le geometrie, tabelle, relazioni e la mappa storica dell'area espositiva memorizzate nel geo-DB. La base cartografica 2D è ruotata seguendo l'orientamento della mappa storica.

4.2 Connessione a ArcGIS Enterprise e condivisione online

Due soluzioni GIS commerciali della ESRI sono state testate per la condivisione dei dati, ArcGIS Online e ArcGIS Enterprise. Un webGIS che punta direttamente al geo-DB non può essere creato solo con un account ArcGIS Online. Perciò, l'account ArcGIS Enterprise è stato utilizzato per registrare la connessione al geo-DB (.sde file) con ArcGIS server sul portale ArcGIS Enterprise; successivamente, il contenuto è stato pubblicato come *Web Feature Service* (WFS) o *Web Map Service* (WMS) puntando direttamente al geo-DB. Quando si pubblicano su un server GIS dati contenuti in un geo-DB, sono disponibili due tipologie di caricamento: *registered data* e *copied data*. Nel caso di *registered data*, i dati sono e le relazioni visualizzate sono quelli memorizzati nel geo-DB e il loro aggiornamento è visibile in tempo reale. Nel caso di *copied data*, si tratta di una copia dei dati su server GIS eseguita nel momento della pubblicazione online, perciò la connessione al geo-DB viene persa. La modifica dei dati può essere abilitata sia per *registered data* che per *copied data*, ma nel caso in cui una modifica viene effettuata su *copied data*, i dati non sono modificati nel geo-DB perché non c'è connessione ad esso. Al contrario, se una modifica è applicata a *registered data*, tale modifica è visibile in tempo reale nel geo-DB. Entrambe le modalità sono state testate per creare un'applicazione webGIS. Nel caso di *registered data*, le geometrie non sono sempre caricate nel *Map Viewer* di ESRI. Spesso un messaggio riporta un errore nel caricamento dei dati, rendendo impossibile creare un webGIS basato su tali dati. Quindi, è stata preferita l'opzione *copied data*. La mappa storica dell'area espositiva è pubblicata come *copied data* e resa disponibile come *Web Map Tile Service* (WMTS); di esso è stata creata una cache con scale predefinite e corrispondenti riquadri, di modo che la sua visualizzazione sia più rapida. *Built Environment Objects* e *Components* sono condivisi come dati copiati in un solo WFS, mentre *City Blocks of Turin 1911* è pubblicato come singolo WFS. Tale soluzione è preferita perché consente la creazione di un'applicazione web affidabile e con rapida visualizzazione dei dati. Con l'opzione *copied data*, la mappa storica dell'area espositiva ha una dimensione di 4.56 GB e tutte le geometrie

sono rapidamente visualizzate online, dimostrazione che immagini pesanti georiferite e dataset con numerose geometrie possono essere facilmente condivise tra esperti utilizzando un applicativo webGIS. Siccome si tratta di copie, la funzione di modifica è infruttuosa e perciò non è stata utilizzata nel webGIS realizzato. I livelli WFS possono essere sovrascritti - quando necessario - per mantenere aggiornato il contenuto del webGIS, tenendo presente che, se la struttura dei dati varia, i livelli non possono essere sovrascritti ma devono essere ripubblicati.

4.3 Creazione dell'applicazione webGIS 2D/3D

Per sviluppare un'applicazione web o un sito internet, diverse soluzioni sono disponibili online su ArcGIS Online e ArcGIS Enterprise. Tra le varie proposte, *Web App Builder* (WAB) e *Experience Builder* sono state utilizzate all'interno della ricerca. Si tratta di due prodotti ESRI per creare applicazioni web 2D e 3D per integrare dati spaziali senza dover scrivere codice. Una volta che i dati sono pubblicati sul portale ArcGIS Online o Enterprise, questi possono essere visualizzati online con *Map viewer* o *Map Viewer Classic*, due interfacce online fornite da ESRI. *Map Viewer* è la nuova versione di *Map Viewer Classic* ma quest'ultima non dispone degli stessi strumenti della nuova versione (e.g. la gestione della rotazione della mappa e la configurazione dei pop-up). Tuttavia, se una mappa in ArcGIS è pubblicata con una rotazione e visualizzata con *Map Viewer Classic*, appare non correttamente orientata perché la rotazione non è supportata nella versione *Classic* (**Figure 3** alto). Al contrario, la stessa mappa in *Map Viewer* è mostrata correttamente (**Figure 3** basso).



Figure 3. Mappa visualizzata con rotazione scorretta in *Map Viewer Classic* (alto) e corretta in *Map Viewer* (basso), su mappa di base *World Topographic Map* (ESRI).

La rotazione della mappa è necessaria per mostrare la cartografia storica che non è orientata in modo corretto. Siccome WAB non supporta tutte le opzioni disponibili in *Map Viewer* - come la rotazione della mappa e la configurazione dei pop-up -, *Map Viewer Classic* e WAB sono stati abbandonati in favore di *Map Viewer* e *Experience Builder*. Siccome *Map Viewer* su *ArcGIS Online* e *ArcGIS Enterprise* mostra opzioni diverse (la rotazione e la configurazione dei pop-up non sono disponibili su *Enterprise*), *ArcGIS Online* è preferita, anche perché si è deciso di lavorare con *copied data* su server e non *registered data*. Una volta che la mappa storica e le entità sono caricate su server, a partire da queste è creata una mappa 2D in *Map Viewer* su *ArcGIS Online*, dove la rotazione della mappa è correttamente gestita. I pop-up sono configurati per *Built Environment Objects* e *Components* con dati recuperati dai relativi campi per ciascuna geometria (Titolo, un'immagine, link alla singola pagina web con descrizione completa, Titolo alternativo, Tipologia di oggetto/lavoro, Descrizione del creatore, e Codice nella mappa del 1911). Una cartografia di

base è stata scelta, mentre gli stili dei livelli (colori e trasparenze) ed etichette sono preimpostati in ArcGIS Pro e conservati in *Map Viewer*. Una visualizzazione 3D è creata con *Scene Viewer*. Il modello 3D è gestito come *drawing style* grazie all'estruzione 3D basata sul campo *Elevation*. Dopo la preparazione dei servizi web, della mappa e della scena 3D, il webGIS è creato usando *ArcGIS Experience Builder* inserendo widget configurabili. Il webGIS (**Figura 4**) è visibile al link <https://arcg.is/1HfSgG>.

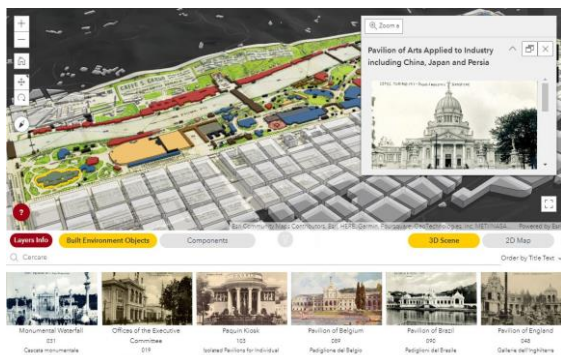


Figura 4. WebGIS 2D/3D, da Spreafico et al., 2023.

Le mappe 2D e 3D sono sincronizzate di modo che, quando un utente passa da una all'altra, la porzione inquadrata e lo zoom rimangono gli stessi. La mappa mostra la carta storica dell'esposizione e le geometrie delle entità *Components*, *Built Environment Objects* e *City Blocks of Turin 1911*. Due liste sono concepite come gallerie di immagini per mostrare tutti i *Components* e *Built Environment Objects* catalogati nel geodatabase. Le liste sono sincronizzate con le mappe 2D e 3D; nelle liste sono mostrati solo gli elementi inquadrati nella mappa 2D/3D, cosicché quando l'utente ingrandisce la mappa, solo gli elementi inquadrati in quel momento appaiono nella lista corrispondente. Viceversa, quando un filtro è applicato alla lista, solo gli elementi risultanti nella lista compaiono sulla mappa 2D/3D. Diversi strumenti (ricerca, selezione nella mappa 2D/3D, elenco dei livelli e legenda, informazioni sui livelli, bottone informativo, navigazione) completano il webGIS. La barra di ricerca consente la ricerca testuale libera e insiste sui campi *Title Text* e *Alternate Title Text* di *Built Environment Objects* e *Components*. Un filtro consente di mostrare gli elementi *Built Environment Objects* secondo il campo *Object/Work Type* (e.g. Padiglioni nazionali, Uffici, Strutture ricreative, ...). Inoltre, nel webGIS è possibile attivare la geolocalizzazione; grazie a questa opzione, quando un utente cammina nel Parco del Valentino con un tablet o uno smartphone, può osservare la sua posizione reale – ottenuta con il GNSS del *device* utilizzato – e vedere dove si colloca rispetto alla mappa storica (**Figura 5**). Una volta creato il webGIS e personalizzato per la versione desktop, le configurazioni automatiche per dispositivi portatili di dimensione media (tablet) e ridotta (smartphone) sono state verificate e configurate manualmente prima della pubblicazione.

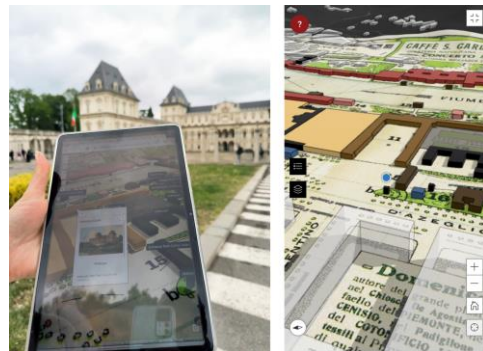


Figura 5. Utilizzando un tablet (sinistra), la posizione dell'utente è identificata sul webGIS (punto blu) nel Parco del Valentino (destra), da Spreafico et al., 2023.

5. Design e creazione delle web app bim-gis

Planimetrie, prospetti e sezioni di alcuni *Built Environment Objects* sono stati collezionati perché riportano la forma e dimensione delle strutture. Modelli 3D sono stati creati per alcuni *Built Environment Objects*. La ricostruzione basata solo su fotografie non è applicabile perché sono disponibili poche immagini per ciascuna struttura, sono a bassa risoluzione e inquadrano solo le porzioni di edificio più interessanti. I modelli 3D sono stati generati seguendo i disegni tecnici, comparati con le fotografie storiche per verificare la corrispondenza con le strutture realmente costruite, come riportato da Einaudi et al., 2020. Modelli dettagliati sono stati creati con LoD 3 per gli esterni e LoD 0 per gli interni, seguendo lo schema LoD di Tang et al., 2018. Le applicazioni web prendono i dati dal geodatabase, integrano modelli BIM e altri prodotti digitali per contestualizzare gli elementi 3D nello spazio. Come per il webGIS, le web app saranno integrate nel nuovo sito web e accompagnate da pagine dedicate per la catalogazione di ciascun *Built Environment Object*. Le applicazioni web GIS-BIM sono sviluppate seguendo i passaggi:

1. Georeferenziazione e pubblicazione del modello BIM,
2. Creazione e pubblicazione del contesto attuale: il DTM e l'ortofoto,
3. Creazione dell'applicazione web BIM-GIS.

5.1 Georeferenziazione e pubblicazione del modello BIM

5.1.1 Un primo test è stato eseguito con un file Revit (.rvt) del Padiglione del Siam del peso di 34.1 MB (

5.1.2 **Figura 6** sinistra) – il file più leggero – e un secondo test con il Padiglione della Città di Torino (

Figura 6 destra) che con i suoi 256.9 MB è il file .rvt più pesante tra i modelli BIM finora creati per *Turin 1911*.

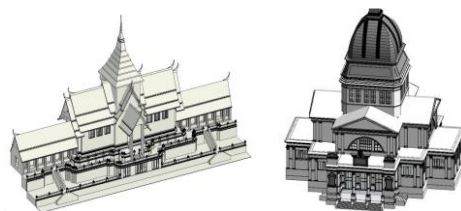


Figura 6. Padiglioni del Siam (sinistra) e della Città di Torino (destra) ricostruiti digitalmente in Revit.

I modelli hanno coordinate arbitrarie; siccome finora non sono stati identificati resti fuori suolo o nel sottosuolo, l'origine del sistema di riferimento globale e la rotazione sono calcolati per ciascun modello usando la geometria nella mappa storica georiferita in ambiente GIS. Il Sistema WGS84UTM32N - EPSG 32632 – è preferito al Web Mercator – EPSG 3857 –

perché il primo è più adatto a minimizzare le distorsioni in aree locali, come il Parco del Valentino. I valori di origine e rotazione sono impostati nel software BIM; successivamente i modelli sono salvati e caricati nel software GIS, usando il metodo di integrazione da BIM a GIS e usando la procedura di georeferenziazione in Revit e di importazione in ArcGIS proposta in Sammartano et al., 2021. I valori che definiscono origine e rotazione del progetto BIM sono impostati in Revit e il file *.rvt* viene salvato. Il file *.prj* contenente il sistema di coordinate e le informazioni di proiezione (EPSG 32632) è associato al file *.rvt*. Il file *.rvt* è caricato in ArcGIS Pro che legge il sistema di coordinate e le informazioni di proiezione dal file associato; tutte le geometrie sono correttamente visualizzate e il file viene letto come tipo di dato BIM e suddiviso nelle famiglie di Revit. Dal modello BIM caricato in ArcGIS Pro, un file *.slpk* viene generato in ArcGIS Pro. In pochi minuti un file del peso di 6 MB è generato per il Padiglione del Siam e uno di 112 MB per la Città di Torino. Infine, i file *.slpk* sono caricati su ArcGIS Online per creare lo *scene layer*. Lo *scene layer* mostra l'intero modello BIM e la struttura del BIM è mantenuta, perciò ogni famiglia di Revit può essere accesa e spenta, i piani possono essere selezionati, e ogni elemento può essere interrogato singolarmente.

5.2 Creazione e pubblicazione del contesto attuale: il DTM e l'ortofoto

Il DTM è derivato dalla Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) alla scala 1:10000 con una risoluzione di 10 metri e accuratezza di 5 metri, il sistema di riferimento è congruente a quello del modello BIM (EPSG 32632). Il DTM è impostato come *ground source* in ArcGIS Pro al posto della mappa topografica mondiale. L'elevazione della superficie usata come terreno definisce l'altitudine di base, da questa viene estrusa l'altezza di tutte le geometrie che giacciono sul terreno; se il terreno viene nascosto, gli elementi sono collocati ad altitudine 0 m, sia in ArcGIS Pro che Online. Il DTM in WGS84UTM32N è usato come *custom elevation layer* in *ArcGIS Online scene viewer* perché le mappe base di ESRI sono in Web Mercator e non possono essere usate con il sistema WGS84UTM32N, perché l'*elevation layer* deve avere lo stesso sistema di riferimento dei layer. Per creare un *custom elevation layer*, uno specifico schema di *tiles* deve essere generato. Il DTM con cache (*.tpk*) è stato pubblicato come *elevation layer* su ArcGIS Online, dove le *tiles* sono caricate per ogni scala e occupano uno spazio totale di 938.75 MB. I prodotti metrici 3D dell'attuale Parco del Valentino sono creati a partire dall'acquisizione aerea fotogrammetrica ad un'altitudine di 1470 m. Dall'intero dataset, 23 fotogrammi nadirali (14790x23010 pixel e 978 MB per ciascun file *.tif*) – acquisiti con una camera UltraCam Eagle Mark 2 f100 con una focale di 100 mm e sensore di 4.6 µm pixel – sono stati selezionati e processati in Agisoft Metashape. 14 Ground Control Points (GCPs) e 7 Control Points (CPs) - misurati con sistema GNSS *Real Time Kinematic* (RTK) – sono stati impiegati nell'elaborazione. La precisione a termine del processo di elaborazione è risultata essere di circa 5 cm e l'accuratezza di 11 cm; l'area totale coperta è di circa 3 km² e il *Ground Sampling Distance* (GSD) è pari a 7.56 cm/pixel. Un'ortofotografia è stata realizzata con una dimensione del pixel di 15 cm, ottenendo un file *.tif* di 14'856x20'386 pixel e 1.2 GB di peso. L'ortofotografia è stata caricata in ArcGIS Pro come file raster e pubblicata online come WMTS con lo stesso schema di cache di *tiles* del DTM.

5.3 Creazione dell'applicazione web BIM-GIS

Come punto di partenza una *local web scene* vuota viene creata su ArcGIS Online, poi il DTM è impostato come *elevation layer*. Il DTM, l'ortofotografia del parco del 2018 e la mappa espositiva storica – precedentemente pubblicata online come WMTS con lo stesso schema di cache di *tiles* del DTM – sono visualizzati come WMTS nella *local web scene*. *Components*, *Built Environment Objects* e *City Blocks of Turin 1911* sono visualizzati come WFS in EPSG 3857 e automaticamente proiettati in EPSG 32632. I due *scene layers* contenenti i modelli BIM sono anch'essi caricati. In modo analogo a quanto realizzato per la creazione del webGIS, l'applicazione web BIM-GIS è creata in *Experience Builder*. L'app del Padiglione del Siam è visibile all'indirizzo <https://arcg.is/9u9uD0> (Figura 7 alto), e quella del Padiglione della Città di Torino all'indirizzo <https://arcg.is/jin0C> (Figura 7 basso). Il *template* selezionato è editato, la *web scene* creata inserita, i *bookmarks* impostati, gli strumenti di navigazione e strumenti 3D (e.g. misura e controllo della luce del sole) sono anch'essi inseriti. I *bookmarks* forniscono uno strumento rapido di visualizzazione per viste preconfigurate. In esse, i livelli possono essere selezionati e l'orientamento della camera impostato a piacimento per creare viste come quelle raffiguranti la facciata principale dell'edificio, una vista generica, e una vista con l'ortofotografia del 2018. Come realizzato per il webGIS, l'opzione di geolocalizzazione è impostata per consentire all'utente di visitare il Parco del Valentino e scoprire la propria posizione nell'applicazione web BIM-GIS. Il livello *Built Environment Objects* propone una contestualizzazione generale nell'esposizione, ma l'elemento per il quale il modello BIM è disponibile è nascosto utilizzando un codice *Structured Query Language* (SQL). Come sviluppato per il webGIS, anche in questo caso sono state create le configurazioni per tablet e smartphone. Singole web app con lo stesso design sono create per ogni *Built Environment Object*. Il codice di integrazione è generato per ciascuna di esse e copiato nel campo *3D Model* nell'entità *Built Environment Object* del geo-DB, per poi integrare le web app nel sito web.



Figura 7. Applicazione WebGIS con modello BIM integrato rispettivamente del Padiglione del Siam (alto) e della Città di Torino (basso), da Spreafico et al., 2023.

6. Analisi

Il webGIS e le applicazioni web GIS-BIM sono strumenti interattivi per l'interrogazione e la navigazione digitale. Quando una geometria è interrogata nel webGIS, un pop-up con le relative informazioni compare mostrando un link che conduce alla pagina web specifica del *Built Environment Object* interrogato (

Figura 8). In alternativa, l'utente può navigare la galleria di immagini o cercare un elemento dalla lista e, una volta trovato e selezionato, la mappa 2D o 3D visualizzata in quel momento in automatico si colloca sulla geometria corrispondente che si illumina e compare il pop-up. Un webGIS progettato in questo modo, rappresenta non solo uno strumento di navigazione, ma anche di ricerca, capace di svelare connessioni nascoste e assistendo l'utente nello studio dell'Esposizione. Per esempio, un filtro può essere applicato per mostrare i *Built Environment Objects* secondo il *Object/Work Type* cosicché, ad esempio, possono essere mostrati solo i Padiglioni Nazionali, questi sono principalmente allineati sulla riva destra del fiume Po o collocati sulla riva sinistra come l'Ungheria e i piccoli padiglioni di India, Bulgaria e Russia, fanno eccezione la Gran Bretagna e la Turchia (

Figura 9). L'integrazione delle immagini storiche con una rappresentazione semplificata 2D/3D degli elementi favorisce la scoperta di nuovi edifici, come nel caso del Bar internazionale Valcauda. Una piccola geometria sconosciuta, ma disegnata nella mappa storica, è identificata grazie al webGIS come Bar Valcauda perché è raffigurata alla destra del Padiglione della Turchia in una fotografia storica (

Figura 10). I livelli possono essere nascosti o mostrati; la loro trasparenza può essere impostata per osservare mappe o ortofoto sovrapposte (come la mappa del 1911 e l'ortofoto del 2018) con il modello BIM posto sul DTM (

Figura 11).

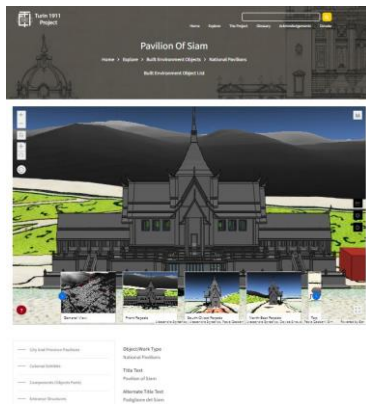


Figura 8. Applicazione web BIM-GIS integrate nella pagina web individuale del nuovo sito web, da Spreafico et al., 2023.

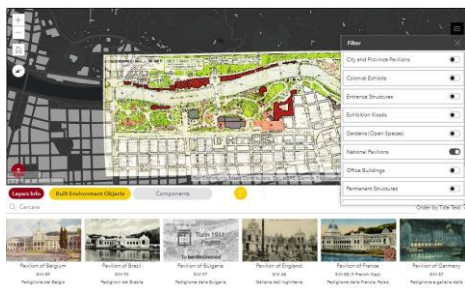


Figura 9. Filtro applicato sulla mappa 2D che mostra solo i Padiglioni nazionali, da Spreafico et al., 2023.



Figura 10. Posizione del Bar Valcauda identificata e geometria georiferita sulla mappa storica grazie a immagini storiche caricate nel webGIS, da Spreafico et al., 2023.



Figura 11. BIM del Siam con mappa dell'Esposizione di Torino 1911 in semi trasparenza e ortofoto del 2018 su DTM, da Spreafico et al., 2023.

7.

8. Discussion and conclusions

La documentazione del Patrimonio effimero, come le Esposizioni Mondiali, è cruciale per la loro conservazione virtuale. Specifiche linee guida dovrebbero essere condivise tra le varie istituzioni coinvolte in progetti di ricerca. Questo articolo dimostra come i webGIS 3D possono essere integrati facilmente in siti web per lo studio nelle scienze umanistiche e la documentazione del Patrimonio. Sfruttando le caratteristiche dei moderni software ed hardware, compiti svolti manualmente sono accelerati e gli archivi fisici vengono espansi. Prodotti metrici 3D e 2D (come ortofoto e modelli BIM) possono essere integrati in un webGIS, consentendo la visualizzazione di strutture ricostruite digitalmente e contestualizzate negli ambienti storici e attuali. Concepito in questo modo, un 'archivio digitale' non è solo la copia digitale di materiale fisico ma un efficace strumento di ricerca. Nel caso di *Turin 1911*, modelli 3D (LoD 3) – basati su documenti e controllati metricamente - dimostrano un alto potenziale perché raffigurano le geometrie di oggetti effimeri, fornendo ad altri studiosi una più ampia comprensione. Guardare ad architetture del passato con modelli 3D navigabili e interrogabili, rende il Patrimonio più interessante e percepibile. Sebbene pesanti, i BIM possono essere caricati online e navigati facilmente, come per il Padiglione della Città di Torino. In generale, gli archivi online forniscono una visualizzazione 2D dei documenti e la ricerca comincia inserendo parole chiave. Mentre, sfruttando webGIS e applicazioni web, la ricerca può iniziare navigando nello spazio 2D o 3D. Strumenti intelligenti usati comunemente - come tablet e smartphone - possono favorire nuove scoperte. La geolocalizzazione fornita da tali strumenti consente all'utente di localizzare la sua posizione nel webGIS e nelle applicazioni web, in modo da aiutare l'utente a confrontare la sua posizione fisica con la navigazione virtuale nell'ambiente ricostruito. La spazializzazione delle architetture sulla cartografia storica

georiferita favorisce la scoperta di dinamiche e scelte meno palesi, come la distribuzione dei padiglioni nazionali lungo la riva del fiume. Molte difficoltà riscontrate nel corso della ricerca sono di natura tecnica e dipendono dal software utilizzato. In generale, le soluzioni commerciali, come quelle proposte da ESRI, richiedono meno esperienza in *Information and Communication Technology* (ICT). Il compito più difficile riguarda l'individuazione della procedura e dei software da impiegare, dalla modellazione 3D alla visualizzazione online, passando dalla georeferenziazione dei modelli e dalla definizione del sistema di coordinate, evitando problemi nella conversione dei file. In questa ricerca, la combinazione di Revit e ESRI ha consentito di integrare con successo i modelli BIM nel webGIS. Tuttavia, alcuni problemi sono legati a incompatibilità tra prodotti della stessa ESRI. Attualmente, la connessione diretta del webGIS al geo-DB è troppo lenta e non consente una visualizzazione efficiente delle geometrie. Infine, mantenere il sistema aggiornato può essere impegnativo. Gli aggiornamenti software sono rilasciati annualmente e le compatibilità tra i diversi programmi devono essere verificate prima di aggiornare l'intero sistema. Spesso, se manca un piano di manutenzione, le piattaforme diventano non più disponibili e quello che è stato creato viene perso, come ad esempio nel caso del progetto Maya. Il seguente articolo dimostra come i webGIS 3D integrati con modelli BIM possono assistere i ricercatori nelle discipline umanistiche ed altri esperti a raccogliere, catalogare, condividere, analizzare e spazializzare le informazioni. Un webGIS 3D, integrato in un sito web e basato su un unico geo-DB, diventa non solo un archivio digitale, ma anche un ambiente di lavoro sempre aggiornato dove la ricerca collaborativa ha luogo e i risultati sono immediatamente visibili in una maniera semplice. L'accesso libero ai dati è concesso a ciascuno da qualsiasi parte del mondo, proteggendo e divulgando la conoscenza del Patrimonio. Inoltre, la procedura qui presentata può essere replicata e la struttura dei dati può essere adattata ad altri casi studio, come altre Esposizioni Mondiali.

9. Contributi, conflitti di interessi e ringraziamenti

Conflitti di interessi: L'autrice dichiara di non avere conflitti di interesse da riportare.

Ringraziamenti

L'autrice ringrazia i gruppi IT di *School of Arts and Humanities* e *Data and GIS Lab* di UC San Diego per il supporto IT nello sviluppo del webGIS. Il nuovo sito web è stato sviluppato da 3Juice (<https://www.3juice.com/>).

Bibliografia

- Abualdenien, J., & Borrmann, A., 2022: Levels of Detail, Development, Definition, and Information Need: a Critical Literature Review. *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 363–392. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.018>
- Bagnolo, V., Pirinu, A., Argiolas, R., & Cera, S., 2022: From drawing to building and back. Digital media to enhance architecture archives heritage. *DIALOGHI / DIALOGUES • visioni e visibilità / visions and visibility*. FrancoAngeli srl. <https://doi.org/10.3280/oa-832-c131>
- Bitelli, G., Gatta, G., Guccini, A.-M., & Zaffagnini, A. (2019). GIS and Geomatics for archive documentation of an architectural project: The case of the big Arc of entrance to the Vittorio Emanuele II Gallery of Milan, by Giuseppe Mengoni (1877). *Journal of Cultural Heritage*, 38, 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.01.002>
- Breunig, M., Bradley, P. E., Jahn, M., Kuper, P., Mazroob, N., Rösch, N., Al-Doori, M., Stefanakis, E., & Jadidi, M., 2020: Geospatial Data Management Research: Progress and Future Directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 95. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020095>
- Chiabrando, F., Sammartano, G., Spanò, A., & Spreafico, A., 2019: Hybrid 3D Models: When Geomatics Innovations Meet Extensive Built Heritage Complexes. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2019, Vol. 8, Page 124, 8(3), 124. <https://doi.org/10.3390/IJGI8030124>
- Della Coletta, C. (2006). *World's Fairs Italian Style: the Great Exhibitions in Turin and their Narratives, 1860-1915*. University of Toronto Press, Toronto.
- Einaudi, D., Spreafico, A., Chiabrando, F., & Della Coletta, C., 2020: From Archive Documentation to Online 3D Model Visualization of No Longer Existing Structures: the Turin 1911 Project. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B2-2020*, 837–844. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-837-2020>
- Fiorini, G., Friso, I., & Balletti, C., 2022: A Geomatic Approach to the Preservation and 3D Communication of Urban Cultural Heritage for the History of the City: The Journey of Napoleon in Venice. *Remote Sensing*, 14(14), 3242. <https://doi.org/10.3390/rs14143242>
- Münster, S., Apollonio, F. I., Bell, P., Kuroczynski, P., Di Lenardo, I., Rinaudo, F., & Tamborrino, R. (2019). Digital Cultural Heritage Meets Digital Humanities. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W15*, 813–820. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-813-2019>
- Pantaloni, M., Console, F., Congi, M. P., & Ventura, R., 2021: The historical geological cartography: from digital archive to WebGIS environment. *Abstracts of the ICA*, 3, 230. <https://doi.org/10.5194/ica-abs-3-230-2021>
- Sammartano, G., Avena, M., Cappellazzo, M., & Spanò, A. (2021). Hybrid GIS-BIM Approach for the Torino Digital-Twin: the Implementation of a Floor-Level 3D City Geodatabase. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B4-2021*, 423–430. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2021-423-2021>
- Sang, K., Piovan, S., & Fontana, G. L., 2021: A WebGIS for Visualizing Historical Activities Based on Photos: the Project of Yunnan–Vietnam Railway Web Map. *Sustainability*, 13(1), 419. <https://doi.org/10.3390/su13010419>
- Spreafico, A., & Della Coletta, C., 2021: Towards Online 3D Archive of Historical Site: the Turin 1911 World's Fair. *Proceedings of the Joint International Event 9th ARQUEOLÓGICA 2.0 & 3rd GEORES*, 487–490. <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/arqueologica20/arqueologica9/paper/view/12052> (accessed 31 Agosto 2023).
- Spreafico, A., Chiabrando, F., and Della Coletta, C., 2023: 3D WEBGIS APPLICATIONS FOR DIGITAL HUMANITIES

STUDIES: THE TURIN 1911 PROJECT, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-M-2-2023, 1501–1508, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1501-2023>

Tang, L., Li, L., Ying, S., & Lei, Y., 2018: A Full Level-of-Detail Specification for 3D Building Models Combining Indoor and Outdoor Scenes. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(11), 419. <https://doi.org/10.3390/ijgi7110419>

von Schwerin, J., Richards-Rissetto, H., Remondino, F., Aguiaro, G., & Girardi, G. (2013). The MayaArch3D Project: A 3D WebGIS for Analyzing Ancient Architecture and Landscapes. *Literary and Linguistic Computing*, 28(4), 736–753. <https://doi.org/10.1093/lc/fqt059>

Wei, T., Sang, Y., Chen, S., Wang, L., Wang, R., Wang, J., Huang, Q., & Wang, J., 2022: WebGIS approach of entity-oriented search to visualize historical and cultural events. *Digital Scholarship in the Humanities*, 37(3), 868–879. <https://doi.org/10.1093/lc/fqac002>