Umanistica Digitale – ISSN: 2532-8816 – n. 20, 2025: Special Issue
S. De Vincentis, M. Critelli – *Il "Moving Panorama" in IIIF. Usi di standard e di tecniche VR360 per un approccio alla museografia digitale*
DOI: http://doi.org/10.6092/issn.2532-8816/21253

Il "Moving Panorama" in IIIF
Usi di standard e di tecniche VR360 per un approccio alla museografia digitale

Stefania De Vincentis

Università Ca' Foscari di Venezia
stefania.devincentis@unive.it

Martin Critelli

SAFIR, Centre for Humanities, Language, and Education, Sorbonne University ABu Dhabi
martin.critelli@sorbonne.ae

Abstract

Lo scenario dei musei italiani all'interno del panorama IIIF – International Image Interoperability Framework – è piuttosto disomogeneo a causa di uno stato ancora embrionale del processo di digitalizzazione delle collezioni. Tuttavia, l'accento posto sulla descrizione e interpretazione delle raccolte d'arte antica attraverso il framework IIIF è rilevante per quelle istituzioni i cui ambienti sono fortemente caratterizzati da apparti decorativi, oltre che dalle opere d'arte. Attraverso l'esame dell'intera collezione della Galleria Borghese, il nostro obiettivo è stato quello di rappresentare ed esprimere le molteplici relazioni tra opere, ambienti e raccolte descritte nei Manifest IIIF. Per suggerire all'utente un'esperienza immersiva oltre che interattiva, il Manifest è stato progettato come un tracciato strutturato attraverso relazioni parte-tutto, per evocare l'immagine di un percorso interconnesso. Questo elemento è reso possibile grazie all'integrazione di fotografie panoramiche delle sale e dalle tecnologie VR360 per consentire una navigazione tra le stanze del museo e al tempo stesso tre le sue raccolte. L'applicazione dello schema di metadati VRACore offre un primo passo verso la standardizzazione delle informazioni fornite dal museo.

Parole chiave: IIIF -- AIUCD2023 -- Semantic Interoperability -- Galleria Borghese -- Digital Museum -- VR360 -- Panorama

The scenario of the Italian museums within the IIIF – International Image Interoperability Framework – environment is quite uneven due to a still early stage in the process of digitizing the collections. Nevertheless, the emphasis on the description and interpretation of historical art collections through the framework is relevant to

Copyright © 2025 The Author(s)
The text in this work is licensed under the Creative Commons BY License.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

institutions whose environments and connotations are highly decorated. This is exemplified by the Galleria Borghese in Rome, whose collection encompasses not only single artwork but also the architectural context of its rooms and walls. In this study, we conducted a comprehensive analysis of Galleria's artistic heritage with the objective of encoding the intricate relationships between artworks and their spatial settings within the IIIF Manifests. To enhance the user's interpretive engagement, the Manifests were conceived as an interlinked structure, articulated through hierarchical "whole-part relationships. The implementation of VR360 images of the rooms will also be completed to allow visitors to browse between the rooms and the works of art they contain. Finally, to increase the semantic interoperability of the resource within the IIIF Manifest, we decided to apply the VRACore metadata schema. This operation is configured as a first step towards the standardization of information provided by the museum.

Keywords: IIIF -- AIUCD2023 -- Semantic Interoperability -- Galleria Borghese -- Digital Museum -- VR360 -- Panorama

Aspetti dallo scenario IIIF nei settori culturali

L'International Image Interoperability Framework è un progetto che nasce nel 2011 ad opera delle Bodleian Library, Stanford University Libraries e British Library, con l'obiettivo di sviluppare un ambiente dinamico e interoperabile al fine di rendere facilmente accessibili via internet le copie digitalizzate di manoscritti e materiale bibliografico vario [64], [60]. In breve tempo, grazie all'efficienza e alla disponibilità open source delle specifiche, il progetto coinvolge numerose istituzioni ed enti culturali dei diversi domini GLAM (Galleries, Libraries, Archives and Museums), modificando radicalmente le modalità di interazione (modifica, commento, annotazione creazione di contenuti) con immagini e materiale visivo [65]. Attualmente la comunità IIIF, che conta decine di enti e istituzioni aderenti, costituisce uno dei maggiori network per la pubblicazione online del materiale culturale. Come per altre piattaforme open source di condivisione della conoscenza, la partecipazione a una rete internazionale contribuisce ad aprire uno spazio per il confronto su sperimentazioni che supera i singoli interessi di ricerca, favorendo la progettazione di nuovi strumenti per visualizzare e accedere alle informazioni. Le applicazioni del framework interessano materiali, collezioni e ambiti eterogenei, adattandosi allo studio di manoscritti, di giornali, alle attività di curatela, alla museologia e alla visualizzazione di dati e contenuti [61].

Nel panorama nazionale la maggior parte dei casi applicativi si concentra all'interno di biblioteche e archivi mentre ulteriori difficoltà si riscontrano nel settore museale dove il framework non incontra il medesimo successo. Tuttavia, delineare un quadro completo delle istituzioni, nazionali ed estere, che ad oggi hanno adottato questo ambiente per promuovere il proprio patrimonio culturale esula dagli obiettivi del presente lavoro. Per gli scopi qui proposti ci si limiterà a prendere in esame alcune specifiche realtà che hanno prodotto applicazioni originali del IIIF. Tra queste, è ormai nota l'applicazione Mirador [52] sviluppata dalle Stanford University Libraries che consente una navigazione avanzata dei contenuti grazie all'implementazione di vari plugin. Anche la Bodleian Library ha avuto un grande impatto nell'ambiente IIIF realizzando e rendendo disponibile un software web-based per la realizzazione di *Manifest*: il *IIIF Manifest Editor* [26]. L'impegno profuso dalla community IIIF nella diffusione del framework ha contribuito a espanderne l'adozione e, conseguentemente, a cooperare a livello internazionale per l'aggiornamento e il miglioramento delle specifiche.

Il settore museale ha applicato tali strumenti per facilitare l'accesso alle collezioni proiettando le esigenze dei curatori e quelli del pubblico fruitore. La user experience è l'obiettivo del progetto

Cleopatra che sviluppa elementi dialoganti da integrare agli applicativi e ai contenuti IIIF attraverso sistemi di annotazioni [9]. La piattaforma si serve di sistemi Natural Language Processing (NLP) per interagire con l'utente attraverso l'interfaccia Mirador, servendosi di una chatbot per rispondere a domande specifiche sulle immagini di interesse ed elaborando degli itinerari profilati in base alle risposte dei visitatori, siano questi in presenza oppure online. L'integrazione di tecnologie per la sentiment analysis, infine, ambisce ad accrescere una consapevolezza della propria esperienza conoscitiva estesa all'intero contesto e non solo al singolo oggetto. Musei quali il Getty Museum, l'Harvard Art Museum, il Cooper-Hewitt Smithsonian Design Museum, l'Art Institute of Chicago si collocano quali istituzioni virtuose nella descrizione ed esposizione dei propri *Manifest*, cogliendo l'opportunità di snellire l'accesso trasversale a più raccolte, distribuite su diversi server attraverso un'unica interfaccia di visualizzazione mediante l'adozione di API condivise per lo scambio delle immagini. Una posizione che si colloca in coerenza con il principio di apertura che caratterizza il consorzio IIIF e le centinaia di istituzioni interessate alla condivisione di materiali visivi in formato digitale [21].Tali istituti, oltre a segnalarsi per completezza di esposizione di dati e metadati delle immagini, sono anche tra i più attivi nell'implementare le applicazioni di visualizzazione con modelli 3D e formule per l'accesso alle collezioni tramite dispositivi mobili. L'inserimento della terza dimensione nell'architettura del *Manifest* è un processo seguito dal Technical Specification Group (TSG) del IIIF e che ha nell'introduzione del concetto di 'Scene' la principale specifica[1]. Dal 2024 interfacce opensource di visualizzazione 3D come Kompakkt [43] hanno implementato l'elaborazione delle API e sono in grado di elaborare *Manifest* [63].

Nel caso del Art Institute of Chicago, l'arricchimento del framework si è avvalso di applicativi per l'accesso in-gallery alle opere sul viewer Mirador tramite dispositivi touch screen, stimolando l'interazione con l'utente anche all'interno del museo e rendendo le proprie collezioni accessibili da una estensione sul browser di ciascun utente [56][2]. La possibilità di analizzare nel dettaglio i singoli oggetti, grazie ai sistemi di zoom profondi offerti dai visualizzatori IIIF, consente agli utenti di esplorare aree di dipinti e sculture altrimenti impossibili da raggiungere col solo sguardo qualora, ad esempio, un quadro sia esposto in teca o delimitato da sensori di prossimità.

In Italia, per l'utilizzo del IIIF, si può fare riferimento a casi spaziando dal settore archivistico a quello bibliotecario come, ad esempio, l'Archivio storico della Gazzetta di Parma [54], la Teca Digitale dell'Archivio Centrale dello Stato [3], il Portale Antenati della Direzione Generale Archivi [16], il portale Alphabetica realizzato dell'Istituto Centrale per il Catalogo Unico delle biblioteche italiane (ICCU) [55], la Digital Vatican Library della Biblioteca Apostolica Vaticana [48], [49] o, ancora, l'Estense Digital Library [22]. Alcuni istituti come le Gallerie Estensi hanno avviato l'opera di rimodulazione dei metadati a partire dai propri fondi archivistici e documentali. Quest'ultimo caso presenta, quale specificità, l'integrazione dello strumento Storiies [12], adattato nella funzionalità Storie dalla Media Library Online-MLOL [53]. Rispetto alla funzione prettamente descrittiva di base, tale applicativo adopera sequenze di immagini in IIIF per "creare

*È doveroso ringraziare la Galleria Borghese di Roma per la preziosa e imprescindibile disponibilità offerta nelle fasi di ricerca, in particolar modo la Direttrice Francesca Cappelletti e l'Architetto Agnese Murrali; Luca Vascon per la competente professionalità nelle fasi di acquisizione fotografica e i generosi consigli; non da ultimo, il VeDPH-Venice Center for Digital and Public Humanities e il CNR-ILC, Istituto di Linguistica Computazionale "A. Zampolli" per il continuo supporto e immancabile sostegno alla realizzazione del progetto.

[1] Nel 2024 è stata rilasciata la prima bozza di *Manifest* Presentation API per la codifica di contenuti 3D, il Draft IIIF Manifest Experiments [72].

[2] https://github.com/art-institute-of-chicago/browser-extension/blob/main/README.md (ultimo accesso 20/01/2025).

percorsi visuali all'interno di una immagine o tra dettagli di immagini differenti" [53]. I repertori a cui attingere per realizzare la singola Storia sono presenti sia all'interno di MLOL, sia tratti da diverse piattaforme che condividono lo stesso framework, consentendo all'utente, in entrambe le situazioni, di intervenire e personalizzare, con annotazioni e commenti, ogni immagine incorporata. Questo caso è indicativo di come all'interesse delle singole istituzioni verso tali sistemi abbia fatto seguito la risposta di numerose aziende che, nell'offrire servizi di digitalizzazione, hanno contribuito a elaborare strutture visive sempre più innovative.

Quanto emerge dallo stato dell'arte è un quadro applicativo qualitativamente variegato, in cui permangono differenze tra i diversi domini culturali dovute alla tipologia di oggetto trattato e a pratiche consolidate. In particolare, si nota come l'ambito museale italiano fatichi a trovare casi applicativi originali e adattati alle proprie peculiarità. Sebbene l'adozione del IIIF stia progressivamente contribuendo a modificare le modalità di accesso da remoto alle collezioni museali, questa fase iniziale si presenta prevalentemente dominata da un utilizzo ancora molto essenziale dei suoi applicativi. Quest'ultimi dedicano una ridotta attenzione all'esposizione dei metadati sulle singole opere e sono prevalentemente concentrati a sfruttare le potenzialità dei software di visualizzazione per amplificare lo zoom sull'immagine e mettere a disposizione strumenti per la sua modifica. Si tratta di una componente che si dimostra spesso meramente accessoria che demanda alla conoscenza, all'inventiva e all'arbitrarietà dell'interazione con l'utente ogni potenziale interpretativo sull'immagine e sui suoi dati, omettendo un criterio metodologico che indirizzi verso una più approfondita lettura dell'oggetto digitale. Infatti, l'attenzione al dettaglio dell'immagine del singolo oggetto d'arte appare avere come solo obiettivo quella di rendere accattivante la consultazione del catalogo delle opere, per stimolare l'interazione in remoto con l'utente, prescindendo dalla sua formazione o interesse. Un tale approccio, basilare alle potenzialità offerte dal framework, è indice di una attenzione ancora limitata alle molte opportunità offerte dalle implementazioni in continuo sviluppo dei suoi sistemi applicativi e periodicamente riportanti dal Museum Community Group [34]. Questa è una considerazione evidente a partire da una rapida disamina dei diversi cataloghi online dei musei dove spesso, a una dichiarata adozione dei sistemi IIIF, corrisponde, ad esempio, una resistenza nell'esporre il *Manifest* relativo all'opera d'arte in forma di oggetto digitale, vero e proprio documento che declina nel web le informazioni disponibili all'opera. Tale aspetto, unito alla mancanza di un comune modus operandi, rende difficile realizzare uno studio sui metodi di interazione uomo-macchina adottati dalla singola istituzione per descrivere le opere e codificare in maniera univoca l'oggetto digitale, in linea con i principi FAIR di ricercabilità, accessibilità, riuso e interoperabilità dei dati [71]. Una necessità a cui la rete della IIIF Museum Community Group cerca di rispondere mediante forum e riunioni periodiche.

Maggiori spunti provengono dal mondo della ricerca legato all'ideazione di infrastrutture per i beni culturali, quali il DataSpace del CNR-ISPC, una piattaforma per la condivisione, l'accesso e l'archiviazione a lungo termine dei dati prodotti dall'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale [38]. Tra i progetti al momento ospitati nel DataSpace, lo Studio spettroscopico di sei manoscritti della Biblioteca Augusta di Perugia, realizzato dalla piattaforma MOLAB.it (Mobile LABoratory) dell'European Research Infrastructure for Heritage Science - E-RHIS [23], offre una specifica integrazione del modello IIIF. L'implementazione è pensata a beneficio dell'utente che voglia condurre un'analisi delle immagini senza dover necessariamente accedere alla modalità di modifica (Edit Mode), ma agendo attraverso un applicativo fornito dalla piattaforma per procedere a un'analisi manuale [10]. Si tratta di accorgimenti che agiscono a favore di una migliore interazione per chi si avvicina alla conoscenza della singola opera, sia essa un oggetto d'arte o un documento manoscritto, nella sua componente dematerializzata.

Un "Panorama" pensato per il museo digitale

Il presente contributo insiste su argomenti già in parte presentati [14], che sono oggetto di una sperimentazione tuttora in corso presso il Venice Centre for Digital and Public Humanities dell'Università Ca' Foscari di Venezia, per la costruzione di un modello IIIF specifico per l'ambito museale. Con l'attuale comunicazione si intende scendere nel dettaglio degli aspetti tecnici, utili alla realizzazione di un prototipo da rendere fruibile attraverso il catalogo online del museo. Al contempo, si vuole offrire un confronto aggiornato di tale sviluppo con il recente scenario di museologia sperimentale, che adotta originali sistemi per interagire con gli oggetti digitali delle collezioni storico-artistiche.

Il progetto in essere segue un approccio interattivo e narrativo simile ai casi trattati nel precedente paragrafo. Rispetto a questi, però, si spinge oltre nell'indagare nuove possibili applicazioni del IIIF adottando come caso studio la Galleria Borghese di Roma. Oltre alla componente collezionistica del museo, che comprende la quadreria, la statuaria antica, la scultura moderna e l'arredo, è stata considerata quella spaziale, articolata nelle venti sale riccamente decorate da marmi, affreschi, stucchi. Accanto al patrimonio monumentale, la Galleria si distingue per il fastoso apparato decorativo che fa da cornice alle opere esposte. Tale conformazione rende la descrizione dei fregi ornamentali e dei corpora collezionistici in IIIF particolarmente sfidante perché consente di rivolgersi non solo al singolo oggetto, ma anche agli elementi che adornano il contesto spaziale di ciascuna sala. L'attenzione verso tale aspetto ha tratto alimento da una fase operativa che tuttora interessa il museo nella sua resa virtuale, avviata a partire dal 2020. La Galleria Borghese sta sostenendo un'attività di digitalizzazione che coinvolge sia l'assetto morfologico dell'edificio sia quello delle sue collezioni. Il catalogo digitale è stato appositamente aggiornato nelle schede di ciascuna opera prima di essere riorganizzato in un database di tipo relazionale. Parallelamente, si è svolto il lavoro di rilievo architettonico dell'edificio e dei suoi ambienti per la realizzazione di un modello H-BIM Historical o Heritage Building Information Modeling [7]. Nei suoi intenti finali, l'operazione si riserva di concepire un modello federato per la gestione di eterogenei repertori di informazioni, teso a realizzare una rappresentazione virtuale degli spazi museali e delle sue collezioni mediante l'integrazione di differenti modelli e sistemi di acquisizione di dati. Tra gli esiti del lavoro di rilievo, spicca la ricostruzione tridimensionale degli ambienti museali, accessibile online nel formato di una simulazione che evoca i modelli di navigazione propri del gaming. Un approccio, questo, in linea con le ricerche che guidano i processi di digitalizzazione dei beni culturali [46] a favore di un accesso fluido e condiviso alla conoscenza di tipo esperienziale [74], [40]; che mira a coinvolgere attori territoriali e lo stesso pubblico di visitatori nei processi di progettazione delle esposizioni esaltando gli esiti narrativi [45]; beneficia delle potenzialità d'uso educativo e non solo ricreativo delle tecnologie per la Realtà Virtuale (VR) [29], [24]. Questi studi fanno capo alle ricerche sul museo digitale e prendono in esame la sua evoluzione storica connessa all'adozione di nuove tecnologie informatiche, a quelle per la catalogazione delle collezioni e ai dispositivi per la loro esposizione, in coerenza con gli scenari in rapido mutamento della cultura digitale [59], [27].

Al fine di restituire una percezione realistica delle sale, il modello integra degli scorci fotografici equirettangolari, suggerendo dei punti di vista controllati e le foto sferiche delle principali opere d'arte. Tale accorgimento presenta ulteriori risvolti: a livello metodologico, lo spazio mette a confronto una ricostruzione grafica in 3D, ottenuta dai dati di rilievo tramite laser scanner, con una composizione di fotografie sferiche formata da molteplici riprese e secondo diversi punti di osservazione. A livello interpretativo e della fruizione utente, il modello offre due accostamenti di realtà, una simulata in 3D e una realistica, fotografica. La prima è caratterizzata da un massimo movimento del visitatore nello spazio, a sei gradi di libertà (6DoF), propria della Realtà Virtuale. La seconda, specifica dei video 360, compensa i minori gradi di libertà (3DoF) con la più alta

definizione delle immagini acquisite, che permette un avvicinamento all'opera e un fedele dettaglio di ogni componente stilistica e materica [13]. Gli obiettivi di un tale ambiente superano, quindi, la sola rappresentazione del museo all'interno di un tour virtuale. Entrambe le rese spaziali, 3D e 360, potrebbero infatti essere gestite attraverso una piattaforma H-BIM, collegando le sale ai database delle collezioni, aprendo così l'accesso alla conoscenza delle opere esposte e alle informazioni di quelle conservate nei depositi [14].

La scelta di insistere sul formato della visita virtuale per la messa a punto del prototipo si accosta a una tendenza propria di alcune delle maggiori realtà museali al mondo, quali il Rijksmuseum, il Museo dell'Hermitage, il Centre Pompidou, il British Museum, il Met, le Gallerie degli Uffizi e la lista potrebbe allungarsi notevolmente[3]. Il virtual tour fotografico è infatti la soluzione preferita dai musei per offrire ai potenziali visitatori un primo accesso ai propri tesori. Gli esiti per ciascuna istituzione, in termini di resa qualitativa e stilistica, si differenziano in base alle finalità cui tale linguaggio è destinato [70]. Questo può prediligere una espressione narrativa, sviluppata nella forma di un racconto, con le opere quali protagoniste e dagli intenti educativi; una informativa, evidenziando gli elementi di accessibilità ai luoghi; una, infine, promozionale, proponendo uno scorcio perlustrativo e semplificato agli ambienti [37]. In base al tipo di approccio linguistico adottato, il modello virtuale può essere affiancato da dispositivi touch screen e tecnologie di Realtà Aumentata, per l'ampliamento dei contenuti e la fruizione in situ [4]. L'utilizzo di apparecchiature mobili è stato già riportato come efficace proprio per quelle rappresentazioni tridimensionali degli ambienti museali dalla conformazione ibrida, composta da un modello 3D e da immagini panoramiche, come nel caso che si propone, tratteggiando ulteriormente i contorni, o i confini, del museo virtuale[4] [30]. Ulteriori studi hanno ribadito la predilezione per il virtual tour come formato efficace per rappresentare i beni culturali, evidenziando i pregi di un metodo che ha avuto riconoscimento e proliferazione durante l'emergenza sanitaria da COVID-19 ma che, a livello economico e sociale, si pone come un'adeguata e valida alternativa a metodologie più dispendiose, in termini di tempo e capacità di dati da elaborare [2]. Tra i più recenti progetti DIAGRAM: Digitising and Augmenting the Panorama of the Battle of Murten[5] propone un dialogo con le originali finalità del dispositivo panoramico piegato alle esigenze di processare elevati quantitativi di dati estratti dalla realizzazione di repliche digitali delle opere d'arte [11].

Accanto a questo risvolto pratico, dettato da una consuetudine nel rendere immediato, non solo l'accesso, ma il museo stesso, l'adozione di un virtual tour presenta altrettanti, evidenti problemi, che sono oggetto di indagine, sull'effettivo successo di questi formati [39]. Tra le maggiori

[3] Per la progettualità e il grado di integrazione della tecnologia VR360 con le collezioni museali, le scelte curatoriali e le potenzialità educative, si vedano i casi del Rijksmuseum, *Operation Night Watch,* https://www.rijksmuseum.nl/en/press/press-releases/operation-night-watch-to-start-at-the-rijksmuseum (ultimo accesso 20/01/2025); The Met 360° Project, https://www.metmuseum.org/art/online-features/met-360-project (ultimo accesso 20/01/2025); del British Museum per le mostra Arctic culture and climate (22 Oct 2020 - 21 Feb 2021), https://www.britishmuseum.org/exhibitions/arctic-culture-and-climate/360-tour/ (ultimo accesso 20/01/2025); del Louvre, https://www.louvre.fr/en/online (ultimo accesso 20/01/2025).

[4] Per un'indagine sul concetto di museo virtuale e sulle tecnologie a favore di un approccio partecipato e immersivo alle collezioni, si veda [1], [15], [17]. Tra le soluzioni che perseguono l'obiettivo di una museologia sperimentale si faccia anche riferimento al progetto PixPlot del Yale Digital Humanities Lab e allestito presso L'Harvard Art Museum [62].

[5] https://www.epfl.ch/labs/emplus/projects/diagram/ (ultimo accesso 20/01/2025).

criticità emergono quelle legate alla mancanza di usabilità di tali ambienti, attribuita a tecniche di navigazione non comprensibili o troppo complicate che portano gli utenti ad avvertire problemi di disorientamento, perdita della visione d'insieme e difficoltà a ricollocare i luoghi precedentemente visitati [42], [44]. Nonostante questi aspetti, una persistente predilezione nel pubblico per un tipo di percezione immersiva e spettacolare degli scenari culturali, che si colloca nel solco dei Moving Panorama del XIX secolo [8], [57], e a cui fa riferimento il titolo del presente contributo, ha determinato la volontà di insistere su questo tipo di fruizione e ad applicare lo standard IIIF al modello di un tour virtuale fotografico[6]. I dispositivi panoramici avevano la caratteristica di restituire un tipo di realtà sintetica, nel comprendere e al contempo tracciare i confini di un orizzonte a volte troppo difficile da percepire con la sola vista. Il pubblico che aveva accesso ai teatri panoramici poteva innalzare il proprio sguardo su luoghi e scenari geograficamente e anche temporalmente inaccessibili. Questi paesaggi divenivano un palcoscenico strategico manipolando uno spazio sotto il controllo di una radicale geometrizzazione [19]. Lo spettatore poteva immergersi in un contesto urbano di cui, illusoriamente, scorgere gli orizzonti e percepire la distanza storica, ricongiungendo luoghi ed eventi in un'immagine unitaria.

Un simile atteggiamento è oggi rintracciabile nelle recenti letture del dispositivo panoramico codificate attraverso il digitale e divenute tramite per ricostruire il legame tra l'individuo - sia esso abitante, turista o passante - e la consapevolezza del luogo, riattivando il dinamismo spazio-temporale offerto dai primi Panorami. Le proposte immersive della tecnologia VR360, nel corrispondere a una modalità di consumo che interessa sia l'ambiente sociale urbano che quello della fruizione e dell'esperienza digitale, rappresentano quindi un tramite per rendere accessibili i contenuti complessi delle Digital Humanities attraverso un approccio emotivo, relazionale e interattivo [51]. Questo atteggiamento pare in linea con una tendenza della cultura digitale proiettata verso un modello di Data Humanism [47]. Si persegue, con questo concetto, la ricerca e lo sviluppo di nuove modalità per rendere i dati più umani e coinvolgenti, attraverso mezzi per trasmettere la complessità degli individui, operando su elementi quali narrazione, contesto ed estetica.

All'interno di tale ambito socioculturale si colloca anche il rapporto tra pubblico e spazio museale. Quest'ultimo, nella sua espressione digitale, è coerente con una concezione di museo espanso, propria di una museologia sperimentale, della quale il Laboratory for Experimental Museology [20] è la principale manifestazione, proponendosi di ridefinire i confini tra lo spazio pubblico e museologico [41]. Al pari di un paesaggio storico, le stanze della Galleria Borghese sono state protagoniste di questa lettura digitale, divenendo un palcoscenico virtuale dove trova espressione e manifestazione il gusto collezionistico. La presenza di fotografie sferiche degli ambienti è stata, quindi, la condizione che ha permesso la sperimentazione in corso, aprendo a nuove possibilità nell'utilizzo del framework IIIF, per finalità narrative, museografiche e curatoriali.

L'espediente adottato per la fase di prototipazione consiste nell'avvalersi di tali fotografie per la rappresentazione di ogni sala, descritta in IIIF e interrogata come una mappa, quale singolo oggetto digitale. La fotografia 360 comprende, per sua definizione, l'interezza della sala e dei suoi oggetti. In questa dimensione, le immagini si prestano ad essere indagate e commentate, guidando l'utente in una modalità amplificata, controllata e informata del tour virtuale attraverso un sistema di annotazioni. In generale, la struttura delle API di presentazione consentirà agli

[6] Per una recente disamina degli aspetti illusionistici del panorama attraverso i diversi media (pittorici, fotografici, digitali), si veda [73]. Sulla ricezione contemporanea del panorama, oltra ai già citati, si veda: [28], [31][66].

sviluppatori di costruire relazioni diverse tra le risorse, accedendo alle informazioni sui singoli oggetti, rintracciabili all'interno della foto panoramica della sala e organizzati come "collezioni".

L'obiettivo di studio perseguito è quello di integrare le molteplici relazioni che intercorrono all'interno dell'intero catalogo di opere della Galleria Borghese nei differenti *Manifest* del IIIF. Tali modelli sono stati definiti come un percorso interconnesso, strutturato in relazioni "tutto-parte" e basato sulla reale articolazione della collezione per garantire agli utenti un'esperienza di navigazione online approfondita. Queste connessioni saranno spiegate in maggiore dettaglio nella sezione successiva; al momento basti specificare che a partire dal *Manifest* "Panorama" della sala sarà possibile scegliere se accedere alle immagini della singola opera, della categoria di oggetto a cui fa di riferimento nel museo. Questo metodo si presenterà a supporto dei visitatori nella scoperta del museo, permettendo loro di muoversi virtualmente, da remoto, tra le sale e le opere d'arte in esse contenute, offrendo inoltre la struttura web per la predisposizione di una possibile interfaccia in-gallery da adattare su dispositivi mobili e utilizzabili sul luogo.

L' adattamento dello standard IIIF alla collezione della Galleria Borghese

Adattamento del modello IIIF

Nel corso degli anni, lo standard IIIF ha conosciuto innovazioni sempre più significative che hanno contribuito a espanderne la potenzialità sino ad arrivare a includere oggetti digitali diversi dalle sole immagini come, ad esempio, audiovisivi e 3D. Dalle tre iniziali API [64], ad oggi ne sono state implementate sei: Image, Presentation, Authorization Flow, Content Search, Change Discovery, Content State. Tali specifiche consentono la costruzione di modelli sempre più sofisticati incorporando nuove funzionalità come la definizione delle autorizzazioni o la ricerca di termini dal contenuto per fare alcuni esempi. Ai fini del presente articolo, è opportuno soffermarsi su alcuni aspetti delle due principali API, Image e Presentation[7], necessari ad una maggiore comprensione del lavoro richiesto nella definizione del modello IIIF per la collezione della Galleria Borghese.

L'Image API, attualmente alla versione 3.0, permette la trasmissione attraverso il protocollo HTTP(S) dell'immagine secondo le caratteristiche dello standard. Tale applicativo attribuisce all'immagine un identificativo univoco e persistente (URI) seguendo una sintassi ben strutturata che permette di accedere al contenuto secondo le specifiche proprietà IIIF. Queste, strutturate nei parametri region, size, rotation, quality, format, consentono di interrogare l'immagine attraverso specifiche caratteristiche, come ad esempio una particolare zona o una dimensione diversa dall'originale. La richiesta avviene formulando l'URI seguendo lo schema sotto riportato e specificando, per ciascun parametro, il valore di riferimento (Figura 1).

[7] Per ulteriori informazioni circa le altre API, si rimanda al sito ufficiale: https://iiif.io/api/ (ultimo accesso 17/12/2024).

```
{scheme}://{server}{/prefix}/{identifier}/{region}/{size}/{rotation}/{quality}.{format}
```

Figura 1. Stringa URI della Image API[8].

La Presentation API supporta l'intera architettura dello standard IIIF definendone i singoli elementi e proprietà. Anche tali specifiche, così come l'Image API, sono attualmente alla versione 3.0 e si articolano di diversi elementi che consentono una sofisticata rappresentazione degli oggetti digitali (Figura 2).

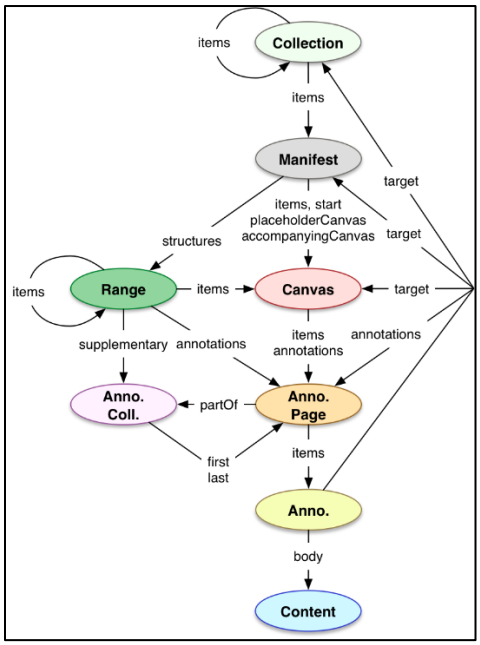

Figura 2. Struttura dell'architettura IIIF. Immagine presa dal sito ufficiale del IIIF [35].

Degli elementi presenti in Figura 2, l'attenzione è qui rivolta verso *Collection*, *Manifest* e *Canvas*, che costituiscono l'impianto di base per il modello adattato per la collezione della Galleria Borghese[9]. L'elemento *Collection* costituisce l'apice del modello strutturato per contenere al proprio interno una lista ordinata di *Manifest* o di ulteriori *Collection*. Si tratta di un oggetto non obbligatorio nella costruzione di un modello IIIF che può essere definito per organizzare più risorse digitali attribuendole un preciso ordine di visualizzazione. Il *Manifest* è il vero elemento centrale all'interno di tale struttura e ha il compito di rappresentare l'oggetto digitale nella sua globalità sotto diversi profili informativi in accordo ad uno specifico set di proprietà. Il *Canvas*, infine, si colloca all'interno del *Manifest* svolgendo il ruolo di contenitore virtuale dell'oggetto digitale permettendone così la visualizzazione. Dall'attuale versione 3.0 dell'API, è possibile

[8] Per un maggiore approfondimento sulla sintassi e semantica impiegata nell'Image API v. 3.0, si rimanda al sito ufficiale: https://iiif.io/api/image/3.0/ (ultimo accesso 22/04/2025).

[9] Per una dettagliata descrizione dei singoli elementi si rimanda al sito ufficiale: https://iiif.io/api/presentation/3.0/ (ultimo accesso 22/04/2025).

associare al *Canvas* diverse risorse digitali come, ad esempio, immagini, testi e documenti audiovisivi. Il collegamento dei singoli oggetti con i *Canvas* avviene tramite l'elemento *Annotation* all'interno del quale la risorsa è associata per mezzo del suo URI e, nel caso delle immagini, quello ottenuto attraverso l'Image API.

Una delle caratteristiche dello standard IIIF è l'assenza di vincoli nella metadatazione delle risorse con la conseguente possibilità di adottare metadata application profiles personalizzati in totale autonomia. Tale approccio, se da un lato consente la creazione di un'unica struttura valida per i differenti domini culturali, dall'altro va a discapito di una descrizione uniforme e standardizzata degli oggetti digitali. Non manca tuttavia, sotto il profilo sintattico, la possibilità di accedere a descrizioni standardizzate esterne, tramite la proprietà <*seeAlso*>, per definire all'interno dello stesso modello un collegamento ad altre risorse quali, ad esempio, schede descrittive e ontologie di riferimento. Il solo ricorso a questo elemento, pur riducendo il rischio di perdita di informazioni, non è tuttavia sufficiente a garantire una descrizione coerente delle risorse stesse. Per ovviare a tale rischio, nel lavoro qui descritto si è scelto di adottare uno standard di metadati in grado di descrivere i diversi oggetti della struttura IIIF. La scelta, a tal fine, è ricaduta sul VRACore, Visual Resources Association Core [69], [50], uno standard di metadati per la descrizione di oggetti culturali visivi. Applicato all'interno del modello IIIF, il VRACore consente la creazione di chiavi di accesso normalizzate, uniformi e specifiche del dominio museale e culturale in un ambiente che "It [IIIF] explicitly does not aim to provide metadata that would allow a search engine to index digital objects" [33]. La ragione principale che ha spinto verso l'adozione di tale standard risiede nella possibilità di scindere la descrizione dell'oggetto culturale dalla sua rappresentazione visiva, ovvero l'immagine. Ciò consente di descrivere con opportuna specificità le opere d'arte e le relative riproduzioni che, insieme, caratterizzano il contesto museale e in particolare la sua trasposizione digitale in ambiente IIIF. Nel perseguire questo obiettivo, il VRACore distingue tre livelli descrittivi:

- ***Work***. Identifica l'oggetto costruito o creato.
- ***Collection***. Comprende un insieme di oggetti (*Work*).
- ***Image***. È la rappresentazione multimediale dell'oggetto.

È in questa tripartizione che risiede la peculiarità dello standard, consentendo all'utente di descrivere, con opportuni metadati, l'opera culturale distinguendo tra l'oggetto reale e un suo surrogato visivo. All'interno del contesto IIIF, il VRACore può essere impiegato come possibile strumento di valorizzazione e arricchimento semantico dei contenuti culturali e delle immagini, nucleo centrale del framework [58] e dove la somiglianza sotto il profilo concettuale tra le due strutture consente una descrizione più accurata e dettagliata degli elementi. Per esaltare adeguatamente tale somiglianza, nel caso della Galleria Borghese è stato preso in esame lo schema dello standard per scegliere quegli elementi che maggiormente rispecchiassero la descrizione appurata dal museo, procedendo in seguito all'elaborazione di un application profile da associare alla collezione del museo che risultasse congruo e idoneo alla struttura del modello IIIF. In tale fase, l'aspetto chiave è la distinzione tra il livello descrittivo dell'opera, quindi *Work* e *Manifest*, e il livello della rappresentazione visiva, *Image* e *Canvas*. Nella tabella sottostante è riportato lo schema di crosswalk tra gli elementi attualmente adoperati dal museo nella descrizione delle proprie risorse e i metadati VRACore (Tabella 1).

GB_ELEMENTS		**VRA_CORE**
Element	**Subelement**	**Element**
Inventario		id
Datazione		date <creation>
Periodo		stylePeriod
Misure		measurements
	altezza	height
	spessore	width
	lunghezza	length
Posizione		location
Tipologia		worktype

Materia/Tecnica		material
Mostre		relation <exibitedAt>
Conservazione e Diagnostica		stateEdition
Bibliografia		textref
Scheda		description
Titolo		title
Cornice		material <support>

Tabella 1. Crosswalk di metadati tra le etichette presenti nel database della Galleria Borghese e i metadati VRACore.

La descrizione che segue è finalizzata a evidenziare gli aspetti concettuali, tecnici e metodologici del prototipo di modello IIIF realizzato per la collezione museale della Galleria Borghese. La prima parte ha per oggetto un'analisi esplorativa sulla struttura del modello, indicandone le caratteristiche e gli elementi adottati per la realizzazione finale. La seconda entra nel merito del processo implementativo del progetto, indicando le tecnologie applicate e le modalità di definizione di ciascun elemento del modello.

Descrizione del modello

Il modello qui proposto si basa sulla combinazione degli elementi Collection e Manifest con l'obiettivo di simulare, in ambiente IIIF, la reale visita del museo consentendo così la navigazione continua fra le opere delle sale. Per la realizzazione di tale obiettivo, all'interno del modello è possibile distinguere tre oggetti principali:

1. *Manifest* delle opere d'arte;
2. *Manifest* delle sale a 360°;
3. *Collection* delle sale.

***Manifest* delle opere d'arte**: è l'oggetto rappresentativo della singola opera. È strutturato per contenere un *Canvas* dell'opera in oggetto e della sala nella quale l'opera è esposta. Sotto il profilo descrittivo, tale *Manifest* si compone dei metadati relativi all'oggetto culturale, secondo lo standard VRACore, e delle proprietà tecniche e strutturali IIIF utili a creare collegamenti con risorse esterne, come ad esempio la pagina web di riferimento della Galleria Borghese. L'immagine riportata in Figura 3 offre un esempio del *Manifest* della scultura principale della Sala 1, la Paolina Borghese come Venere Vincitrice di Antonio Canova. I riquadri presenti nella parte inferiore a sinistra della schermata sono i due oggetti *Canvas* associati a tale *Manifest*, rispettivamente il *Canvas* rappresentante la scultura del Canova e il *Canvas* dell'immagine equirettangolare della Sala 1. Tale soluzione consente una navigazione immediata e diretta tra l'oggetto consultato e la sala in cui esso è esposto Figura 3.

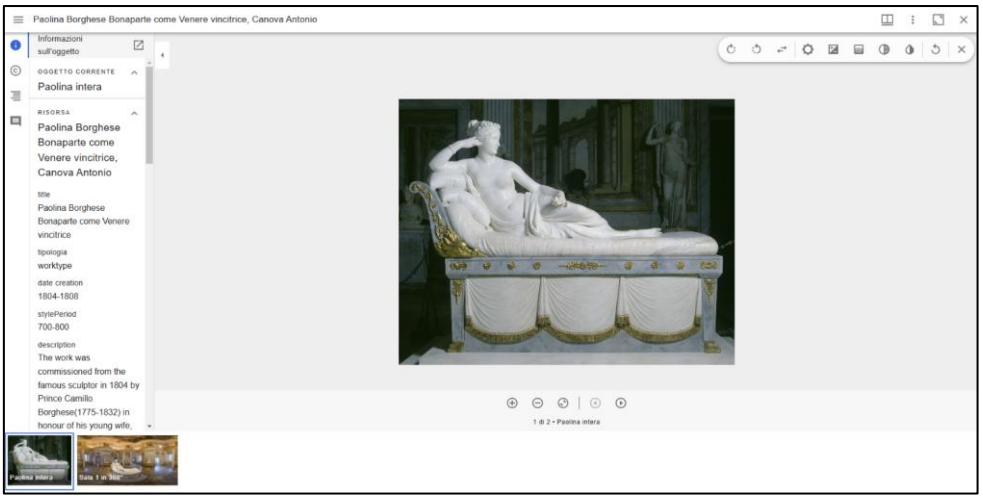

Figura 3. Manifest della Paolina Borghese come Venere Vincitrice

***Manifest* delle sale a 360°:** è l'oggetto costruito per raggruppare la sala e le opere ivi esposte. Dal momento che, oltre alle opere, anche le sale rappresentano una parte riguardevole del patrimonio artistico della Galleria Borghese, la definizione di un *Manifest* specifico per le sale è posta con l'obiettivo di valorizzare questo aspetto, attribuendo il giusto contesto a dipinti e sculture. A tal fine, sono state impiegate le fotografie equirettangolari che offrono una panoramica della sala e delle opere esposte permettendo così la creazione di punti di accesso per i *Manifest* delle singole opere. Il *Manifest* della sala pone dunque in relazione tra loro sala e opere offrendo una visione d'insieme della sala e di ciò che vi è contenuto. Per dare il giusto rilievo a tale relazione, l'elemento *Canvas* è stato impiegato per contenere sia l'immagine equirettangolare della sala che delle opere esposte (Figura 4).

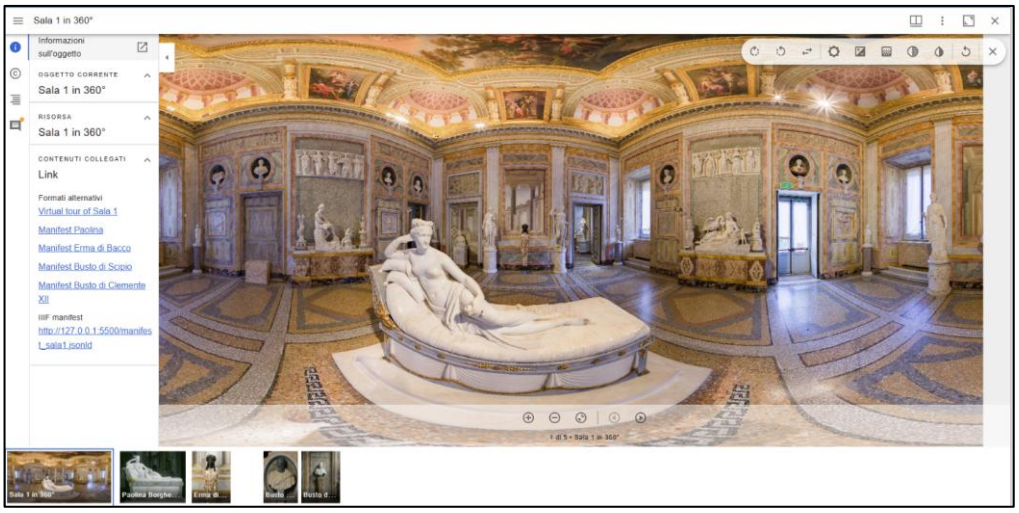

Figura 4. Manifest della Sala 1 contenente le opere d'arte a livello di Canvas.

***Collection* della sala**: è l'oggetto finalizzato a contenere e organizzare i diversi *Manifest* afferenti ad una singola sala tramite il loro URI. Così strutturato, tale modello permette la navigazione dell'intera sala sfruttando la combinazione tra i *Manifest* della sala e delle singole opere. Sotto l'aspetto organizzativo, questo elemento pone a livello superiore di *Collection* una configurazione simile a quello del *Manifest* delle sale con l'obiettivo di garantire una maggiore organizzazione delle risorse.

Sotto il profilo concettuale, il modello IIIF qui presentato può essere rappresentato mediante una struttura a grafo, all'interno del quale i singoli nodi sono rappresentati dai *Manifest* messi in relazione tra loro. Figurativamente, la struttura si compone di nodi centrali, costituiti dagli oggetti *Manifest* e *Collection* delle sale, e di nodi periferici rappresentati, invece, dai *Manifest* delle singole opere d'arte (Figura 5).

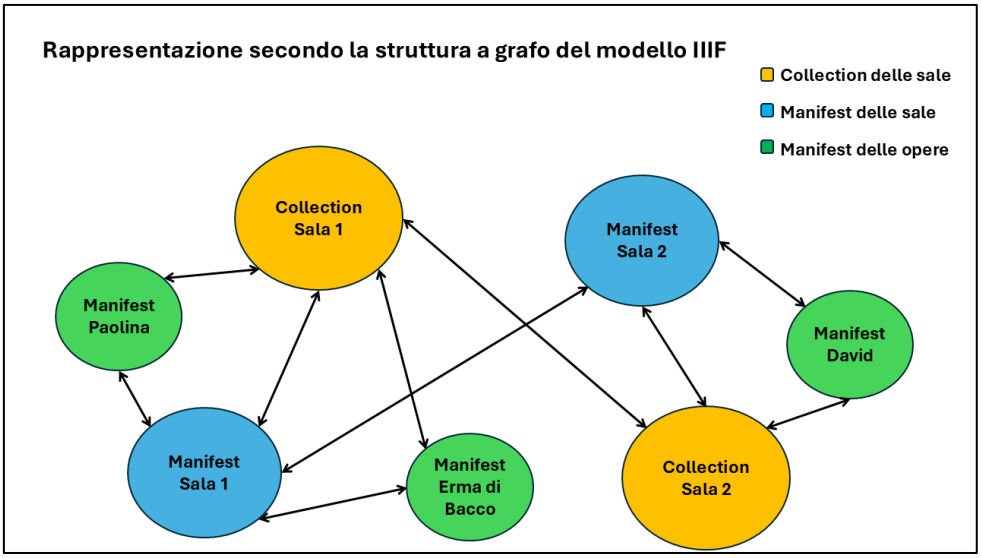

Figura 5. Struttura a grafo del modello IIIF per la Galleria Borghese.

All'interno di tale struttura, le relazioni tra i nodi sono state definite su due piani differenti: da una parte enfatizzando il collegamento tra opere e sala, mettendo in relazione i singoli *Manifest* delle opere con il *Manifest* della sala e la rispettiva *Collection*, dall'altra evidenziando la suddivisione spaziale del museo connettendo tra loro i *Manifest* e i *Collection* delle sale. All'interno del modello IIIF, la definizione di tali relazioni è resa possibile mediante il sistema di annotazione del framework che, attraverso la creazione di punti di accesso all'interno delle singole immagini, consente di delineare un percorso di navigazione diretto tra le sale e le opere rispecchiando la reale esposizione del museo. La scelta di operare questi due livelli distinti tra le relazioni è motivata dalla volontà di tenere separati il piano artistico, incentrato sull'opera d'arte, e quello spaziale caratterizzato dall'ordine d'esposizione. A tale scopo, sono stati definiti alcuni semplici criteri:

- i *Manifest* delle opere d'arte sono collegati con il *Manifest* e il *Collection* della sala di riferimento;
- i *Manifest* delle sale sono collegati con i *Manifest* delle opere esposte al proprio interno, con il *Manifest* delle sale poste in sequenza e con il *Collection* della propria sala;
- i *Collection* sono collegati con i *Manifest* delle opere d'arte e della sala di riferimento e con i *Collection* delle sale adiacenti.

La realizzazione di un così intricato sistema di relazioni offre agli utenti la possibilità di esplorare in piena autonomia i contenuti artistici del museo interamente in ambiente IIIF. A livello di sale, infatti, i collegamenti imposti sia sul piano dei *Manifest* che dei *Collection* consentono agli utenti di "muoversi", virtualmente, tra opere e sale poste in sequenza tra loro. Entrando maggiormente nel dettaglio, il modello IIIF pensato per la Galleria Borghese intende simulare il percorso tra le sale del museo mettendo in connessione tra loro i *Manifest* e i *Collection* delle sale adiacenti tra loro. L'instaurazione di tali collegamenti avviene mediante gli identificativi dei singoli oggetti ponendo in relazione classi di oggetti uguali fra loro, ovvero *Manifest* da un lato e *Collection* dall'altro. Di conseguenza, ponendo l'esempio di aver effettuato l'accesso al *Manifest* della Sala 2, l'utente avrà modo di accedere direttamente ai *Manifest* della prima e della terza sala tramite i rispettivi identificativi. Allo stesso modo, anche sul piano dei *Collection* l'utente è in grado di spostarsi tra le sale adiacenti sfruttando i relativi identificativi. In particolare, come si vedrà in

seguito, questa operazione è agevolata dalle funzionalità del viewer che rende, da un punto di vista grafico, immediato il collegamento tra gli oggetti IIIF. Il modello è inoltre arricchito del collegamento con il sito web della Galleria Borghese offrendo per ciascun *Manifest*, di opera o sala, il proprio riferimento web integrando così la navigazione della collezione museale in ambiente IIIF con gli approfondimenti dedicati. L'applicazione del framework IIIF attraverso una struttura a grafo, all'interno del quale i singoli nodi sono distintamente connessi tra loro, è funzionale alla creazione di un percorso ramificato attraverso il quale l'utente sia in grado di muoversi impiegando punti di accesso visivi, come le miniature dei *Canvas*, e testuali, come indici ed elenchi creati all'interno dei singoli *Manifest*. La caratteristica principale di questo elemento è il riferimento alle sale adiacenti, attraverso gli specifici URI, tramite i quali l'utente avrà modo di "entrare" virtualmente nelle sale connesse ed esplorarne le collezioni esposte. In tal modo si suggerisce un tipo di navigazione tra le sale simile a quella di un tour virtuale.

Nel paragrafo che segue verrà approfondito l'aspetto tecnico e metodologico del progetto, a partire dalla scelta degli strumenti da adottare sino alla configurazione del software scelto per la visualizzazione di default del modello.

Analisi metodologica e l'adozione del modello IIIF

L'analisi metodologica oggetto di questo paragrafo entra nel merito dello sviluppo del modello IIIF indicandone le tecniche e tecnologie adoperate e specificando per ognuna di esse i criteri che hanno portato a sceglierle. In fase iniziale, la realizzazione del modello in oggetto ha richiesto l'impiego delle core API Image e Presentation. Trattandosi di specifiche esistenti in più versioni, è stato essenziale condurre un'analisi comparativa tra le diverse soluzioni disponibili per scegliere quale adottare e, di conseguenza, impostare il lavoro implementativo. In tale circostanza, sono principalmente due le tipologie di fattori da tenere in considerazione:

- fattori diretti, ovvero le caratteristiche sul piano tecnico e tecnologico che differenziano una versione dall'altra dell'API;
- fattori indiretti, ovvero le conseguenze che, sul piano della compatibilità con altre tecnologie e applicativi, le differenti versioni possono comportare.

Nel caso delle Presentation API, sotto il profilo sintattico-strutturale l'attuale versione si distingue per l'introduzione di nuovi elementi, la ridenominazione di alcuni di essi e l'eliminazione di altri. In aggiunta a questi, è importante sottolineare la possibilità, nell'attuale versione, di includere al proprio interno documenti audiovideo che, sino alla precedente versione 2.1, potevano essere connessi solamente come risorse esterne [36]. Come ulteriore punto di analisi occorre poi considerare anche i cambiamenti sotto il profilo tecnologico e la conseguente compatibilità con gli strumenti sviluppati da terze parti, come editor di *Manifest* o server che, indirettamente, finiscono per incidere sulle scelte di impiego degli utenti. Infatti, proprio il mancato sviluppo, almeno in fase iniziale, di strumenti compatibili con le nuove specifiche dell'API ha finito per comprometterne l'adozione nei diversi settori culturali. Tra questi, si può citare il Digirati Manifest Editor o il Simple Annotations Server, divenuti compatibili con le nuove specifiche anni dopo la loro implementazione.

Valutati i singoli aspetti che caratterizzano il versioning delle API del IIIF, nella costruzione del modello più adatto alla collezione della Galleria Borghese si è proceduto a selezionare le API lmage e Presentation nella loro ultima release, ovvero v.3.0. Per ottimizzare l'impiego dell'Image API, a seguito di una valutazione dei diversi strumenti compatibili, si è scelto di adottare Cantaloupe Image Sever [68] compatibile sia con l'attuale versione che con le precedenti. Nel caso delle Presentation API, oltre all'analisi delle caratteristiche delle singole versioni, sono state esaminate alcune implementazioni nel dominio museale, selezionando casi d'uso realizzati con

le versioni 2.x, come ad esempio il Getty Museum, e 3.0 dell'applicativo in oggetto come il National History Museum di Londra. Alla base di questo processo valutativo sono stati tenuti in considerazione diversi fattori quali: la congruità della versione con la collezione in essere, la compatibilità con gli strumenti esistenti e il grado di innovazione nel contesto di applicazione. Le ragioni che in seguito hanno portato ad adottare la versione 3.0 delle API in oggetto si basano sulla possibilità di inserire, in un secondo momento, anche documenti audiovideo e, sotto il profilo innovativo, porre il progetto tra i primi a utilizzare tale versione nell'ambito museale italiano.

Selezionati gli applicativi da impiegare per la creazione del modello IIIF, occorre poi distinguere le procedure sia sul piano semantico che tecnico per la messa in opera di quest'ultimo. Per ciò che concerne il primo aspetto, la semantica, la metadatazione delle risorse e degli elementi IIIF è stata eseguita ricorrendo allo standard VRACore e alle proprietà IIIF. Come sottolineato nel precedente paragrafo, lo standard manutenuto dalla Library of Congress è impiegato con lo scopo di offrire una descrizione granulare delle risorse culturali, distinguendo il concetto di opera artistica, definita attraverso il *Manifest*, dal suo surrogato visivo rappresentato attraverso il *Canvas*. Le proprietà IIIF sono invece impiegate per fornire i dettagli tecnici necessari alla costruzione del modello e, parzialmente, a dare risalto alle caratteristiche dei surrogati visivi delle opere artistiche.

Dal punto di vista tecnico, invece, la costruzione del modello ha avuto avvio impiegando un editor JSON-LD, una scelta motivata dalla mancanza o parziale affidabilità di editor compatibili[10] con le specifiche delle Presentation API, o con il modello IIIF da realizzare, e dall'assenza di vincoli o limiti dettati da software specifici. Il tassello conclusivo nel progetto qui presentato concerne, infine, la scelta del viewer e quindi delle funzionalità da offrire nella visualizzazione del modello progettato. Pur essendo possibile visualizzare un *Manifest* IIIF mediante qualsiasi viewer compatibile, open source o proprietari, la selezione di uno strumento di default consente di personalizzare le modalità attraverso cui rendere visibile il lavoro realizzato. Per gli obiettivi posti in essere, si è preferito optare per un applicativo open source scegliendo il viewer Mirador 3. La disponibilità in open source e il diffuso impiego, unitamente all'elevata inclusività della community nello sviluppo e aggiornamento del software, rendono Mirador tra i più completi visualizzatori nel contesto IIIF. Questi fattori, uniti alla possibilità di personalizzare l'applicativo attraverso diversi plugin, hanno contribuito a scegliere Mirador come visualizzatore di default. In quest'ultima fase, dunque, l'obiettivo è riuscire ad adattare il viewer prescelto alle caratteristiche del modello IIIF. Per ottemperare a tale obiettivo è possibile combinare i diversi plugin disponibili per evidenziare la rete di collegamenti definiti all'interno dei singoli *Manifest* e *Collection*. Come risultato di tale processo, l'interfaccia del viewer consente di dare una forma visiva alla rete di relazioni tra i diversi elementi del modello. Partendo dalla schermata di avvio (Figura 6), l'utente è in grado di navigare tra i *Manifest* delle opere e delle sale avendo a disposizione per ciascuna di esse i metadati e i collegamenti con eventuali risorse esterne e con gli elementi IIIF. Parallelamente, sempre dal menu della schermata iniziale, è possibile selezionare i *Collection* delle sale adiacenti per un accesso diretto a quest'ultime direttamente tramite il visualizzatore (Figura 7).

[10] Si tenga conto che la realizzazione del modello è stata condotta nell'arco del 2023. Ad oggi, gran parte dei tool e dei software disponibili sono pienamente compatibili con le Presentation API 3.0.

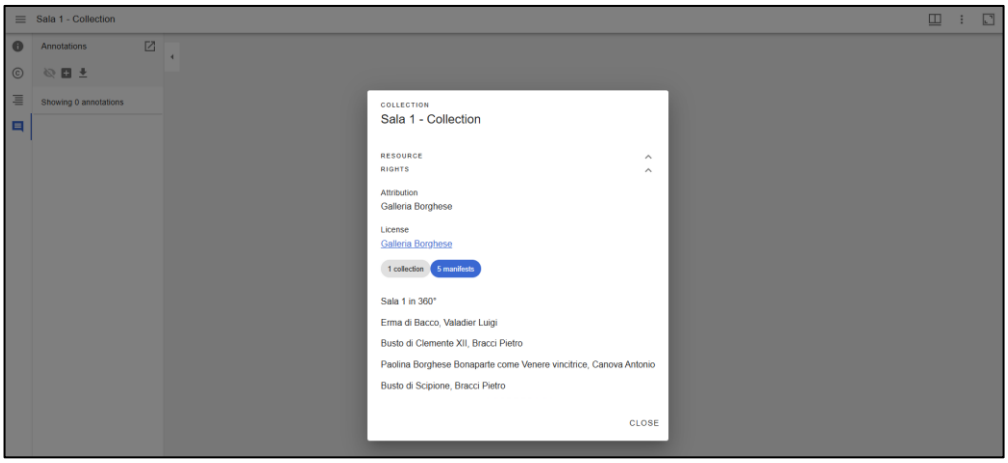

Figura 6. Schermata di avvio del Collection con i Manifest al proprio interno.

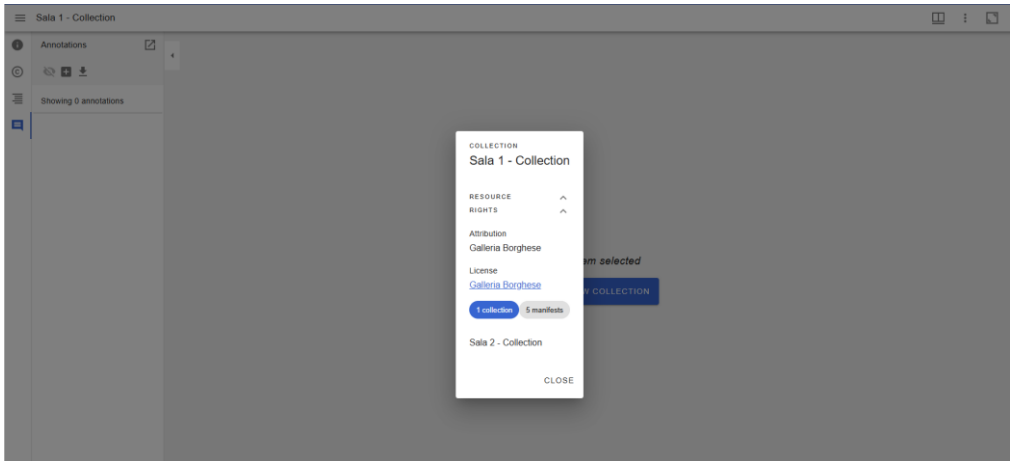

Figura 7. Schermata di avvio del Collection con i Collection delle sale adiacenti.

Il sistema di collegamenti è inoltre potenziato grazie al sistema di annotazione, dove i singoli oggetti esposti nella sala costituiscono veri e propri punti di accesso visivi. Mediante l'annotazione, le opere d'arte vengono evidenziate con appositi riquadri e attribuite del collegamento al proprio *Manifest* (Figura 8). Insieme a queste, è soprattutto l'ingresso della stanza adiacente ad essere messo in rilevo poiché l'esposizione del *Manifest* consente di instaurare la relazione tra le sale anche sul piano dei *Manifest* e, di conseguenza, delineare un percorso guidato e strutturato del museo.

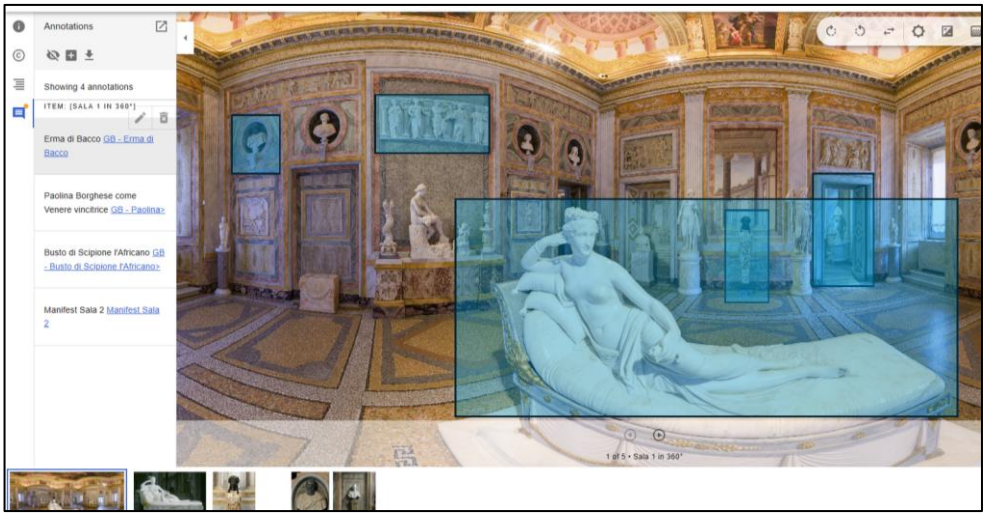

Figura 8. Schermata del sistema di annotazione nel Manifest della Sala 1.

Il sistema di annotazioni può essere inoltre sfruttato, in locale o in remoto, dai singoli utenti per effettuare operazioni di commento o per indagare le immagini e rintracciare elementi di dettaglio. Così progettato, il modello IIIF risulta essere non soltanto un medium per la navigazione e consultazione delle opere d'arte museali simulando al tempo stesso la reale visita delle sale, ma si configura anche come strumento di ricerca e analisi promuovendo un ambiente altamente collaborativo e interoperabile dove i singoli studiosi hanno modo di analizzare le immagini e compiere le proprie indagini. Tale aspetto è ulteriormente intensificato dalla griglia di visualizzazione di Mirador, una funzionalità che permette di confrontare e analizzare simultaneamente diversi *Manifest* (Figura 9).

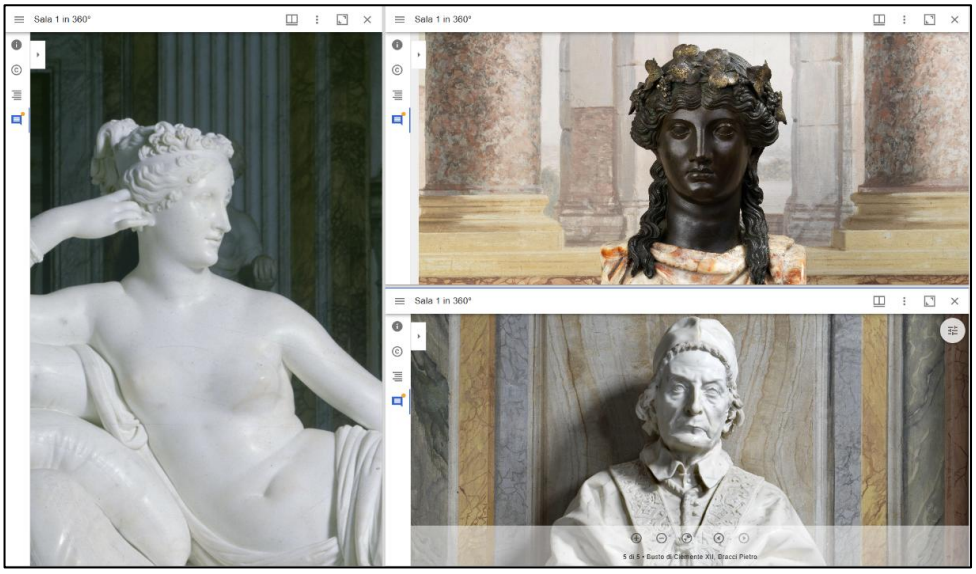

Figura 9. Esempio della griglia di visualizzazione con Mirador 3.

Conclusioni: tra digitale e analogico

Il progetto ha seguito un doppio approccio teorico e metodologico. Questo ha applicato le buone pratiche delle Digital Humanities [67] per rendere disponibili tout court, e non solo accessibili, gli oggetti culturali della Galleria Borghese. Questa impostazione, nella sua precisa declinazione, si accosta alle ricerche sulla Digital Art History che operano per la ricostruzione di un documento storico artistico attraverso un sistema di aggregazione, codifica e rappresentazione di dati e metadati [18]. Si presta, però, ad essere integrato con gli sviluppi di nuove metodologie basate su modelli a rete neurale in grado di arricchire le informazioni sull'immagine con dati legati all'esperienza percettiva dell'utente [32] e che aprono a nuove letture dello spazio espositivo [25].

L'adozione di specifici strumenti, così come presentato nella fase implementativa, è stata considerata con l'intento di rendere semplici gli oggetti digitali, accessibili e consultabili, rispondenti ai bisogni informativi degli utenti. Per un'analisi più dettagliata, occorre contestualizzare i risultati ottenuti alla luce dell'attuale stato di perfezionamento degli strumenti compatibili con le nuove API del IIIF che, non essendo ancora giunto a compimento, comporta alcune limitazioni nell'impiego di alcune funzionalità. La stretta e proficua collaborazione tra fruitori e sviluppatori della comunità IIIF è stata determinate per tagliare il progetto in base alle nuove API che, unitamente allo standard VRA Core, hanno posto il caso studio in esame all'attenzione della stessa comunità IIIF. Per lo stesso istituto museale i risultati sono stati notevoli con la possibilità di arricchire un unico ambiente dove il vasto patrimonio digitalizzato viene reso facilmente accessibile, usufruibile e trasversalmente consultabile. Infatti, il modello IIIF descritto favorisce diverse modalità di visualizzazione e manipolazione dei contenuti, migliorando sensibilmente l'esperienza dell'utente a vari gradi di intervento e di approfondimento. Similmente alle linee seguite da istituzioni quali l'Estense Digital Library con il già citato strumento Storie, la Vlaamse Kunstcollectie (VKC) con lo strumento di annotazioni per i condition report o il Victoria & Albert Museum con il Digirati Manifest Editor[26], anche la sperimentazione in corso adotterà una strategia di crowdsourcing, avvalendosi dello strumento di annotazioni all'interno del Mirador viewer. In tal modo si faciliterà la collaborazione di studiosi da ogni parte del mondo, consentendo anche a un pubblico di studenti e appassionati di intervenire, suggerendo nuovi contenuti opportunamente filtrati e vagliati dai funzionari del museo.

Attualmente il progetto affronta una fase di avanzamento che prevede il ricorso a librerie Python, quale ad esempio *iiif-prezi 3* [6], per l'automatizzazione del processo di creazione dei modelli di *Manifest* e *Collection* e, soprattutto, per ciò che concerne l'importazione dei metadati descrittivi delle opere dal database del museo. Sarà così possibile applicare lo stesso modello alle venti sale della Galleria Borghese, fino a comprendere in futuro anche gli ambienti dei depositi, aprendo a nuovi accessi e a ulteriori narrazioni. Ulteriore sviluppo riguarda l'integrazione tramite apposito plugin dell'ambiente in VR360 all'interno del modello IIIF, ovviando all'utilizzo, per ora necessario, di un collegamento ipertestuale. Questo accorgimento ha l'obiettivo di collegare l'ambiente del tour virtuale con il viewer Mirador, ampliando il grado di interazione con l'utente che avrebbe la possibilità di accedere ai metadati e alle descrizioni di ogni singolo oggetto digitale durante l'esperienza di navigazione virtuale. Allo stato attuale, le foto equirettangolari sono convertite in immagini interattive in html5 con motore di visualizzazione KRPANO, il cui formato non è compatibile con quello IIIF, quindi al momento non integrabile. Il lavoro successivo prevede di trasferire il panorama in un formato video navigabile utilizzando uno dei plugin di annotazione video IIIF sull'esempio degli esiti promettenti già sperimentati da estensioni come MemoRekall [5].

Questi aspetti, una volta risolti, offriranno un accesso duplice al museo dove la controparte digitale contribuirà a rivendicare il necessario confronto con il contesto reale che le fotografie panoramiche, nel loro eco analogico, contribuiscono a supportare.

Acknowledgment

Stefania De Vincentis ha lavorato alla stesura delle sezioni teoriche, di approfondimento storico e di contesto, riferite nello specifico ai paragrafi: Un "Panorama" e Conclusioni: tra digitale e analogico.

Martin Critelli ha lavorato alla stesura della sezione tecnica, testi ed elaborati grafici, del paragrafo L' adattamento dello standard IIIF alla collezione della Galleria Borghese.

Entrambi gli autori hanno collaborato in pari misura alla stesura del paragrafo Aspetti dallo scenario IIIF nei settori culturali.

References

[1] Akker, Chiel van den, and Susan Legêne, eds. 2016. Museums in a Digital Culture: How Art and Heritage Become Meaningful. Amsterdam: Amsterdam University Press.

[2] Antinozzi, Sara, Andrea Di Filippo, and Daniela Musmeci. 2022. 'Immersive Photographic Environments as Interactive Repositories for Preservation, Data Collection and Dissemination of Cultural Assets'. Heritage 5 (3): 1659–75. https://doi.org/10.3390/heritage5030086.

[3] Archivio Centrale dello Stato. n.d. 'Teca Digitale Dell'Archivio Centrale Dello Stato'. Accessed 8 July 2024. https://tecadigitaleacs.cultura.gov.it/.

[4] Barbieri, Loris, Fabio Bruno, and Maurizio Muzzupappa. 2017. 'Virtual Museum System Evaluation through User Studies'. Journal of Cultural Heritage 26 (July):101–8. https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.02.005.

[5] Bardiot, Clarisse, Hart Jacob, David Rouquet, Anthony Geourjon. 2023. 'MemoRekall-IIIF: A Mirador extension supporting video annotation and a network of IIIF manifests'. IIIF Annual Conference and Showcase, (Jun) 2023, Naples, Italy. ⟨hal-04172137⟩

[6] Bennett, Mike, and Mark Bagget. 2025. 'Iiif-Prezi3'. Python. iiif-prezi. https://github.com/iiif-prezi/iiif-prezi3.

[7] Bianchini, Carlo, Carlo Inglese, and Alfonso Ippolito. 2022. Il rilievo integrato complesso di Galleria Borghese. Roma: Gangemi editore SpA international.

[8] Bordini, Silvia. 1984. Storia Del Panorama. La Visione Totale Della Pittura Nel XIX Secolo. Collana Di Architettura. Roma: Officina.

[9] Branco, Dario, A. Amato, S. Venticinque and R. Aversa. 2023. 'Agents Based Cyber-Physical Diffused Museums Over Web Interoperability Standards'. IEEE Access 11: 44107-44122. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3272641.

[10] Bucciero, Alberto, Alessandra Chirivì, Gerardo Anglada, Emanuel Demetrescu, Bruno Fanini, and Nicolò Paraciani. 2023. 'DataSpace-ISPC: A Semantic Platform for Heritage Science'. Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 109–17. https://doi.org/10.2312/GCH.20231166.

[11] Chau, Tsz Kin, Paul Bourke, Lily Hibberd, Daniel Jaquet, and Sarah Kenderdine. 2024. 'Cultural Big Data: Nineteenth to Twenty-First Century Panoramic Visualization'. Frontiers in Big Data 7 (November):1309887. https://doi.org/10.3389/fdata.2024.1309887.

[12] Cogapp. n.d. 'Storiiies'. Accessed 12 December 2024. https://www.cogapp.com/r-d/storiiies?

[13] De Vincentis, Stefania, and Luca Nicolò Vascon. 2020. 'Digital Languages for Art History. Audience Engagement, Virtual and Augmented Reality'. In The Routledge Companion to Digital Humanities and Art History, edited by Kathryn Jane Brown. Routledge Companions. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

[14] De Vincentis, Stefania. 2023a. 'Cieli in Una Stanza. Un Approccio Alla Realtà Virtuale 360° Nella Galleria Borghese Di Roma.' In Galleria Borghese, edited by Francesca Cappelletti, 46–52. Napoli: artem.

[15] De Vincentis, Stefania. 2023b. Il Museo Digitale: Esperienze e Progetti. Collana Imago Memoriae, II. Roma: Editori Paparo.

[16] Direzione Generale Archivi. n.d. 'Direzione Generale Archivi: Antenati. Gli Archivi per La Ricerca Anagrafica'. Accessed 12 April 2025. https://archivi.cultura.gov.it/strumenti-di-ricerca-online/i-portali-tematici/portale-antenati.

[17] Drotner, Kirsten, Vince Dziekan, Ross Parry, and Kim Christian Schrøder. 2018. The Routledge Handbook of Museums, Media and Communication. 1st ed. London: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315560168.

[18] Drucker, Johanna. 2013. 'Is There a "Digital" Art History?' Visual Resources 29 (1–2): 5–13. https://doi.org/10.1080/01973762.2013.761106.

[19] Dubbini, Renzo. 1994. Geografie Dello Sguardo: Visione e Paesaggio in Età Moderna. Saggi 784. Torino: Giulio Einaudi.

[20] École Polytechnique Fédérale de Lausanne. n.d. 'Laboratory for Experimental Museology (eM+)'. EPFL. Accessed 8 May 2025. https://www.epfl.ch/labs/emplus/.

[21] Emanuel, Jeffrey P. 2018. 'Stitching Together Technology for the Digital Humanities With the International Image Interoperability Framework (IIIF)'. In Digital Humanities, Libraries, and Partnerships, 125–35. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102023-4.00009-4.

[22] Estense Digital Library. n.d. 'Estense Digital Library - il portale delle collezioni digitalizzate'. Accessed 12 December 2024. https://edl.cultura.gov.it/.

[23] European Research Infrastructure for Heritage Science. n.d. 'Laboratori mobili'. E-RIHS.it. Accessed 12 December 2024. https://www.e-rihs.it/laboratori-mobili/.

[24] Fassi, Francesco, Alessandro Mandelli, Simone Teruggi, Fabrizio Rechichi, Fausta Fiorillo, and Cristiana Achille. 2016. 'VR for Cultural Heritage'. In Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, edited by Lucio Tommaso De Paolis and Antonio Mongelli, 9769:139–57. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40651-0_12.

[25] Forte, Maurizio, Leonard White, Kate Straneva, and Sean Woytowitz. 2023. 'Virtual Reality and Neuroarchaeology'. In The Brain-Friendly Museum: Using Psychology and Neuroscience to Improve the Visitor Experience, edited by Annalisa Banzi, 147–58. Abingdon, Oxon; New York, NY: Routledge.

[26] Fraser, Stephan, Tom Crane, Kelsie Caldwell, and Paul Mollahan. (2021) 2024. 'Iiif-Manifest-Editor'. TypeScript. digirati-co-uk. https://github.com/digirati-co-uk/iiif-manifest-editor.

[27] Giannini, Tula, and Jonathan P. Bowen, eds. 2019. Museums and Digital Culture: New Perspectives and Research. Springer Series on Cultural Computing. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97457-6.

[28] Grau, Oliver. 2002. Virtual Art: From Illusion to Immersion. The MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/7104.001.0001.

[29] Gruen, Armin. 2013. 'Reality-Based Virtual Models in Cultural Heritage'. In 'Archaeologizing' Heritage?, edited by Michael Falser and Monica Juneja, 109–26. Transcultural Research – Heidelberg Studies on Asia and Europe in a Global Context. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35870-8_6.

[30] Hu, Qingwu, Dengbo Yu, Shaohua Wang, Caiwu Fu, Mingyao Ai, and Wende Wang. 2017. 'Hybrid Three-Dimensional Representation Based on Panoramic Images and Three-Dimensional Models for a Virtual Museum: Data Collection, Model, and Visualization'. Information Visualization 16 (2): 126–38. https://doi.org/10.1177/1473871616655467.

[31] Huhtamo, Erkki. 2023. Illusions in Motion: Media Archaeology of the Moving Panorama and Related Spectacles. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

[32] Impett, Leonardo, and Fabian Offert. 2023. 'There Is a Digital Art History'. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.07464.

[33] International Image Interoperability Framework. 2024. 'Home'. 2 December 2024. https://iiif.io/.

[34] International Image Interoperability Framework. n.d.-a. 'IIIF Museums Community Group'. Accessed 12 December 2024. https://iiif.io/community/groups/museums/.

[35] International Image Interoperability Framework. n.d.-b. 'Presentation API 3.0'. Accessed 12 December 2024. https://iiif.io/api/presentation/3.0/.

[36] International Image Interoperability Framework. n.d.-c. 'Presentation API 3.0 Change Log'. Accessed 12 December 2024. https://iiif.io/api/presentation/3.0/change-log/.

[37] İşlek, Didem, and Gülsüm Asiksoy. 2024. 'Evaluation of the Effectiveness of Museum Education in Virtual Environment with 360° Videos'. Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala 16 (1): 113–37. https://doi.org/10.18662/rrem/16.1/814.

[38] Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale. n.d. 'DataSpace'. Accessed 12 December 2024. https://dataspace.ispc.cnr.it/.

[39] Kabassi, Katerina, Alessia Amelio, Vasileios Komianos, and Konstantinos Oikonomou. 2019. 'Evaluating Museum Virtual Tours: The Case Study of Italy'. Information 10 (11): 351. https://doi.org/10.3390/info10110351.

[40] Kaplan, Deborah. 2021. '"What Does It Matter Where My Body Happens to Be?" A Personal View of Online Art Museum Tours'. Journal of Museum Education 46 (4): 531–46. https://doi.org/10.1080/10598650.2021.1987768.

[41] Kenderdine, Sarah. 2021. 'Experimental Museology: Immersive Visualisation and Cultural (Big) Data'. In Experimental Museology: Institutions, Representations, Users, edited by Marianne Achiam, Michael Haldrup, and Kirsten Drotner. Abingdon, Oxon: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780367808433.

[42] Komianos, Vasileios, Eleni Kavvadia, and Konstantinos Oikonomou. 2015. 'Cultural Heritage Recommendations and User Navigation in Large Scale Virtual Environments'. International Journal of Computational Intelligence Studies 4 (2): 151. https://doi.org/10.1504/IJCISTUDIES.2015.071184.

[43] Kompakkt. n.d. 'Kompakkt – 'cause the World Is Multidimensional.' Accessed 8 May 2025. https://kompakkt.de/home?locale=en

[44] Latos, Anastasios, Vasileios Komianos, and Konstantinos Oikonomou. 2018. 'Interaction and Information Communication in Virtual Museums'. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 364 (June):012038. https://doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012038.

[45] Lengua, Diana, and Margo Lengua. 2022. 'Moving toward Digital Lands: On Processes of Interaction in Museum's Virtual Spaces'. In Meta.Space, edited by Alfred Weidinger, Fabian Müller-Nittel, Markus Reindl, Uli Nickel, OÖ Landes-Kultur GmbH, and Museum Francisco-Carolinum. Berlin: OÖ Landes-Kultur.

[46] Lerario, Antonella. 2020. 'The IoT as a Key in the Sensitive Balance between Development Needs and Sustainable Conservation of Cultural Resources in Italian Heritage Cities'. Sustainability 12 (17): 6952. https://doi.org/10.3390/su12176952.

[47] Lupi, Giorgia, Stefanie Posavec, and Maria Popova. 2016. Dear Data. New York: Princeton Architectural Press.

[48] Manoni, Paola. 2020. 'L'adozione Del IIIF Nell'ecosistema Digitale Della Biblioteca Apostolica Vaticana'. DigItalia 15 (2): 96–105. https://doi.org/10.36181/digitalia-00017.

[49] Manoni, Paola. 2022. 'Discoverability in the IIIF Digital Ecosystem'. JLIS, no. 1. https://doi.org/10.4403/jlis.it-12770.

[50] Masci, Maria Emilia, trans. 2009. 'VRA Core 4.0 Descrizione Degli Elementi – Traduzione Italiana'. Scuola Normale Superiore di Pisa. https://www.loc.gov/standards/vracore/VRA_Core4_Element_Description_ITA.pdf.

[51] Masiero Sgrinzatto, Chiara, and Emanuela Zilio. 2024. 'Panoramas, Keys to Unlock Complexity in Digital Humanities and Data Humanism Methodological Analysis, Performance Assessment and Cataloguing of 31 Real Cases'. Magazén, no. 1 (July), JournalArticle_18168. https://doi.org/10.30687/mag/2724-3923/2024/01/005.

[52] Matienzo, Maria, Camille Villa, Jack Keck, Mario Longley, and Nick Budak. n.d. 'ProjectMirador'. GitHub. Accessed 12 December 2024. https://github.com/ProjectMirador.

[53] Media Library Online. n.d. 'Storie MLOL'. MLOL. Accessed 27 January 2025. https://educatt.medialibrary.it/pagine/pagina.aspx?id=680.

[54] Media Library Online. n.d. 'Archivio Storico Della Gazzetta Di Parma'. Accessed 8 July 2024. https://archiviogazzettadiparma.medialibrary.it/home/index.aspx.

[55] Ministero della Cultura. 2021. 'Online da oggi Alphabetica, il nuovo portale per esplorare il patrimonio culturale delle biblioteche italiane'. Ministero della Cultura. 16 December 2021. https://cultura.gov.it/comunicato/21880.

[56] Moskovin, Illya, Nikhil Trivedi, Zach Garwood, Chris de Almeida, Abdurrafey Khan, and Dylan Irlbeck. (2018) 2025. 'Art Institute of Chicago Browser Extension'. JavaScript. Art Institute of Chicago. https://github.com/art-institute-of-chicago/browser-extension.

[57] Oettermann, Stephan. 1997. The Panorama: History of a Mass Medium. New York: Zone Books.

[58] Paletta, Francisco Carlos, Marina M. Macambyra, Sarah Lorenzon Ferreira, and Vânia Mara Alves Lima. 2019. 'Digital Library of the Artistic Production of ECA USP IFLA 2019'. Open Science Framework. https://doi.org/10.31219/osf.io/cp5a2.

[59] Parry, Ross, ed. 2010. Museums in a Digital Age. Leicester Readers in Museum Studies. London; New York: Routledge.

[60] Pierazzo, Elena. 2019. 'Quale Infrastruttura per Le Edizioni Digitali: Dalla Tecnologia All'etica'. Textual Cultures 12 (2): 5–17. https://doi.org/10.14434/textual.v12i2.27685.

[61] Rodighiero, Dario, Alberto Romele, José Higuera Rubio, Celeste Pedro, Matteo Azzi, and Giorgio Uboldi. 2023. 'Advanced Interface Design for IIIF. A Digital

Tool to Explore Image Collections at Different Scales'. Umanistica Digitale, December, 167-192 Pages. https://doi.org/10.6092/ISSN.2532-8816/17230.

[62] Rodighiero, Dario, Lins Derry, Douglas Duhaime, Jordan Kruguer, Maximilian C. Mueller, Christopher Pietsch, Jeffrey T. Schnapp, Jeff Steward, and metaLAB. 2022. "Surprise Machines: Revealing Harvard Art Museums' Image Collection." Information Design Journal 27 (1): 21–34. https://doi.org/10.1075/idj.22013.rod.

[63] Rossenova, Lozana, Zoe Schubert, Richard Vock, Lucia Sohmen, Lukas Günther, Paul Duchesne, and Ina Blümel. 2022. 'Collaborative Annotation and Semantic Enrichment of 3D Media: A FOSS Toolchain'. In Proceedings of the 22nd ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries, 1–5. Cologne Germany: ACM. https://doi.org/10.1145/3529372.3533289.

[64] Salarelli, Alberto. 2017. 'International Image Interoperability Framework (IIIF): A Panoramic View'. JLIS, no. 8. https://doi.org/10.4403/jlis.it-12090.

[65] Snydman, Stuart, Robert Sanderson, and Tom Cramer. 2015. 'The International Image Interoperability Framework (IIIF): A Community & Technology Approach for Web-Based Images'. Archiving Conference 12 (1): 16–21. https://doi.org/10.2352/issn.2168-3204.2015.12.1.art00005.

[66] Sternberger, Dolf, and Joachim Neugroschel. 1977. 'Panorama of the 19th Century'. October 4:3-20. https://doi.org/10.2307/778476.

[67] Tomasi, Francesca. 2022. Organizzare la conoscenza: digital humanities e web semantico: un percorso tra archivi, biblioteche e musei. Biblioteconomia e scienza dell'informazione 39. Milano: Editrice Bibliografica.

[68] University of Illinois. n.d. 'Cantaloupe Image Server: Home'. Accessed 12 December 2024. https://cantaloupe-project.github.io/.

[69] Visual Recources Association. 2007. 'VRA Core 4.0'. https://www.loc.gov/standards/vracore/schemas.html.

[70] Walczak, K., W. Cellary, and M. White. 2006. 'Virtual Museum Exhibitions'. Computer 39 (3): 93–95. https://doi.org/10.1109/MC.2006.108.

[71] Wilkinson, Mark D., Michel Dumontier, IJsbrand Jan Aalbersberg, Gabrielle Appleton, Myles Axton, Arie Baak, Niklas Blomberg, et al. 2016. 'The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship'. Scientific Data 3 (1): 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18.

[72] Winchester, Julie, Tom Crane, Dawn Childress, Vincent Marchetti, Edward Silverton, Rob Sanderson, and Lukas Günther. n.d. 'IIIF 3d/Demo'. International Image Interoperability Framework. Accessed 8 May 2025. https://github.com/IIIF/3d/blob/eds/demo/EXPERIMENTS.md.

[73] Yadegar, Asisi. 2019. 'The Magic of the Panorama: The Story of One Who Set Forth to Teach Drawing'. In More than Meets the Eye: The Magic of the Panorama, edited by Gabriele Koller and International Panorama Council. Amberg, Germany: Büro Wilhelm Verlag.

[74] Younan, Sarah, and Cathy Treadaway. 2015. 'Digital 3D Models of Heritage Artefacts: Towards a Digital Dream Space'. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage 2 (4): 240–47. https://doi.org/10.1016/j.daach.2015.11.001.