

STUDIOLI RINASCIMENTALI E TECNOLOGIA 3D: LO STATO DELL'ARTE IN QUATTRO CASI STUDIO

OLGA CONCETTA PATRONI

La riproduzione 3D dello studiolo di Federico da Montefeltro nel Palazzo ducale di Urbino

Uno dei primi casi di ricostruzione virtuale orientata al ripristino delle forme originali di uno studiolo d'età rinascimentale ha riguardato il camerino di Federico da Montefeltro, edificato nel palazzo ducale di Urbino nel 1476¹.

Nel 2008 è stato avviato un progetto interdisciplinare, che ha intrecciato interessi storici, artistici e tecnologici ed è sfociato in una mostra celebrativa, intitolata *Radici e sviluppo della tradizione scientifica urbinata: Federico da Montefeltro e il Gabinetto di Fisica dell'Università*. Obiettivo della mostra era quello di illustrare le vicende della collezione d'arte del Duca, di cui una larga parte è conservata presso l'Ateneo urbinata².

È stato proprio il Gabinetto di Fisica dell'Università di Urbino "Carlo Bo" a sviluppare questo progetto, da considerare

¹ RUSSO 2023.

² MANTOVANI, SERAFINI 2008.

pionieristico per le sue caratteristiche interattive e multimediali. Si tratta di una ricostruzione tridimensionale che consente di esplorare lo Studiolo in modo immersivo muovendosi liberamente nello spazio, effettuando zoom e osservando i dettagli delle decorazioni e dei ritratti pittorici, ricollocati nel loro assetto originario (fig. 1).

Il processo di ricostruzione ha comportato una fase preliminare di mappatura fotografica completa, insieme alla realizzazione di rilievi planimetrici dello studiolo. I dati acquisiti sono stati utilizzati per creare un modello geometrico tridimensionale dello spazio e delle raffigurazioni presenti nelle tarsie lignee e nella galleria di ritratti.

Dopo l'acquisizione delle informazioni geometriche e strutturali, tutte le ricostruzioni sono state texturizzate, ovvero sono state arricchite delle informazioni cromatiche, grazie a immagini fotografiche digitali ad alta risoluzione. La calibrazione cromatica e il montaggio delle foto sono stati eseguiti con software specializzati e appositamente sviluppati, ottenendo così un ambiente digitale realistico; un'applicazione interattiva che ne consente l'esplorazione tridimensionale, inclusa la manipolazione degli oggetti virtuali collocati al suo interno e la navigazione nello spazio tramite mouse e tastiera.

L'applicazione permette di visualizzare le riproduzioni dei ritratti di uomini illustri, sia in una variante color seppia che nelle originali versioni a colori (fig. 2). Con un secondo comando, è possibile attivare e disattivare la vista delle iscrizioni latine, originariamente poste sotto ogni quadro ma andate perdute nelle operazioni di ritaglio dei dipinti. La modalità di fruizione dello spazio virtuale è fortemente interattiva. Tutti gli oggetti, infatti, ne possono essere estratti, ruotati e spostati liberamente per poter essere osservati più da vicino. La funzione più spettacolare consente di animare l'ambiente facendovi fluttuare gli oggetti, come inseriti in una dimensione a gravità zero (fig. 3), offrendo un'esperienza immersiva e interattiva che combina l'esplorazione visiva dinamica e l'esperienza sonora.

Allo scopo di illuminare gli oggetti presenti nella stanza virtuale è stato fatto il tentativo di simulare la luce naturale che entrava

nello studiolo dalla singola finestra. Tuttavia, l'attenzione dedicata alla simulazione delle componenti luministiche risulta piuttosto limitata e non tiene conto della possibilità che lo spazio fosse illuminato da fonti artificiali come torce o candele, né delle variazioni che l'illuminazione poteva subire a causa dei cambiamenti della luce naturale e della presenza della porta. In questo spazio virtuale l'illuminazione è stata concepita come fissa, proveniente solo dalla finestra dello studiolo e non soggetta ad alcun cambiamento. Questa impostazione statica non riesce a replicare in maniera convincente le complesse interazioni tra luce e materia che si verificano nell'ambiente reale, cioè in uno spazio caratterizzato da superfici altamente lavorate come le tarsie lignee e le decorazioni pittoriche.

La resa degli effetti luminosi, probabilmente condizionata dalla limitata disponibilità tecnologica dell'epoca in cui il progetto fu realizzato, quasi venti anni fa, non varia dinamicamente in relazione al punto di vista dell'osservatore o all'ipotetico movimento del sole durante la giornata ma resta immutabile, appiattendolo la percezione dei rilievi delle tarsie e privandoli della profondità e della vivacità che la luce naturale conferirebbe loro. Questo limite impedisce di apprezzare pienamente il valore artistico delle superfici intarsiate, dove i giochi di luce e ombra avrebbero potuto mettere in risalto la raffinatezza delle linee e la minuzia dei dettagli. Un'ulteriore conseguenza di questa scelta progettuale è che le decorazioni pittoriche, ricche di sfumature e sottigliezze tonali, risultano meno incisive e vivide. L'illuminazione statica riduce infatti la percezione della loro tridimensionalità e dei volumi, compromettendo l'effetto complessivo di profondità e realismo.

Il secondo studiolo di Federico da Montefeltro a Gubbio. La ricostruzione audio-visiva del Frame Lab di Bologna

Anche il secondo studiolo di Federico da Montefeltro, situato nel Palazzo Ducale di Gubbio, è stato oggetto di una riproduzione virtuale, che ne ha permesso una più ampia valorizzazione e

comprensione storica (fig. 4). Il Palazzo ducale di Gubbio fu edificato tra il 1474 e il 1482 come residenza secondaria della famiglia Montefeltro. Ciononostante, il duca Federico, fra i più grandi mecenati di arti e scienze del Quattrocento italiano, volle che anche qui venisse predisposto uno studiolo in cui ritirarsi per meditare e coltivare la lettura. La stanza, collocata al piano nobile del palazzo, era un piccolo ambiente di forma trapezoidale con proporzioni simili a quelle dello studiolo della residenza di Urbino: i lati maggiori misuravano rispettivamente 3,9 e 4,1 metri e quelli minori 2,8 e 2 metri; il soffitto, con copertura cassettonata, era collocato a un'altezza di circa 4 metri.

L'ambiente si distingueva per i pregevoli pannelli lignei intarsiati che lo rivestivano, caratterizzati da stupefacenti giochi di illusione visiva tridimensionale, decorati con immagini simboleggianti i diversi interessi del duca Federico. Al di sopra di queste assi di legno era impostato un apparato decorativo dipinto, anch'esso simile a quello dello studiolo di Urbino, composto dai ritratti di ventotto illustri uomini. L'originario apparato ornamentale dello studiolo di Gubbio è stato definitivamente smantellato nel 1939; pochi anni dopo i pannelli di legno furono acquistati dal Metropolitan Museum di New York, dove sono stati esposti dopo un lungo processo di restauro³. Dal 1995 le raffinate tarsie lignee, che costituiscono una delle opere più pregevoli dell'artigianato italiano rinascimentale, fanno parte dell'esposizione permanente del museo newyorkese e sono allestite in uno spazio che riproduce perfettamente le dimensioni e le forme dell'antico studiolo⁴ (fig. 5).

Dal 2009 una ricostruzione fisica dello studiolo è stata realizzata anche nel Palazzo Ducale di Gubbio (fig. 6), grazie al finanziamento erogato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Perugia e all'intervento della famiglia dei Minnelli, stimati ebanisti e restauratori dal 1939, cui si deve la realizzazione delle copie di

³ IOTTI 1996.

⁴ RAGGIO, WILMERING 1999; MERCURIELLI SALARI, SANTANICCHIA 2023.

tutti i pannelli che facevano parte del rivestimento della stanza del Duca Federico⁵.

Intanto prendeva l'avvio un progetto di ricostruzione digitale dello studiolo, a cura del FrameLAB – laboratorio di ricerca del Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Bologna – in collaborazione con il Polo Museale dell'Umbria, il Politecnico di Torino e l'Università degli Studi di Perugia. Tale progetto, iniziato nel 2019, ha prodotto una replica 3D metricamente accurata e completamente navigabile dello studiolo, pensata come supporto tecnologico alla fruizione in loco della copia fisica allestita nel 2009⁶. Nella sala, infatti, è collocata una postazione touch-screen da 32" fornita da Touchwindow, azienda italiana attiva nella produzione di applicativi software e dispositivi digitali per musei e luoghi espositivi. Lo schermo consente ai visitatori di esplorare in dettaglio e a 360° la video-narrazione ad alta risoluzione dello studiolo, frutto di un processo di digitalizzazione articolato in più fasi.

La prima fase, avviata nel 2018, ha previsto l'acquisizione fotografica delle tarsie originali, effettuata direttamente presso il Metropolitan Museum di New York. Grazie a queste immagini ad alta risoluzione è stato possibile ricostruire digitalmente gli arredi originali dello studiolo, partendo proprio dalle tavole lignee.

Per garantire la coerenza cromatica e il bilanciamento del bianco durante il post-processing, la campagna fotografica è stata condotta utilizzando un color-checker. Contemporaneamente alla campagna fotografica di New York, il dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino, co-finanziatore e partner del progetto, ha effettuato i rilievi 3D dello spazio di Gubbio tramite tecnologia laser scanner. I rilievi ottenuti sono stati fondamentali per la creazione dell'ambiente digitale, in cui sono state successivamente collocate le riproduzioni virtuali dei pannelli di legno.

Il modello 3D finale, risultato della combinazione delle

⁵ <https://www.minellirestauratori.it/>

⁶ <https://www.touchwindow.it/it>

riproduzioni delle tarsie e dei rilievi dello studiolo di Gubbio, ha permesso di creare un ambiente virtuale tridimensionale, completamente navigabile e interattivo. Questa ricostruzione digitale, arricchita da elementi visivi e sonori, permette di esplorare lo studiolo seguendo logiche proprie della *gamification*, cioè consentendo all'utente di muoversi nello spazio virtuale in prima persona e di osservare ogni dettaglio da diverse angolazioni.

L'accesso allo spazio virtuale, fruibile anche tramite browser Internet, immerge immediatamente lo spettatore nella simulazione dello studiolo. La navigazione avviene utilizzando le frecce, il mouse o i tasti dedicati presenti nell'interfaccia visiva.

Sulle pareti sono distribuiti diversi *hotspot* interattivi rappresentati da icone circolari. Questi punti di interesse danno accesso a contenuti audiovisivi extra, della durata complessiva di circa un'ora, pensati per spiegare e approfondire la complessa iconografia delle tarsie e offrire informazioni storiche, artistiche, prospettiche, araldiche, iconografiche e musicali.

In particolare, le icone con il simbolo del libro permettono di esplorare contenuti di carattere storico-letterario e filologico, mentre quelle raffiguranti il liuto sono collegate a contenuti sonori, elaborati dal Laboratorio Musicale del Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Bologna. Il progetto, quindi, si presenta come un'opera stratificata che combina in modo innovativo componenti visive, digitali e sonore⁷.

Tuttavia, nonostante la ricchezza informativa, la resa illuminotecnica risulta statica e poco in linea con le condizioni originarie dello studiolo, che verosimilmente era concepito per essere vissuto in un'atmosfera intima e raccolta, favorita da un'avvolgente semi-oscurità che doveva riuscire adatta alla meditazione e al raccoglimento. Le tarsie sono state assemblate digitalmente replicando gli effetti luminosi strettamente connessi al chiaroscuro illusionistico dei rilievi. Tuttavia, la scelta di optare per un'illuminazione naturale e diffusa, generalmente proveniente dall'alto, appare discutibile, considerando l'assenza

⁷ <https://framelab.unibo.it/>

di una finestra nel registro superiore dello spazio tridimensionale. Questa soluzione compromette in parte la coerenza cromatica e l'autenticità dell'esperienza, che potrebbe essere migliorata introducendo modalità di illuminazione dinamica, in grado di ricreare le condizioni originarie o di proporre diverse configurazioni luministiche. Un simile approccio renderebbe l'ambiente virtuale più immersivo e fedele alla sua funzione storica, restituendo allo spettatore un'esperienza più autentica ed evocativa.

Lo studiolo di Ferrara. La tecnologia del Frame Lab riporta alla luce la perduta "Delizia di Belfiore"

Lo studiolo di Belfiore era uno degli ambienti più significativi della scomparsa Delizia di Belfiore, tra le dimore estensi, urbane e suburbane, che furono costruite dai principi di Ferrara⁸. Edificata intorno alla fine del XIV secolo, questa Delizia fu quasi completamente distrutta a causa di un incendio; tuttavia, già nel corso del Quattrocento essa si distinse come una delle residenze più ammirate dai visitatori dell'epoca. La fama della dimora era dovuta proprio alla presenza di uno dei primi studioli principeschi italiani, voluto da Lionello d'Este e completato sotto Borso d'Este negli anni Sessanta del Quattrocento.

Lo studiolo si trovava nell'ala residenziale dell'edificio, al di sopra della stanza da letto principale, e si presentava come una sala di circa 54m², molto più ampia degli altri esempi di studioli che si conservano ancora oggi. La stanza era illuminata da due grandi finestre (1,60m x 0.90m), decorate da più di trecento piccole lastre di vetro rotonde dipinte di azzurro oltremare dal pittore Nicolò Panizzato. Le finestre vennero chiuse qualche anno dopo, al tempo di Borso d'Este⁹.

Seguendo l'impostazione poi replicata nei più tardi studioli di Mantova, Gubbio e Urbino, il camerino di Belfiore era

⁸ CECCARELLI, FOLIN 2009.

⁹ SAMBIN DE NORCEN 2017.

interamente rivestito di legno: il soffitto presentava una partitura di lacunari caratteristica del territorio ferrarese, mentre le pareti erano ricoperte da elaborate tarsie lignee, che costituivano il primo ordine decorativo. Al di sopra di queste erano collocati i famosi dipinti delle Muse, incorniciati da elementi lignei che simulavano cornici di tipo architettonico.

Lo studiolo di Belfiore è stato al centro di un progetto di valorizzazione digitale avviato nel 2019 dalla collaborazione fra il FrameLAB – laboratorio di ricerca del Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Bologna – la Pinacoteca Nazionale di Ferrara e le Gallerie Estensi. Il progetto, accuratamente documentato in un sito web dedicato¹⁰, offre approfondimenti sulla storia dello studiolo. Diversamente da iniziative simili, per lo studiolo di Belfiore si è scelto di concentrare il progetto sullo storytelling, privilegiando l'illustrazione del programma iconografico e della storia dello studiolo rispetto a una ricostruzione tridimensionale navigabile.

Questa decisione è stata motivata dall'assenza di fonti dettagliate riguardanti la forma delle tarsie lignee e la composizione e collocazione degli arredi originali, circostanza che avrebbe potuto compromettere l'accuratezza filologica del risultato.

La pagina del sito dedicata alla ricostruzione digitale presenta la riproduzione bidimensionale di una delle pareti dello studiolo (fig. 7). La parte inferiore mostra le tarsie lignee sormontate da una cornice sulla quale poggiano le semicolonne che separano i riquadri dedicati alle Muse Erato, Tersicore, Urania, Talia, Polimnia e Calliope. Ogni quadro funziona come un *hotspot* digitale, che consente di accedere a video di approfondimento riguardanti l'iconografia delle Muse. La sezione superiore della pagina propone tre pulsanti di navigazione – «La Delizia», «Lo Studiolo» e «Il Cantiere» – che danno accesso a ulteriori contenuti video (fig. 8). Quello dedicato allo Studiolo ne mostra una riproduzione tridimensionale, accompagnata da un tappeto di musiche rinascimentali e da informazioni testuali che costituiscono un ulteriore livello di approfondimento.

¹⁰ <https://framelab.unibo.it/>

Il modello tridimensionale dello studiolo che compare nel video è stato realizzato mediante il software di modellazione Blender e si basa su dati tratti dall'«Autentico dei Lavoratori», un documento storico nel quale sono stati registrati i compensi e le attività degli artigiani coinvolti nella creazione dello Studiolo. In particolare, questo documento fornisce indicazioni sulla larghezza e sulla profondità della sala, sulla dimensione e decorazione delle finestre e sull'altezza delle tarsie lignee, consentendo di dedurre in proporzione anche l'altezza dell'intera stanza. La forma delle tarsie invece, non espressamente descritta nelle fonti, è stata ricostruita replicando quella di altri pannelli realizzati dallo stesso artigiano: Arduino da Baiso. I materiali applicati ai modelli 3D – rovere, quercia e noce – sono stati riprodotti in maniera fotorealistica, rendendovi pure alcune piccole imperfezioni causate dal tempo. Le sei tele delle Muse, collocate sulla parete di fronte a quella d'entrata, sono state digitalizzate in alta risoluzione e successivamente equalizzate tramite software come Photoshop per uniformarne luci e bilanciamento cromatico, rendendo omogenea la percezione visiva delle opere nel modello digitale.

Nonostante la presenza delle due grandi finestre decorate con vetri azzurro oltremare, non si è cercato di simulare l'effetto che la luce naturale avrebbe provocato nello spazio.

Questa decisione riflette una duplice consapevolezza metodologica e tecnica. Da un lato, l'assenza di documentazione dettagliata sull'effettiva configurazione luminosa dell'ambiente rende impossibile una ricostruzione filologicamente accurata. Il colore e la trasparenza dei vetri, così come la direzione e l'intensità della luce naturale che li attraversava, non sono oggi riproducibili con certezza. Inoltre, il tamponamento delle finestre già durante l'epoca di Borso d'Este ha alterato in modo irreversibile il rapporto originario tra lo spazio e la luce. Dall'altro lato, il focus del progetto si è concentrato su una restituzione narrativa dello studiolo, riducendo il rischio di proporre una ricostruzione che potesse suggerire una pretesa di esattezza storica non supportata dalle fonti disponibili.

Dunque, le finestre virtuali del modello 3D non influiscono significativamente sull'illuminazione generale, che è stata impostata per creare un effetto uniforme, utile a rendere leggibili sia i dettagli delle tarsie lignee sia le raffigurazioni pittoriche. Nel modello tridimensionale la luce si limita a valorizzare gli elementi visivi e decorativi dell'ambiente senza replicare il gioco cromatico e luminoso che probabilmente caratterizzava l'atmosfera originaria dello spazio. Questo aspetto potrebbe essere simulato più accuratamente con ulteriori ricerche sulla composizione chimica del vetro, sulle proprietà ottiche del pigmento e sull'orientamento originario della stanza rispetto alla luce solare.

Isabella d'Este Archive (IDEA) – Lo studiolo della duchessa a Mantova

Dopo il matrimonio con Francesco II Gonzaga nel 1490, Isabella d'Este, donna dalle straordinarie virtù intellettuali, si stabilì negli appartamenti al piano nobile del castello ducale di San Giorgio. Qui, probabilmente ispirata dall'analoga stanza voluta dallo zio Lionello a Belfiore, fece costruire un piccolo ambiente, scarsamente illuminato e senza camino. La stanza ospitava un'inestimabile collezione di libri, opere d'arte, reperti archeologici e curiosità naturalistiche. Essendo dedicata alla musica e alle arti, Isabella elaborò per il suo studiolo un programma decorativo basato su temi mitologici e allegorici, desunti dalla letteratura antica, allo scopo di celebrare la sua famiglia. Nello studiolo erano, quindi, custoditi diversi preziosi dipinti, secondo un progetto che aveva lo scopo di mettere "in competizione" vari artisti del tempo, facendoli lavorare su tele di identiche dimensioni, tutte di soggetto mitologico¹¹.

Dopo la morte di Francesco Gonzaga nel 1519, Isabella si trasferì nell'appartamento vedovile, collocato in una diversa ala del castello mantovano. A causa di questo trasferimento il camerino e la stanza adiacente, detta La Grotta, vennero smantellati e rimontati in nuovi ambienti, collocati nel secondo appartamento

¹¹ BROWN, CIERI VIA, IOTTI, VENTURI 1995.

della marchesa. Alla morte di Isabella, lo studiolo cadde in disuso e negli anni Venti del Seicento Carlo I Nevers, VIII duca di Mantova, vendette i quadri al Cardinale Richelieu mediante il quale raggiunsero le collezioni reali di Luigi XIV e infine, dopo la Rivoluzione Francese, il nascente museo del Louvre. Oggi, quindi, sebbene a livello strutturale lo studiolo e la Grotta siano ancora integri, il patrimonio in essi conservato è andato disperso, cancellando così l'aspetto originario di queste sale.

A restituire nuova vita questi due preziosi ambienti è stato il progetto *IDEA (Isabella d'Este Archive)*, un'iniziativa accademica ideata con l'obiettivo di studiare il Rinascimento italiano attraverso la figura della marchesa Isabella d'Este, una delle personalità più influenti di questa epoca¹². Si tratta di un progetto di ricerca fortemente innovativo, che adotta un approccio interdisciplinare e combina tecnologie di modellazione 3D con l'analisi testuale e la ricerca filologica per ricostruire virtualmente ogni aspetto della vita e delle collezioni di Isabella.

Il risultato è una complessa piattaforma digitale, ospitata online e resa completamente accessibile, che raccoglie informazioni e documenti sulla corrispondenza e il patrimonio della marchesa, ricostruiti digitalmente mediante la realtà virtuale e aumentata. Tutte le ricostruzioni sono accompagnate da un'analisi accurata basata su documenti storici, come inventari e corrispondenze, per rappresentare con precisione l'ambiente culturale e artistico dell'epoca. Il progetto, dunque, mira non solo alla conservazione e all'accessibilità dei materiali, ma anche a stimolare nuove ricerche e a offrire esperienze immersive che connettano il pubblico moderno con il passato storico.

Parte della piattaforma *Isabella d'Este Archive* è dedicata alla riproduzione virtuale dello studiolo e della grotta di Isabella. La loro ricostruzione, denominata *Virtual studiolo* (Fig.9), è il risultato di un processo che ha combinato diverse tecniche avanzate di modellazione e visualizzazione digitale, garantendo un alto livello di fedeltà storica e di realismo. Il primo passo è stato l'utilizzo di Agisoft Metashape per la fotogrammetria, una

¹² PANIZZA 2000.

tecnica che ha permesso di ottenere misurazioni precise dello spazio fisico attraverso l'elaborazione di più di mille fotografie scattate con una reflex montata su cavalletto, assicurando stabilità e accuratezza. Questo lavoro iniziale ha fornito una base meticolosa per la creazione delle geometrie principali dello Studiolo e della Grotta, consentendo di catturare dettagli architettonici e ornamentali in modo scientifico. Successivamente, i dati ottenuti sono stati integrati in Blender, il software utilizzato per la modellazione tridimensionale. Qui sono stati ricreati gli elementi strutturali e decorativi, tra cui le superfici, gli arredi e le decorazioni che caratterizzavano gli spazi originali. La modellazione è stata affiancata all'uso di texture fotorealistiche derivate dalle immagini raccolte durante la fase di fotogrammetria, che hanno ulteriormente migliorato il livello di dettaglio del modello.

L'applicazione web risultante è accessibile via browser e consente di esplorare lo Studiolo e la Grotta attraverso tre diverse modalità di navigazione¹³. La prima è una vista in prima persona, che simula la prospettiva di un visitatore fisicamente presente nello spazio. In questa modalità, l'utente può spostarsi cliccando sul pavimento e orientarsi trascinando il mouse, mentre una mappa integrata mostra la planimetria dell'ambiente e la posizione corrente. La seconda modalità è una vista in terza persona (Fig.10), in cui la telecamera orbita intorno a un avatar rappresentante Isabella d'Este, offrendo una comprensione chiara delle proporzioni spaziali. La terza modalità, denominata "close-up", permette di avvicinarsi agli oggetti per osservarne i dettagli e accedere a un catalogo di informazioni approfondite sulle opere presenti, come dimensioni, inventari e riferimenti bibliografici. Per la realizzazione dell'applicazione interattiva, Python è stato impiegato nella programmazione e nell'implementazione delle funzionalità software, consentendo di integrare la struttura del modello con strumenti di navigazione e interazione avanzati. La piattaforma Verge3D ha poi permesso di sviluppare i meccanismi interattivi all'interno dell'ambiente

¹³ <https://www.isabelladestearchive.org/>

3D, garantendo un'esperienza fluida e intuitiva direttamente nel browser. Questa sinergia tra tecnologie ha reso possibile la creazione di un modello tridimensionale che non solo riproduce fedelmente l'estetica dello Studiolo e della Grotta, ma offre anche una navigabilità ottimizzata per l'interazione tramite mouse. La piattaforma, infatti, integra ulteriori funzionalità avanzate, tra cui strumenti interattivi che permettono di effettuare misurazioni su oggetti specifici grazie a modelli tridimensionali ad alta risoluzione e una simulazione luminosa che replica l'interazione della luce naturale nello spazio in diversi momenti della giornata, come mezzogiorno o il tardo pomeriggio, e nelle stagioni dell'anno.

Nonostante l'accuratezza e il livello di dettaglio raggiunti da questa ricostruzione, emerge la mancanza della simulazione della luce notturna, che probabilmente rappresentava la condizione luminosa più frequentemente sperimentata nello Studiolo. Ambienti come questi erano spesso vissuti durante le ore serali o notturne e pertanto illuminati da torce e candele, il cui caratteristico gioco di luci e ombre avrebbe potuto aggiungere un ulteriore livello di realismo e profondità storica al modello. Inoltre, non è presente una modalità di illuminazione virtuale che segua il visitatore nel percorso, guidandolo e interagendo dinamicamente con lo spazio. L'integrazione di tali elementi arricchirebbe ulteriormente l'esperienza immersiva, offrendo una comprensione più completa dell'atmosfera originale del luogo.

Conclusioni

Tutti i progetti descritti sono stati realizzati secondo un approccio multidisciplinare che ha integrato metodi di documentazione scientifica e strumenti tecnologici avanzati, dimostrando come la commistione di tecniche di modellazione e visualizzazione digitale possa restituire nuova vita a spazi ormai perduti. Tuttavia, per una maggiore aderenza alla verità storica, l'aspetto della luce dovrebbe essere considerato con un'attenzione pari o addirittura superiore a quella dedicata alla

perfezione tecnica. La ricostruzione delle condizioni luminose, in particolare quelle notturne dominate da candele e torce, avrebbe il potenziale di restituire l'autenticità dell'atmosfera vissuta all'epoca, consentendo ai visitatori di percepire il ruolo fondamentale della luce dinamica nella fruizione degli spazi e nella valorizzazione delle opere d'arte esposte.

Bibliografia

- BROWN, CIERI VIA, IOTTI, VENTURA 1995 = CLIFFORD MALCOLM BROWN, CLAUDIA CIERI VIA, ROBERTA IOTTI, LEANDRO VENTURA, *Commentario al codice Stivini: inventario della collezione di Isabella d'Este nello Studiolo nella Grotta di Corte Vecchia in Palazzo Ducale a Mantova*, Modena, 1995.
- CECCARELLI, FOLIN 2009 = FRANCESCO CECCARELLI (a cura di), MARCO FOLIN (a cura di), *Delizie estensi: architetture di villa nel Rinascimento italiano ed europeo* Atti del convegno (Ferrara, Istituzione Castello estense, 29-31 maggio 2006).
- IOTTI 1996 = ROBERTA IOTTI, *Aspicis eternos venerande matris alumnos: il restauro e il riallestimento permanente dello studio feltresco di Gubbio al Metropolitan Museum di New York*, in «Civiltà mantovana», 31, n. 103, 1996, p. 113-121.
- MANTOVANI, SERAFINI 2008 = ROBERTO MANTOVANI, FRANCESCO SERAFINI, *Lo studiolo virtuale di Urbino*, in «Matematica e Cultura», a cura di M. EMMER, 18, 2008, pp. 127-140.
- MERCURELLI SALARI, SANTANICCHIA 2023 = PAOLA MERCURELLI SALARI (a cura di), MIRKO SANTANICCHIA (a cura di), *Lo studiolo di Federico da Montefeltro e il suo doppio. Dispersione e riproposizione di un capolavoro rinascimentale a Gubbio*, Perugia, 2023.
- PANIZZA 2000 = LETIZIA PANIZZA, *Women in Italian Renaissance Culture and Society*, Routledge, 2000.
- RAGGIO, WILMERING 1999 = OLGA RAGGIO, ANTOINE WILMERING, *The Gubbio Studiolo and Its Conservation*, New York, The Metropolitan Museum of Art, 1999 (ed. it.: *Lo studiolo di Federico da Montefeltro*, a cura di GIORDANA BENAZZI, Milano, Federico Motta Editore, 2007).
- RUSSO 2023 = GIOVANNI RUSSO, *Il Palazzo ducale di Urbino. Lo studiolo*, Milano, 2023.

SAMBIN DE NORCEN 2017 = MARIA TERESA SAMBIN DE NORCEN, *Belfiore da villa extra moenia a lacuna urbana*, in «Le lacune urbane. Giornate di studio tra Ferrara e Pescara», atti del convegno (Ferrara, Università, 25 novembre 2014), Roma 2017, pp. 139-152.

Didascalie

Fig. 1. Studiolo del Palazzo Ducale di Urbino: ricostruzione virtuale dell'angolo est-sud. Immagine disponibile sul sito <https://physlab.uniurb.it/>.

Fig. 2. Una porzione della galleria di ritratti di uomini illustri: ricostruzione virtuale dello Studiolo del Palazzo Ducale di Urbino. Immagine disponibile sul sito <https://physlab.uniurb.it/>.

Fig. 3. Gli oggetti del Duca Federico fluttuano nello spazio tridimensionale: ricostruzione virtuale dello Studiolo del Palazzo Ducale di Urbino. Immagine disponibile sul sito <https://physlab.uniurb.it/>.

Fig. 4. L'interno della ricostruzione virtuale dello studiolo di Federico da Montefeltro a Gubbio. Immagine disponibile sul sito <https://gubbiostudiolo.unibo.it/>.

Fig. 5. La replica dello studiolo di Gubbio allestita presso il Metropolitan Museum di New York. Immagine disponibile sul sito <https://www.metmuseum.org/>.

Fig. 6. La replica dello studiolo allestita a Gubbio. Immagine disponibile sul sito <https://www.artribune.com/>.

Fig. 7. La ricostruzione dello studiolo di Belfiore. Immagine disponibile sul sito <https://framelab.unibo.it/>.

Fig. 8. Veduta dell'interno della ricostruzione virtuale dello studiolo di Belfiore. Video disponibile sul sito <https://framelab.unibo.it/>.

Fig. 9. Visuale in prima persona della ricostruzione virtuale dello studiolo di Isabella d'Este. Il modello 3D completamente navigabile è disponibile sul sito <https://www.isabelladestearchive.org/virtual-studiolo>.

Fig. 10. Visuale in terza persona della ricostruzione virtuale dello studiolo di Isabella d'Este. Il modello 3D completamente navigabile è disponibile sul sito <https://www.isabelladestearchive.org/virtual-studiolo>.



1



2



3





5



6

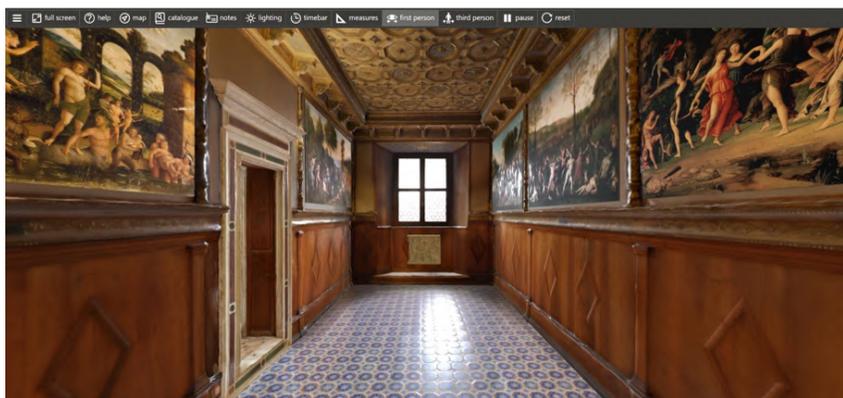
OLGA CONCETTA PATRONI



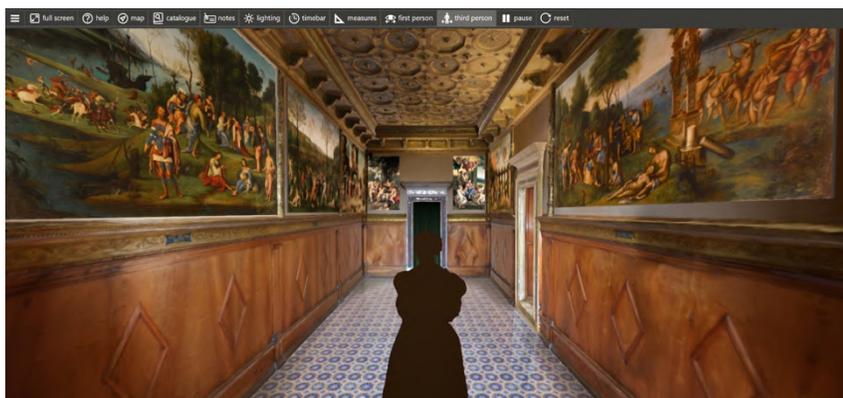
7



8



9



10