

Gemelli digitali e gestione dei dati del patrimonio culturale

Achille Felicetti¹, Franco Niccolucci²

¹PIN, Università degli Studi di Firenze, Prato, ²ARIADNE Research Infrastructure, Brussels

Abstract. Lo studio del patrimonio culturale genera enormi quantità di dati che occorre organizzare e gestire in modo efficiente per renderli utili alla ricerca. I gemelli digitali offrono un paradigma razionale per la sistematizzazione e la fruizione di questo complesso di informazioni. Il presente articolo rielabora questa tecnologia in chiave culturale e definisce un nuovo paradigma, il "gemello digitale culturale", basato su ontologie e standard internazionali in grado di descrivere organicamente reti complesse di conoscenza. Il modello risultante si propone come strumento innovativo ed efficiente per la creazione di copie digitali a tutto tondo di entità materiali e immateriali, che ne descriva la storia, il significato sociale e la valenza culturale

Keywords. Gemelli digitali, Ontologie, Standard, Beni culturali

Introduzione

Lo studio del patrimonio culturale si avvale ormai da tempo in modo sistematico di tecnologie informatiche e strumenti sofisticati per la digitalizzazione della propria documentazione. Contestualmente, assistiamo a una costante proliferazione delle informazioni digitali culturali, alla quale si accompagna però una crescente difficoltà nella loro gestione. La mole di dati generati per mezzo delle nuove tecnologie, le differenti tipologie e i diversi formati adottati, dettano infatti le condizioni per una gestione più efficiente di questa complessità, che molto spesso si traducono nella necessità di implementare paradigmi più efficienti e sviluppare infrastrutture adeguate.

In diretta prosecuzione delle tematiche discusse e delle soluzioni proposte in due precedenti lavori (Niccolucci et al. 2022; Niccolucci et al. 2023), questo articolo offre un approccio innovativo a tali problematiche, attraverso una tecnologia, quella dei gemelli digitali, ormai utilizzatissima in molti settori, ma che solo adesso muove i primi passi nel fertile terreno della gestione dei dati culturali (De Luca et al. 2022). Nelle prossime sezioni proveremo a illustrare i motivi per cui la natura peculiare di questi dati richieda soluzioni articolate, e a proporre una possibile riconfigurazione del gemello digitale come strumento privilegiato per l'organizzazione di questo tipo di documentazione.

1. Gemelli digitali e loro rilevanza

L'idea di un gemello digitale (Digital Twin) in grado di offrire rappresentazioni virtuali estremamente dettagliate e interattive di oggetti fisici, di processi e di sistemi complessi del

mondo reale non è nuova. Essa, infatti, nasce in ambito industriale, sembra per esigenze legate all'efficientamento della produzione attraverso la simulazione di scenari produttivi, l'ottimizzazione delle prestazioni, l'innovazione dei prodotti e la manutenzione predittiva. Con la sua evoluzione e grazie alle grandi potenzialità che questa tecnologia offre, il suo impiego trova posto in ambiti sempre nuovi. L'ingegneria ambientale e l'urbanistica, ad esempio, utilizzano i gemelli digitali per modellare e analizzare l'evoluzione delle città e monitorare l'impatto di decisioni urbanistiche sull'ambiente. Il gemello digitale di Singapore, esempio eminente di questo impiego, integra dati provenienti da diverse fonti (sensori, satelliti, droni, ecc.) per creare una replica virtuale della città volta a regolarne e pianificarne la crescita urbana (Caprari et al. 2022).

Nel settore dell'architettura e delle costruzioni, i gemelli digitali stanno rivoluzionando il processo di progettazione e realizzazione fornendo modelli in grado di simulare in modo accurato l'interazione di edifici e infrastrutture con l'ambiente circostante prima di essere effettivamente costruiti, rilevare precocemente problemi di progettazione e di costruzione e ridurre gli interventi di manutenzione.

Anche la ricerca scientifica sta scoprendo l'importanza di utilizzare gemelli digitali per la messa a punto di sistemi sempre più efficienti per simulare fenomeni naturali complessi e realizzare "laboratori virtuali" in grado di fornire risultati attendibili in tempi ridotti, eliminando o riducendo in tal modo i rischi e i costi della sperimentazione reale. La NASA inoltre si avvale di queste tecnologie a supporto alle missioni spaziali, come nel caso dei gemelli digitali del rover "Perseverance" e dell'elicottero "Ingenuity", realizzati per la missione Mars 2020 allo scopo simulare le loro controparti fisiche in tempo reale, garantirne il controllo da remoto e monitorarne l'interazione con l'ambiente marziano.

Di grande impatto è inoltre la proposta della Commissione Europea di creare un gemello digitale della Terra, in grado di simulare il comportamento del clima, le condizioni ambientali e i processi maggiormente impattanti sull'ambiente (quali ad esempio il riscaldamento globale) per monitorare e predire scenari futuri (European Commission 2022).

A fronte di così tanti e significativi esempi, crediamo che i tempi siano maturi per l'impiego di questa tecnologia anche sul fronte del patrimonio culturale.

2. Verso una definizione di gemello digitale culturale

Da quanto detto sopra risulta evidente che la definizione di gemello digitale varia in base alle finalità e al contesto di utilizzo per i quali viene di volta in volta impiegato. Una sua possibile applicazione all'ambito dei beni culturali richiede dunque un'attenta riflessione sulla corretta metodologia da impiegare per ottenere un livello accettabile di completezza e fedeltà all'entità reale rappresentata. Possiamo fin da subito notare che i gemelli digitali fin qui esaminati vengono tipicamente generati o prima degli oggetti reali ai quali saranno poi associati, come avviene ad esempio nella produzione predittiva di ambito industriale e nella pianificazione urbanistica, oppure contestualmente ad essi, come nel caso dei veicoli spaziali della NASA. Occorre inoltre sottolineare che nell'immaginario collettivo un gemello digitale è solitamente pensato come un modello tridimensionale digitale che sostanzialmente riproduce le caratteristiche fisiche e spaziali di un determinato oggetto reale.

Considerando il patrimonio culturale, noteremo che caratteristica comune delle entità culturali e della documentazione che le riguarda, è quella di esistere (anche da molto) prima e indipendentemente da ogni loro riproduzione o manifestazione nel mondo digitale. Il patrimonio culturale è infatti costituito da entità complesse la cui vita tipicamente si dipana lungo molteplici archi spaziotemporali. È necessario, quindi, definire la natura e l'identità degli oggetti culturali prima di formulare un opportuno paradigma per la loro rappresentazione digitale. In questa prospettiva, il “gemello digitale culturale” (Digital Heritage Twin), che è il modo in cui abbiamo denominato il paradigma che stiamo definendo, va certamente inteso come “duplicato” di un bene culturale reale, ma sarebbe riduttivo limitare tale riproduzione ai soli aspetti esteriori e materiali, tralasciando la complessa rete di informazioni di vario genere e provenienza che costituisce la parte essenziale e imprescindibile del suo “essere” oggetto culturale da un punto di vista ontologico. Le entità culturali possono inoltre anche essere immateriali, cioè prive per loro stessa natura di una qualunque forma. È il caso di eventi e manifestazioni culturali quali il Palio di Siena o il Calcio in costume fiorentino, entità che rientrano nella categoria che comunemente si definisce Intangible Heritage e che dopo la loro manifestazione nel tempo, continuano ad esistere solo sotto forma di documentazione, come testimonianza di eventi passati o formulazione di attività future.

Il complesso di questa conoscenza proviene tipicamente da documenti di vario genere, quali fonti letterarie e altra documentazione testuale, foto d'epoca, mappe, disegni, audiovisivi e altro materiale d'archivio. Di estremo interesse è anche la documentazione derivante dall'attività scientifica di analisi, osservazione, misurazione e altre investigazioni strumentali condotte su oggetti culturali. Appare evidente che è proprio il complesso di questa documentazione, opportunamente digitalizzata, a costituire il vero cuore del gemello digitale culturale e, in ultima analisi, a costituire il gemello digitale culturale stesso. Ma quali tecnologie usare per organizzare tutta questa conoscenza?

Il 3D può certamente dimostrarsi uno strumento potente e versatile per la resa e la visualizzazione degli aspetti materiali e tangibili dei beni culturali, specialmente in termini di dimensioni, forme, colori, texture, luci, ombre, ecc. In determinate condizioni è anche possibile usare il 3D come base per l'aggregazione di conoscenza di oggetti culturali complessi, come mostrato dal sistema integrato basato su 3D realizzato dal CNR di Pisa per il restauro della Fontana del Nettuno di Bologna (Apollonio et al. 2018). Tuttavia, per quanto sopra osservato, il 3D si dimostra poco adeguato alla rappresentazione di informazioni riguardo a vicende storiche, valenze artistiche, rilevanza sociale e altri elementi culturali immateriali non immediatamente traducibili in termini geometrici o visivi. Questi elementi, infatti, richiedono modalità di espressione più vicine all'ambito delle ontologie e della modellazione semantica della conoscenza.

3. L'ontologia HDT e la costruzione di un gemello digitale culturale

L'ontologia HDT (Heritage Digital Twin) è lo strumento che abbiamo sviluppato per gestire e rendere interoperabile la grande varietà di dati che, come abbiamo visto, costituisce l'ossatura del gemello digitale culturale. Il suo sviluppo nasce dall'esperienza acquisita in

importanti progetti di aggregazione e integrazione dati, quali ARIADNE (armonizzazione di dati archeologici) (Meghini et al. 2017) e 4CH (studio e preservazione di beni culturali) (4CH 2023). L'ontologia HDT è costruita come estensione del CIDOC CRM, modello di riferimento per i dati del patrimonio culturale (CIDOC CRM 2023), e propone una serie di entità intese ad esprimere in formato standard tutta la documentazione culturale e scientifica disponibile. Classi quali HC4 Intangible Aspect, HC5 Digital Representation, HC9 Heritage Activity vengono usate per modellare in modo semanticamente ricco le entità culturali e la loro documentazione, mentre specifiche proprietà, appositamente progettate, sono impiegate per esprimere le complesse relazioni esistenti con gli eventi, le persone, i luoghi e le azioni che ne compongono la storia e ne delineano il valore culturale.

Grazie alla codifica semantica, tutta la conoscenza viene sistematizzata in strutture digitali complesse, dette grafi della conoscenza, solitamente ospitate su piattaforme avanzate (ad esempio, attive sul Cloud) che ne rendono possibile la consultazione e l'utilizzo tramite interfacce evolute. I grafi della conoscenza e le infrastrutture che li rendono operativi costituiscono il primo stadio del gemello digitale culturale. Eventuali operazioni di arricchimento, ad esempio con dati provenienti da sensori o altri dispositivi di monitoraggio, ne consentiranno l'estensione, mentre la messa in campo di servizi, basati su algoritmi di machine learning e di intelligenza artificiale capaci di "ragionare" sui dati archiviati, potranno effettuare simulazioni in tempo reale e generare modelli predittivi riguardo le condizioni presenti e future delle entità culturali descritte.

4. Conclusioni

In definitiva, potremmo definire il gemello digitale culturale che abbiamo fin qui delineato come la rappresentazione in formato digitale della conoscenza su entità culturali del mondo reale. L'ontologia HDT che abbiamo posto alla base del nostro lavoro ci consente infatti già da ora di implementarne quel "cuore informativo" generato dalla codifica strutturata dei dati che li rende preziosi strumenti di ricerca per studiosi ed esperti del settore. Sviluppi futuri del nostro lavoro verteranno sull'identificazione di infrastrutture ottimali per l'implementazione efficiente dei grafi della conoscenza nel Cloud, con l'obiettivo di creare spazi virtuali popolati da una molteplicità eterogenea, ma estremamente coerente e strettamente interdipendente, di gemelli digitali culturali. Questo consentirà di superare la frammentazione di sistemi dedicati a singoli oggetti, di garantire un approccio sistemico al patrimonio culturale e di fornire un contributo rilevante alla costruzione di quello "spazio comune europeo di dati del patrimonio culturale" recentemente caldeggiato dalla Commissione Europea (European Commission 2021).

Riferimenti bibliografici

- 4CH (2023) - Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage. <https://www.4ch-project.eu>.
- Apollonio F.I., Basilissi V., Callieri M., et al. (2018), A 3D-centered information system for the documentation of a complex restoration intervention, *Journal of Cultural Heritage*, 29, 89-99, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.07.010>

Caprari G., Castelli G., Montuori M., Camardelli M., Malvezzi, R. (2022), Digital Twin for Urban Planning in the Green Deal Era: A State of the Art and Future Perspectives, Sustainability 2022, 14, 6263. <https://doi.org/10.3390/su14106263>

CIDOC CRM (2023). International Committee for Documentation (CIDOC) of the International Council of Museums (ICOM). <http://www.cidoc-crm.org>

De Luca L., Abergel V., Guillem A., et al (2022), L'écosystème numérique n-dame pour l'analyse et la mémorisation multi-dimensionnelle du chantier scientifique Notre-Dame-de-Paris, SCAN'22 - 10e Séminaire de Conception Architecturale Numérique, Oct 2022, Lyon, France. <https://hal.science/hal-03826931>

European Commission (2022): Destination Earth.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>

European Commission (2021): Recommendation of 10.11.2021 on a common European data space for cultural heritage.

<https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/80911>

Meghini C., Scopigno R., Richards J.D., et al. (2017), ARIADNE: A Research Infrastructure for Archaeology. Journal on Computing and Cultural Heritage, 10(3), pp.1–27

Niccolucci F., Felicetti A., Hermon S. (2022), Populating the Data Space for Cultural Heritage with Heritage Digital Twins, Data, 7, 105. <https://doi.org/10.3390/data7080105>

Niccolucci F. et al. (2023), The Heritage Digital Twin: a bicycle made for two. The integration of digital methodologies into cultural heritage research, Open Research Europe, 3,64. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.15496.1>

Autori

Achille Felicetti achille.felicetti@pin.unifi.it

Achille Felicetti è un archeologo e ricercatore presso il laboratorio VAST-LAB del PIN di Prato. Si occupa della definizione e dell'applicazione di standard e modelli concettuali in ambito umanistico. Coordina diversi gruppi di sviluppo di strumenti per la gestione della documentazione dei beni culturali. Collabora alla definizione di ontologie quali CRMarchaeo e CRMtex, estensioni del modello ontologico CIDOC CRM. Coordina lo sviluppo di basi semantiche della conoscenza in varie iniziative internazionali, fra le quali ARIADNE Research Infrastructure e 4CH.

Franco Niccolucci franco.niccolucci@gmail.com

Franco Niccolucci è l'attuale presidente di ARIADNE Research Infrastructure AISBL, l'organizzazione che nasce dall'omonimo progetto – di cui è stato coordinatore – e raccoglie oltre 30 istituzioni di ricerca europee operanti nel campo delle tecniche digitali in archeologia e i beni culturali. Conserva inoltre la sua posizione di direttore del laboratorio VAST-LAB presso il PIN.