

## TRAIETTORIA 1. TECNOLOGIE PER LO SVILUPPO DI UN ECO-SISTEMA DIGITALE DEL PATRIMONIO CULTURALE

### GRUPPO DI ESPERTI

<b>Esperti:</b>	<b>Enti:</b>
Dr. Roberto Scopigno (coordinatore)	<i>Consiglio Nazionale delle Ricerche, ISTI</i>
Dr. Nicola Barbuti	<i>Università degli Studi di Bari Aldo Moro</i>
Prof.ssa Tiziana Catarci	<i>Università degli Studi di Roma "La Sapienza"</i>
Dr.ssa Silvia Cesarano	<i>Consorzio Stabile Glossa</i>
Dr. Marco De Carolis	<i>Tecno Art S.r.l.</i>
Prof. Massimo De Santo	<i>Distretto ad Alta Tecnologia per i Beni Culturali S.c.ar.l.</i>
Dr.ssa Emilia Adele Groppo	<i>4Scienze S.r.l.</i>
Prof. Gianfranco Neri	<i>Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria</i>
Prof. Antonio Pizzo	<i>Università degli Studi di Torino</i>
Dr.ssa Vincenza Sgambati	<i>Maticmind S.p.a.</i>
Prof. Fabio Vitali	<i>Alma Mater Studiorum Università di Bologna</i>

Lo sviluppo di un ecosistema digitale del Patrimonio Culturale ha lo scopo di integrare metodologie e tecnologie per la digitalizzazione del patrimonio culturale e per la creazione e gestione del patrimonio nativo digitale in una piattaforma abilitante per l'archiviazione, la conservazione, l'arricchimento e la gestione delle nuove risorse culturali digitali nel contesto delle applicazioni CH/DH.

In tale direzione, l'individuazione, la valutazione e l'eventuale arricchimento di buone pratiche, metodologie e soluzioni tecnologiche oggi presenti nel contesto internazionale e nazionale permetterebbero di costruire un punto di riferimento nazionale che, grazie anche al coinvolgimento di *stakeholder* pubblici e privati, sarebbe in grado di promuovere scelte di sviluppo, di formazione e di trasferimento tecnologico, e potenzialmente di tradurre l'esperienza italiana in una realtà leader a livello internazionale.

Nel pensare alle diverse applicazioni o ai contesti di studio, conservazione, valorizzazione, presentazione e fruizione del *Patrimonio Culturale (Cultural Heritage - CH)*, non si può oggi prescindere dalla necessità di focalizzare l'attenzione e la ricerca sui processi di creazione, gestione, esposizione, fruizione e conservazione delle molteplici tipologie di entità digitali che ne costituiscono rappresentazione e memoria. I beni culturali, ambientali e paesaggistici sono oggi rappresentati e descritti mediante entità digitali visive/interattive (collezioni digitali, *digital libraries*,

archivi digitali). Questi dati dovranno essere integrati alle entità “nativamente digitali” (*born digital*) che sempre di più contribuiranno alla costituzione del patrimonio culturale del domani e dei suoi servizi (gestione informatizzata di processi, archivi dematerializzati delle amministrazioni pubbliche e private, *visual e performing art*, ecc.). Per tutti questi dati deve essere in primo grado garantita la facile e coerente archiviazione, la gestione conservativa e la preservazione, secondo criteri che garantiscano la validazione e certificazione della valenza di entità culturale; in secondo grado, devono essere fornite funzionalità evolute di ricerca, l’arricchimento semantico, la disponibilità di ambienti di visualizzazione, consultazione e fruizione agevoli anche per utenti non esperti o disabili e, infine, l’analisi dei dati e delle collezioni.

Ma la gestione dei dati digitali nel contesto *CH* è un tema estremamente complesso, data la grande variabilità di tipologie di dati prodotti in questo contesto. Il concetto di digitalizzazione è stato storicamente applicato in prima battuta a documenti biblioteconomici (codici, manoscritti, libri a stampa, etc.), accompagnato da metodiche di riconoscimento dei contenuti testuali e loro trascrizione. Una notevole attenzione è stata anche data alla creazione di rappresentazioni digitali di beni tangibili (sia mobili che immobili) ed intangibili. Il concetto di dati visuali (*visual media*) fa riferimento a qualsiasi tipo di rappresentazione digitale di opere, monumenti o beni culturali comunicata in modo visuale. Vale a dire: le immagini 2D convenzionali (sia ad alta risoluzione che ad alta gamma dinamica, HDR), le tipologie di immagini avanzate (immagini re-illuminabili RTI o panoramiche/360), i modelli 3D ed i video. Infine, ma non ultimi, i dati audio giocano un ruolo importante non solo come essenziale integrazione di rappresentazioni complesse (come, ad esempio, il patrimonio intangibile) ma anche, evidentemente, in quanto bene culturale a sé stante. Inoltre, il fondamento formale della notazione musicale ha dimostrato un alto potenziale di integrazione con i sistemi computazionali di archiviazione e analisi dando luogo a importanti proposte di standardizzazione che verranno citate nel seguito.

Le metodologie e tecnologie di acquisizione, elaborazione, gestione, presentazione e archiviazione di tutte queste tipologie di dati e la loro progressiva trasformazione in risorse informative e cognitive di primo livello hanno visto una notevole evoluzione negli ultimi due decenni (aumento della accuratezza/risoluzione; una certa maturazione delle tecnologie *HW/SW* per l’acquisizione sia ottica che audio che ha generato una riduzione dei costi relativi; l’emergere del web come vetrina e porta di accesso, fruizione, interazione, riuso; etc.). Nonostante ciò, permane una complessità sostanziale del processo di digitalizzazione: data la molteplicità, diversità e complessità delle tipologie di artefatti da trattare, la specificità e la sempre maggiore raffinatezza delle tecnologie professionali da impiegare, ed infine gli alti standard qualitativi richiesti nel settore *CH*, è necessario fare ricorso a personale altamente specializzato e dotato di conoscenze e competenze interdisciplinari nelle *Digital Humanities*.

La molteplicità di media e delle relative modalità di rappresentazione apre numerose

problematiche riguardo alle modalità di gestione integrata ed efficiente delle risorse digitali, sfruttando le diverse opportunità messe a disposizione dal progresso della tecnologia ICT. *Mentre difformità e disomogeneità delle procedure di acquisizione ottica hanno avuto soluzioni soddisfacenti - sebbene migliorabili - nelle linee guida e regole definite nel corso degli ultimi anni, la gestione condivisa dei dati, la preservazione nel lungo termine (Long Term Digital Preservation, LTDP), l'interoperabilità, la pubblicazione e fruizione in maniera facile ed efficiente su web rimangono obiettivi ancora non compiutamente risolti. Infine, l'integrazione di tali dati in applicazioni interattive rimane un compito ancora abbastanza complesso, come cerchiamo di descrivere meglio nel seguito.*

Inoltre, non bisogna dimenticare che proprio le *Digital Humanities* negli ultimi anni hanno spinto ad una produzione di dati scientifici (database, foto, documenti, audio, video, etc.) direttamente in formato nativo digitale. Questa nuova produzione digitale ci impone di rispondere con soluzioni adeguate a una serie di obiettivi non ancora definitivamente assestati il più rapidamente possibile, onde evitare la perdita o la dispersione di intere generazioni di dati scientifici e culturali.

A maggior ragione quindi è fondamentale operare uno sforzo orientato alla creazione e gestione di ecosistemi digitali interoperabili, validati e condivisi.

Lo scenario internazionale vede proporre buone pratiche e piattaforme tecnologiche *open source* sviluppate nelle *community* scientifiche di riferimento, che hanno permesso la creazione e la condivisione di soluzioni tecnologiche in grado di promuovere l'interoperabilità, il riuso e una maggior accessibilità dei dati e delle tecnologie, senza dimenticare la crescente attenzione alla sostenibilità economica nel tempo per l'aggiornamento e per lo sviluppo tecnologico.

Un esempio dello scenario sopra descritto è IIF (*International Image Interoperability Framework*), un ecosistema di procedure e protocolli che si è andato sempre più affermando come standard "de facto" per la gestione prevalentemente di immagini digitali. Il *framework open source* è sostenuto e mantenuto da una *community* internazionale in continua crescita della quale fanno parte numerosi enti culturali che gestiscono vaste collezioni di oggetti digitali (immagini, audio, video, documenti). Attraverso un set di *Application Programming Interface* (API) implementato negli ultimi anni, la *community* mette a disposizione una modalità standardizzata per la descrizione, la distribuzione e l'accesso alle risorse digitali attraverso il web garantendo l'interoperabilità tra le collezioni, consentendo lo sviluppo di strumenti tecnologici in grado di garantire un'esperienza di alto livello per la visualizzazione, il confronto, la manipolazione e l'annotazione. Va rimarcato che, inspiegabilmente, nessun ente o università italiani fa parte del consorzio IIF, seppure alcune istituzioni italiane partecipino alle attività.

Sono molti i contesti tecnologici che contribuiscono all'obiettivo potenziale di un *ecosistema digitale per il Patrimonio Digitale*:

### **Tecnologie di digitalizzazione**

- *Testi*: esistono tecnologie HW e SW evolute per l'intero processo di creazione di risorse digitali con contenuto testuale, sia esso documentale, museale o librario (acquisizione ottica, post elaborazione degli oggetti digitali, indicizzazione con metadati, gestione delle risorse digitali, OCR/riconoscimento di testo per l'interrogazione su chiavi di ricerca semantiche, diagnostica preventiva e restauro virtuale).
- *Audio*: in questo settore l'avvento di dispositivi personali sia di cattura che di riproduzione del segnale audio, unitamente alla completa rivoluzione dei meccanismi di fruizione del patrimonio musicale avvenuta negli ultimi dieci anni, hanno enormemente aumentato la disponibilità di informazioni audio digitali e la presenza di sofisticate soluzioni hardware e software per la creazione e gestione degli stessi.
- *Immagini e video*: il progresso tecnologico ha esteso in modo enorme le capacità di acquisire immagini e video (col progresso delle foto-/video-camere o l'ubiquità degli smartphone), ed allo stesso tempo ha fatto emergere nuove tipologie di dati (immagini o video panoramici, immagini HDR, immagini RTI).
- *Modelli tridimensionali - 3D*: grazie sia a tecnologie di scansione 3D (TAC, 3D scanners ottici) che di ricostruzione 3D da insiemi di foto (con metodologie fotogrammetriche o Structure-from-Motion) od infine con sistemi manuali (modellazione 3D CAD o cinematografica), costruire rappresentazioni tridimensionali è oggi possibile con tempi e costi non troppo lontani da quelli di un campionamento fotografico.

### **Tecnologie di archiviazione e gestione semantica della conoscenza**

Per rispondere in modo integrato alle esigenze descritte nella premessa è necessario che i dati digitali, siano essi nativamente digitali o esito del processo di digitalizzazione, vengano raccolti in ecosistemi interoperabili fra loro, basati sul modello di riferimento OAIS (Open Archival information System, standard ISO 14721:2003). Come riportato nel modello OAIS (<http://www.oais.info/oais-usage/>), i Digital Asset Management System (DAMS, ad es. dSpace e Fedora Commons) nascono per gestire l'intero ciclo di vita "pratica" degli oggetti digitali, incluse anche le problematiche relative alla "Digital Curation". Meno utili risultano per la preservazione dei dati, per la quale si rende dunque necessaria una riflessione approfondita. In ogni caso, nell'architettura globale di un ecosistema digitale per il patrimonio culturale, i DAMS devono essere considerati il livello intermedio cui si devono affiancare ed integrare Data Management System (ad esempio Dataverse o CKAN) in grado di esplorare i dataset, e/o strumenti di analisi più raffinati come ad esempio i GIS, i software di analisi, le applicazioni di Realtà Virtuale, ecc., in grado di effettuare analisi maggiormente raffinate e/o percorsi virtuali di valorizzazione e di fruizione.

E' necessario che una piattaforma tecnologica in ambiente CH sia dotata anche di idonee funzionalità per il *Property Rights Management*, in grado di rendere le risorse digitali disponibili e riutilizzabili secondo i paradigmi e gli standard previsti per gli Open Data, di garantire l'accesso agli utenti secondo autorizzazioni modulate in relazione ai livelli di interazione con le risorse (a seconda che si tratti di semplice consultazione, o fruizione, o riuso), e di gestirne il riutilizzo nel modo più ampio possibile sia nella ricerca scientifica, che per la tutela e la valorizzazione, favorendone la conservazione. In ultimo, non va sottovalutato che l'archiviazione dei dati digitali dovrebbe essere ispirata a principi condivisi secondo l'approccio FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), integrato con alcune nuove istanze recentemente proposte finalizzate a favorire la conservazione di lungo termine delle risorse digitali (Relevant= persistenti, Reliable= affidabili, Resilient= resilienti), e deve essere progettata al fine di supportare anche funzioni di meta-livello, quali reasoning, applicazioni di machine learning, sistemi di riconoscimento digitale evoluti (Intelligent Character Recognition Systems), etc.

Risulta, inoltre, di capitale importanza definire un modello ontologico per la rappresentazione informatizzata dei dati relativi ai beni del patrimonio culturale, in contrasto con le modalità generali di rappresentazione nel Web attuale, spesso limitanti e poco adeguate in un contesto per cui si dovrebbe invece favorire la diffusione della conoscenza a livello globale. Un modello ontologico, in grado di rappresentare le principali caratteristiche del dominio dei beni culturali, può permettere lo sviluppo di servizi a valore aggiunto in grado di ruotare attorno all'informazione culturale. Punto di partenza potrebbero essere alcune esperienze in corso di cui diremo oltre, per le quali è utilizzata l'ontologia OWL.

#### ***Tecnologie di documentazione e presentazione integrata di dati multimediali***

Come supportare la facile produzione di presentazioni che integrino più tipologie di artefatti digitali (*computational artifact*) in modo semplice e guidato, a fini di supportare applicazioni di comunicazione? Questo rimane un obiettivo ancora largamente non risolto dagli approcci metodologici e dalle tecnologie disponibili attualmente. Il contesto nazionale, infatti, ha visto una proliferazione di tecnologie differenti ed una loro ampia sperimentazione, spesso però subordinata all'utilizzo di tecnologie proprietarie, in diversi casi non a basso costo. A ciò si aggiunga che, purtroppo, buona parte delle risorse prodotte dalle sperimentazioni sono mantenute in repository proprietari e tarda molto ad affermarsi una strategia di gestione FAIR dei dati. Mancano metodologie secondo cui definire gli elementi necessari a documentare e certificare il livello di qualità ed affidabilità dei dati disponibili e si assiste molto spesso ad iniziative che duplicano senza ragione e inutilmente gli sforzi di digitalizzazione, o che non favoriscono il riuso dei dati.

Il problema, inoltre, è enfatizzato dalla mancanza di un *layer* ontologico in grado di aggregare dinamicamente i contenuti e i servizi. In tal senso una significativa esperienza è condotta nell'ambito del *progetto ArCO*.

Alcuni progetti ed esperienze di ricerca volti a proporre soluzioni praticabili hanno

avuto inizio in tempi recentissimi, e allo stato dell'arte i risultati prodotti sono ancora embrionali e soggetti a monitoraggio. In particolare, si sta proponendo una tipologia di creazione digitale finalizzata a realizzare "Monumenti Culturali Digitali", intesi come ecosistemi digitali complessi costruiti con riferimento a una o più entità culturali, il cui significato viene reso grazie a una collezione di storie di interesse scientifico, artistico, culturale, storico, demo-etnoantropologico, esposte tramite contenuti digitali in storytelling, che consentono a comunità diverse di vivere User Experiences (UX) evolute e interattive in contesti sia virtuali che reali, massimizzando l'impatto educativo, cognitivo ed emotivo e facilitandone il riuso e la diffusione. Alcuni risultati di sperimentazioni sono stati pubblicati, ma si è ancora distanti da una definizione strutturata di questa tipologia di ecosistema culturale digitale.

L'ambito tecnologico in esame ha spesso visto in ruoli trainanti settori o imprese che nulla hanno a che fare con il patrimonio culturale in sé stesso. Molte (se non la stragrande maggioranza) delle tecnologie usate per il CH sono state sviluppate per settori applicativi diversi (industria, medicina, ricerca fisica, etc). Va detto però che in molti casi il settore delle applicazioni al patrimonio ha costituito una ideale piattaforma di validazione e sperimentazione delle tecnologie, anche se inizialmente sviluppate per applicazioni terze. La complessità del settore CH ben si adatta a portare agli estremi limiti i requisiti di test o validazione delle strumentazioni, ad esempio in termini di accuratezza, risoluzione o di coniugare/integrare aspetti conoscitivi diversi (ad es. il campionamento accurato delle caratteristiche di forma e della riflettanza superficiale).

Il settore delle ditte tecnologiche si è ad oggi focalizzato su imprese (principalmente straniere) che sviluppano strumenti HW/SW per CH (dai sistemi di ripresa multispettrale, ai sistemi di scansione 3D, ai sistemi di digitalizzazione per documenti, ecc.), ed imprese attive nella erogazione di servizi (che vanno dalle attività di digitalizzazione alle attività di gestione dell'archiviazione o della produzione multimediale).

Il contesto italiano ha visto il consolidarsi soprattutto di imprese private che ricadono nella seconda categoria (erogatori di servizi), la cui dimensione (tranne pochi casi) ricade nel contesto delle PMI.

## DEFINIZIONE SOTTO-TRAIETTORIE

### 1.1. Data Modelling

Tecnologie abilitanti per la modellazione e gestione di risorse digitali - con un particolare focus sugli aspetti metodologici, di interoperabilità e di *Digital Rights Management* (per le quali si veda anche la sottotraiettoria 4.1).

### 1.2. Digitization Technologies

Tecnologie unificanti per acquisizione/digitalizzazione del Patrimonio Culturale (dall'opera originale alla risorsa digitale derivata) e tecnologie abilitanti per la creazione e gestione delle risorse native digitali (per le quali si veda anche la

sottotraiettorie 4.1).

### 1.3. Basic Platform for Heritage Data

Definizione delle funzionalità di base di un ecosistema digitale per il *Cultural Heritage* (archiviazione, arricchimento semantico, search & retrieval, accesso ai dati, visualizzazione risultati, fruizione, interazione con le risorse digitali, conservazione); stato dell'arte delle piattaforme di base abilitanti e possibile progettazione di una piattaforma nazionale.

### 1.4. Tools for Heritage Applications

Strumenti evoluti per la creazione e gestione di esperienze di *Digital Cultural Heritage*, che si appoggiano alle funzionalità di base descritte in 1.3 e realizzano strumenti verticali per specifiche comunità disciplinari o di utenti.

### 1.5. Intangible Heritage

Strumenti e metodologie per la rappresentazione digitale di Intangible Heritage, la sua preservazione e la comunicazione.

## 1.1. DATA MODELLING

Nel corso degli ultimi trent'anni, il tema delle tecnologie digitali applicate al patrimonio culturale ha avuto sostanzialmente due impostazioni scientifiche. Da una parte, il modello concettuale con cui rappresentare i dati della digitalizzazione dei beni culturali (i dati primari del bene culturale da digitalizzare), in particolare l'identificazione delle *feature* più importanti che un formato dati deve garantire a seconda del tipo di artefatto e del tipo di informazione da rappresentare (testo a stampa, testo manoscritto, immagine, video, immagine aerea, oggetto tridimensionale, rappresentazione a tipi multipli - e.g., spettroscopia, etc.). Dall'altra, il modello concettuale con cui rappresentare le informazioni conosciute relative al bene culturale da digitalizzare (i dati secondari o metadati): un buon modello di metadati adeguatamente popolato di informazioni corrette in fase di digitalizzazione del bene permette un'ampia gamma di applicazioni di ricerca, classificazione, aggregazione, tracciamento del bene culturale prima ancora di accedere alla rappresentazione digitale del bene stesso. In questo senso, possiamo asserire che, pur con mille distinguo e mille esitazioni sulla applicabilità, omogeneità e successo di questi formati e questi modelli di dati primari e secondari, le scelte tecnologiche relative sono abbastanza mature e consolidate, e i problemi aperti sono in buona sostanza residui, evolutivi e differenziali.

Questa maturità apre per contro degli spazi inediti a problemi di più ampio respiro, più generali, più adatti al tema dell'ecosistema di cui si deve occupare questo gruppo di lavoro. Infatti, i modelli di dati e i modelli di metadati per i beni culturali, fino ad adesso, sono stati pensati esclusivamente nell'ottica di strumenti tramite cui riproporre tanto nelle immagini, quanto nelle descrizioni le informazioni di dettaglio,

per lo più già note, sui beni rappresentati. Essi, perciò, risultano entità monolitiche, isolate, insufficienti a trasmettere e condividere la conoscenza che dovrebbero veicolare, ed è complesso, se non impossibile, arricchirli con dati derivativi se non dopo la creazione di una loro copia isolata e separata.

Un buon punto di partenza per riflettere su un *data modelling* che sia soluzione a questo stato dell'arte consiste nel sovvertire completamente l'approccio alla digitalizzazione e alla creazione in digitale: non più strumenti di riproduzione finalizzati alla diversa fruizione globale dell'analogico, ma creazione di nuove entità digitali culturali, esito di propri processi produttivi e con proprie caratteristiche fisiche e contenutistiche, destinate a configurarsi quale *digital cultural heritage*, *digitized and born digital* (dalle Conclusioni UE del 21 maggio 2014, art. 2).

L'ottica di cui si deve dotare l'ecosistema digitale qui in programmazione, dunque, è favorire la nascita di risorse digitali derivate (dati terziari dei beni culturali e relative risorse digitali) in grado di rappresentare processi, percorsi, contenuti, rappresentazioni in cui l'artefatto culturale originale digitalizzato è una delle componenti che concorrono a definire la "risorsa culturale digitale" e non l'oggetto primario, il cui fine è permettere la coesistenza di modalità diverse di conoscenza, fruizione e riuso a livelli diversi di profondità e di dettaglio. Si concretizza così la nozione di contesti attraverso cui valorizzare sia la risorsa digitale che il bene che ne costituisce parte, attribuendogli consistenza sul piano semantico. Tali contesti originano da uno scambio e un dialogo tra risorse culturali e vanno oltre la semplice rappresentazione e descrizione dell'artefatto culturale.

Un ecosistema digitale per i beni culturali, dunque, deve fare di più che permettere a) l'acquisizione di dati primari, b) la loro descrizione e arricchimento con dati secondari, e c) la creazione di opere terziarie. Esso deve permettere la totale integrazione e armonizzazione tra tutto questo, in modo da favorire l'esplorazione su più livelli del discorso culturale in atto sulle opere e sui beni culturali a disposizione della cittadinanza.

Avendo come fruitori tutti i potenziali target di utenza (scientifica e non), deve avere tra le finalità principali la condivisione delle risorse e la relazione tra gli oggetti stessi. Sfruttando parte degli schemi descrittivi già esistenti e proponendo data model estesi a seconda delle esigenze, è possibile contestualizzare le risorse digitali complete dell'informazione culturale nello spazio e nel tempo collegandoli, ad esempio, a Persone, Eventi, Luoghi, Concetti, Interpretazioni, ecc.

In questa direzione, assume particolare rilevanza l'integrazione agli standard e ai protocolli messi in atto dall'*Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione* (ICCD) che riguardano le procedure e i criteri di descrizione e catalogazione del patrimonio culturale nella sua più vasta accezione garantendo sia la massima coerenza scientifica dei dati archiviati sia la loro "fruibilità" da parte di una comunità più ampia di quella degli "esperti". In tal senso, sono stati elaborati diversi standard (la cui ultima versione disponibile è la ICCD 3.0) che costituiscono strumenti puntuali per la descrizione di opere tangibili e intangibili e di "oggetti" che siano elementi del *CH*.

Questa sotto traiettoria studierà e proporrà, quindi, nuovi paradigmi necessari a sfruttare le basi dati descrittive nazionali proponendo relazioni e, appunto, data model in grado di risolvere e soddisfare le esigenze di ricerca, studio e riuso culturale delle risorse, nell'ottica di ripensare le entità digitali in produzione dalla digitalizzazione o *born digital* quali nuove entità culturali da gestire, catalogare, valorizzare, presentare, riusare, conservare nel tempo.

Possiamo ipotizzare allora l'introduzione di temi trasversali e fondamentali, tra cui:

- La possibilità di integrare qualunque dato primario e secondario con nuovi dati, a volte a supplemento di quelli esistenti, a volte a correzione, a volte a contrasto. La struttura dei dati quindi deve essere intrinsecamente molteplice, e grande importanza deve avere la specifica di provenienza, incertezza, autorevolezza, trust e rappresentazione delle controversie su tutti e tre i tipi di dato primario, secondario e terziario. In tale direzione, si prenderà in considerazione la possibilità di applicare l'approccio FAIR sperimentando le implementazioni della R in R4 cui si è accennato sopra.
- La possibilità di differenziare tra opera culturale e oggetto culturale, soprattutto in quei casi (testi, fotografie, copie d'arte, ecc.) in cui più oggetti fisici diversi in luoghi diversi condividono identità e caratteristiche ad un certo livello di astrazione. A tale proposito, modelli come CIDOC-CRM permettono una rappresentazione a livelli (e.g., opera, espressione, manifestazione, elemento) di grande importanza per aggregazioni e differenziazioni corrette, permettendo di differenziare tra ciò che si dice, ad esempio, dei Promessi Sposi di Alessandro Manzoni e ciò che si dice di una specifica edizione, o di una specifica copia dei Promessi Sposi di Alessandro Manzoni.
- La possibilità di differenziare tra oggetto digitale e l'argomento dell'oggetto stesso in un modello stratificato di dati che renda esplicita la relazione tra opera e argomento dell'opera. Ad esempio, la scheda *Europeana* rappresenta un'immagine TIFF degli anni 2000 di una fotografia degli anni 60 di Konrad Helbig di una incisione del 1756 di Giovan Battista Piranesi di un edificio, il Colosseo a Roma, del I secolo d.C. Ciascun livello rappresenta un contributo intellettuale non ignorabile da parte di un attore culturalmente importante. Mescolare i livelli (nei metadati di *Europeana*, ad esempio, distinguerli non è proprio possibile) rende estremamente complesso districare la struttura vera delle informazioni presentate. In altri termini, è necessario separare correttamente i dati dalla loro presentazione.
- La possibilità di caratterizzare la geo e crono-locazione degli oggetti digitali e ciò che rappresentano, inclusa la possibilità di distinguere tra luoghi ed epoche reali, luoghi ed epoche immaginarie (la terra di mezzo di Tolkien), o le versioni immaginarie di luoghi ed epoche reali (la Londra di fine ottocento di Sherlock Holmes).

Questo modello ricco e strutturato di informazioni va però pensato in maniera evolutiva e costruttiva rispetto a quanto già stabilito e disponibile nelle azioni di digitalizzazione già in corso e già concluse, quindi il tema della mappatura nel nuovo modello integrato delle collezioni di dati digitalizzati già esistenti va affrontato garantendo una semplice realizzabilità.

Infine, nel realizzare collezioni di dati e metadati è necessario tener conto di alcune note *issue*:

- le descrizioni asfittiche ed incomplete, in cui molte informazioni interessanti, pur disponibili all'operatore, non sono state inserite; o le descrizioni incoerenti con il focus primario della descrizione;
- il cattivo posizionamento, in cui la scarsa consapevolezza dell'esistenza e dello scopo degli elementi disponibili fa inserire le informazioni corrette nei posti sbagliati;
- il *dumping*, in cui l'indisponibilità di elementi appropriati - ovvero l'ignoranza che tali elementi effettivamente esistono - fa usare elementi generici, primo tra tutti "Descrizione", come destinatari di grandi quantità di informazioni destrutturate e disomogenee, in testo libero e totalmente inutilizzabili in maniera automatica.

Per evitare questi problemi si pone l'obiettivo di creare interfacce per l'operatore in grado di guidare e controllare la scelta delle informazioni che egli dovrà fornire e verificare l'aderenza delle schede descrittive a requisiti minimi di adeguatezza, appropriatezza, affidabilità e precisione con una quantità minima di sforzo da parte dello stesso.

Sarà anche necessario provvedere a definire parametri corretti tra quantità delle informazioni da inserire e qualità dei contenuti informativi, tenendo conto non soltanto dei potenziali pubblici contemporanei ma anche dei potenziali fruitori futuri. La complessità di uso e la verbosità della fase di inserimento delle informazioni, infatti, sono ad oggi una criticità importante che limita l'affermazione di metodologie e modelli evoluti e strutturati (ad es. CIDOC-CRM).

Il tema delle tecnologie abilitanti per la modellazione e gestione di oggetti digitali (con un particolare focus sugli aspetti metodologici, interoperabilità e Digital Rights Management) può quindi essere ricondotto alle seguenti linee di azione:

- **Knowledge Modelling:** tecnologie abilitanti la modellazione e la gestione degli aspetti relativi a tutti gli oggetti digitali, sia provenienti da acquisizioni già compiute, sia da acquisizioni future, sia born digital. Questi modelli includono aspetti di uncertainty/trust modelling, layered annotation, graph models, temporal/4D data modelling, multilingualism. In tale scenario, inoltre, un ruolo chiave sarà giocato dall'introduzione di strutture

ontologiche in grado di rappresentare domini di conoscenza e di aggregare i dati in accordo alle loro principali caratteristiche.

- **Knowledge Management:** tecnologie abilitanti per l'interoperabilità semantica e l'adattatività dei servizi attraverso la definizione di ontologie di dominio e di scopo. Tecnologie per il context/situation awareness.
- **Data Archival & Integration:** Tecnologie abilitanti per l'archiviazione e gestione, anche conservativa, di "oggetti digitali" di tipo specifico, riguardanti il patrimonio culturale in ogni sua forma, con particolare attenzione alla definizione delle caratteristiche minime condivise che le diverse rappresentazioni debbono avere per consentire l'interoperabilità e il Digital Rights Management.
- **Metadata mapping/translation between models:** tecnologie abilitanti per la traduzione, integrazione e ri-rappresentazione di oggetti digitali rappresentati secondo modelli diversi, soprattutto se incompatibili ed incomparabili.
- **Operator interfaces:** tecnologie abilitanti per la veloce e efficace descrizione degli oggetti digitali, che tenga anche conto di corretti parametri di equilibrio quantitativo/qualitativo dei contenuti descrittivi e risponda a requisiti di coerenza, affidabilità, riusabilità, persistenza e resilienza.

## ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

### UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

<b>Università, Istituti di ricerca leader globali</b>	
<b>Istituti di ricerca leader nazionali:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In Italia gli <i>standard</i> di metadati per la gestione e descrizione di risorse digitali relative al patrimonio culturale sono di competenza dai tre Istituti centrali che operano sotto l'egida del Ministero dei Beni Culturali: l'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD, <a href="http://www.iccd.beniculturali.it/">http://www.iccd.beniculturali.it/</a>), l'Istituto Centrale per gli Archivi (ICAR, <a href="http://www.icar.beniculturali.it/index.php">http://www.icar.beniculturali.it/index.php</a>) e l'Istituto Centrale per il Catalogo Unico delle Biblioteche Italiane e per le Risorse Bibliografiche (ICCU, <a href="https://www.iccu.sbn.it/it/">https://www.iccu.sbn.it/it/</a>). Tutti e tre hanno definito e adottano propri standard di metadati per la gestione e la descrizione dei beni culturali di loro competenza.</li> <li>- L'ICAR, nell'ambito del progetto SAN (Sistema Archivistico Nazionale) punto di accesso unificato alle risorse archivistiche nazionali rese disponibili sul web, utilizza il tracciato CAT-SAN per l'esportazione dai sistemi che aderiscono al SAN delle schede relative ai complessi archivistici di primo livello (fondo, etc.) e livelli</li> </ul>

	<p>inferiori, mentre per la gestione e descrizione delle risorse digitali ha creato il set di metadati METS-SAN. Inoltre, da qualche anno ha lanciato il progetto SAN-LOD con cui sta pubblicando i dati del SAN in formato Linked Open Data utilizzando un'ontologia espressa in linguaggio OWL.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ICCD ha avviato da circa due anni il progetto dati.beniculturali.it, la piattaforma di pubblicazione dei dati informativi del MIBAC in formato LOD, realizzando insieme all'ISTC-CNR l'ontologia Cultural-ON per la descrizione degli Istituti e i luoghi della cultura nazionali.</li> <li>- Infine, per la creazione e gestione delle risorse digitali di sua competenza, fin dalla prima metà degli anni Duemila l'ICCU ha creato e utilizza lo standard MAG 2.0.1, implementato nel corso degli anni con alcune varianti per i metadati archivistici, con linee guida per la gestione di risorse digitali relative ad altri materiali culturali di interesse biblioteconomico (fotografie, manifesti, opuscoli, etc.) e con le restrizioni MagTeca. Inoltre, al fine di favorire il mapping delle proprie risorse digitali con altri standard, l'Istituto ha elaborato l'Application Profile PICO, grazie al quale può riversare le risorse e le collezioni pubblicate sul portale Cultura Italia in EUROPEANA.</li> </ul>
<b>Distretti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il Distretto ad Alta Tecnologia per i Beni Culturali DATABENC (<a href="http://www.databenc.it">http://www.databenc.it</a>) della Regione Campania, che costituisce un Consorzio che riunisce le principali Università Campane, il CNR e più di 60 tra grandi, medie e piccole imprese, sta sviluppando dal 2014 alcuni significativi progetti volti alla realizzazione di una piattaforma tecnologica di riferimento (CHIS – Cultural Heritage Information System) e alla sua sperimentazione negli ambiti Centri Storici, Rete di Musei, Parchi Archeologici. In questo scenario, la piattaforma ha adottato lo standard ICCD 3.0 e, di concerto con gli Enti preposti (Soprintendenze), ne sta realizzando alcune estensioni.</li> </ul>
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	<p>Il numero di progetti di ricerca italiani e internazionali che fanno uso degli standard di metadati suddetti è ampio, ma spesso si tratta di iniziative progettate e realizzate per la <i>sostenibilità nel breve termine</i>, tipicamente di pochi anni. Tra quanto fatto si possono sicuramente citare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Corso di alta formazione in <i>Digital Preservation</i> (offerto dalla Sapienza Università di Roma, nell'ambito del DTC Lazio, <a href="https://dtclazio.it/caf1">https://dtclazio.it/caf1</a>);</li> <li>- Organizzazione di convegni internazionali (e.g., International Workshop on Open Data and Ontologies for Cultural Heritage, <a href="http://odoch19.uniroma1.it">http://odoch19.uniroma1.it</a>).</li> <li>- <i>Europeana</i> è un aggregatore di metadati descrittivi di beni culturali forniti da più di 3.000 istituti culturali su tutta Europa. Nata nel 2008, fornisce un modello di metadati, denominato EDM (Europeana Data Model), che si è evoluto nel corso degli anni fino a</li> </ul>

	<p>diventare una struttura molto sofisticata e completa per i metadati esposti all'interno delle collezioni.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Va ulteriormente ricordato l'interessante risultato di Cultural-ON, che si auspica abbia un seguito nell'ambito del più ampio e ambizioso progetto dati.beniculturali.it.</li> <li>- Nel 2019 è stato attivato il progetto europeo CSA-Flagship "Time Machine", che ha tra i propri scopi anche quello di identificare dei modelli integrati di descrizione dei beni culturali per gli oggetti trattati all'interno del progetto. Sebbene non sia chiaro quale sarà il destino del CSA (pensato come preparatorio per un progetto Flagship del decennio 2020-2030, che non vedrà la luce vista l'intenzione della Commissione Europea di abbandonare del tutto i progetti Flagship), i temi dell'integrazione e dell'estensione della descrizione dei beni culturali è ben presente all'interno del progetto. L'Università di Venezia e l'Università di Bologna sono i due unici <i>founding member</i> italiani del consorzio Time Machine.</li> </ul>
--	---

## IMPRESE

<b>Grandi imprese internazionali, nazionali, PMI</b>	
<b>Leader globali e leader nazionali:</b>	- Non esistono grandi aziende né a livello nazionale né internazionale che abbiano una posizione di <i>leadership</i> in questo ambito. Esistono però PMI italiane leader nel settore della <i>Digital Preservation</i> e della distribuzione di servizi relativi alla ricerca ed ai beni culturali (come 4Science del gruppo Itway) in grado di offrire le principali soluzioni open source relative ai Digital Asset Management System più diffusi al mondo. Le attività di modellazione del dato culturale fin qui sono state svolte a livello locale del singolo progetto, oppure sotto il patrocinio di un Istituto centrale del Ministero dei Beni Culturali.
<b>Start-up:</b>	- Sono presenti sul territorio nazionale un buon numero di startup, in stragrande maggioranza microimprese che integrano ai servizi di digitalizzazione un approccio ad hoc alla metadattazione.
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	- Numerose ditte operano sul tema della digitalizzazione di beni culturali (gallerie, biblioteche, archivi, musei, ecc.) e loro descrizione secondo standard di metadattazione specifici del dominio e della disciplina di riferimento o, peggio, secondo modelli di dati autoprodotti e con scarsa documentazione.

## ISTITUZIONI PUBBLICHE

- Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD, <http://www.iccd.beniculturali.it/>),

- Istituto Centrale per gli Archivi (ICAR, <http://www.icar.beniculturali.it/index.php>)
- Istituto Centrale per il Catalogo Unico delle Biblioteche Italiane e per le Risorse Bibliografiche (ICCU, <https://www.iccu.sbn.it/it/>).
- Agenzia per l'Italia Digitale (AGID, <https://www.agid.gov.it/>)

#### ALTRI PORTATORI DI INTERESSE

- L'associazione di Informatica Umanistica e di Cultura Digitale (AIUCD, <http://www.aiucd.it/>) da anni fornisce un punto di incontro per tutti gli studiosi di Digital Humanities provenienti da discipline le più disparate. Il contributo di numerosi poli universitari italiani è in questo settore sostanziale.
- Il CNR, tramite l'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR (<https://www.istc.cnr.it/>) e l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (<https://www.isti.cnr.it/>), da anni svolge ricerche su ontologie fondazionali e modelli ontologici spesso applicati ad ambiti culturali di grande importanza (si veda i casi Cultural-ON o Europea già citati).

#### SETTORI COLLEGATI E DI SUPPORTO (AREE DI RICERCA E TECNOLOGIE UTILIZZATE)

- *Digital Humanities*
- *Document Engineering*
- *Semantic Web*
- Rappresentazione e gestione della conoscenza, problema della governance dei dati; tecnologie utilizzate: strumenti di ragionamento automatico, sistemi di *Ontology-Based Data Access (OBDA)*
- *Open Access*
- *Open Data*
- *Data Analysis*

#### PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

- Bandi per finanziamenti alla ricerca, proposti da enti istituzionali, quali le Regioni, il MIUR e la Commissione Europea.
- Progetti locali

#### PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Il focus di questa sotto-traiettoria è principalmente di impostazione metodologica. Il

processo di trasferimento tecnologico in questo contesto si sviluppa mediante le usuali strategie (pubblicazioni scientifiche, collaborazioni con entità accademiche, lavoro degli istituti di gestione e controllo, come i già citati istituti del MIBAC).

## ANALISI SWOT (*STRENGTHS, WEAKNESSES, OPPORTUNITIES, THREATS*) DELL'AMBITO DI RICERCA E APPLICAZIONE IN ITALIA

Possiamo identificare tre carenze fondamentali nella situazione attuale dei modelli di metadati per i beni culturali:

- La mancanza di integrazione e omogeneità, sia di fonte, che di filosofia di progetto, che di diffusione;
- La destinazione esclusivamente specialistica dei modelli di metadati, volti alla fruizione delle informazioni da parte di studiosi delle singole discipline, a discapito di una loro omogeneizzazione e comprensibilità da parte di altri studiosi, divulgatori, insegnanti, studenti, semplici cittadini;
- L'evidente distanza tra il modello ideale del dato, così come si potrebbe evincere dalla documentazione dei vari standard, e l'effettiva applicazione del modello nelle collezioni digitalizzate, in cui è frequente osservare problemi di *descrizioni asfittiche ed incomplete*, di *cattivo posizionamento*, e di *dumping*.

<b>Punti di forza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelli di metadattazione esistenti molto sofisticati, evoluti e approfonditi</li> <li>- Grande attenzione e consapevolezza, da parte di curatori, studiosi e funzionari, delle opportunità strategiche dei modelli di metadati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniziative del MIBAC e degli enti europei per <i>semantic web</i> e <i>LOD</i> importanti per l'armonizzazione e il coordinamento tra iniziative indipendenti</li> </ul>
<b>Punti di debolezza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerare la digitalizzazione e la creazione digitale come strumento di diversa valorizzazione di beni culturali anziché come creazione di nuovo patrimonio culturale digitale</li> <li>- Grandi differenze nelle ricchezze informative delle descrizioni da collezione a collezione, in parte dovuta ad adozioni parziali o di facciata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mancanza di una infrastruttura concettuale di raccordo tra le descrizioni delle collezioni digitali che ne permetta <i>discovery, mapping</i>, navigazioni trasversali, opere derivate; mancanza di ontologie condivise ed in grado di rappresentare domini di interesse</li> <li>- Assenza di strumenti che semplifichino, guidino e armonizzino le attività di descrizione dei beni digitalizzati</li> </ul>

	dei modelli descrittivi più appropriati	da parte degli addetti presso i singoli fondi
<b>Opportunità</b>	- Settore in cui il settore nazionale ha notevoli competenze e <i>leadership</i> tecnologica	- Disponibilità di dati digitali (open data) è un fattore moltiplicatore per svariate applicazioni
<b>Minacce</b>	- Mancanza di committenza istituzionale	- Concorrenza di contesti nazionali più solidi (Francia, Germania)

## 1.2. DIGITIZATION TECHNOLOGIES

Le moderne tecnologie di digitalizzazione, potentemente evolute negli ultimi due decenni, sono estremamente differenziate e molteplici. Le descriviamo in estrema sintesi, focalizzandoci sui diversi domini di lavoro:

- Tecnologie per la digitalizzazione di documentazione archivistica o biblioteconomica: principalmente basate su strumentazione HW e SW specifica per la scansione 2D o fotografica e la post elaborazione in grafica digitale, hanno raggiunto un ottimo grado di maturazione. Sono utilizzati spesso anche strumenti software di riconoscimento testo (OCR) per la conversione da formato immagine a formato testo editabile e software di grafica per attività di post elaborazione delle immagini finalizzata a migliorare la leggibilità e fruibilità del testo (*enhancement* e restauro virtuale).
- Tecnologie di digitalizzazione di opere pittoriche (2D): oltre alle comuni tecnologie di ripresa fotografica (RGB), sono disponibili tecnologie per acquisizione iper-spettrale (che campionano su molte diverse lunghezze d'onda, tra cui anche ultravioletto o infrarosso) o di acquisizione ad altissima risoluzione (mediante allineamento e fusione di immagini RGB multiple).
- Tecnologie per la digitalizzazione di artefatti, opere o architetture (3D): si fa riferimento alle tecnologie di scansione 3D (tecnologie attive, laser o a luce strutturata) od alle più recenti soluzioni fotogrammetriche (da campionamento fotografici 2D molto densi); sono ampiamente usate anche tecnologie di derivazione cinematografica che supportano la modellazione 3D manuale assistita, ideali nel caso si vogliano operare azioni di restauro virtuale o anastilosi.
- Tecnologie per la digitalizzazione del patrimonio musicale, con un focus specifico sia per la rappresentazione del suono, sia per le varie forme di partitura; sono state proposte anche azioni di standardizzazione (ad es. IEEE 1599 *Multilayer XML-based format for Music*) per favorire l'integrazione delle risorse audio con altri contenuti culturali presenti in diversi formati.

- Tecnologie per la digitalizzazione di *Intangible Heritage*: per molti di questi contesti sono state adottate tecnologie di ripresa audio-video, recentemente anche mediante riprese multiple di video panoramici/360, che permettono di non restringere l'acquisizione ad una sola e specifica vista, ma permettono di navigare su diversi percorsi di camera.

## ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

### UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

<b>Università, Istituti di ricerca leader globali</b>	
<b>Istituti di ricerca leader nazionali:</b>	- Nel contesto delle tecnologie di digitalizzazione 2D/3D alcuni punti di riferimento sono CNR-IFAC (Marcello Picollo), CNR-ISTI (Paolo Cignoni), CNR-IMATI (Michela Spagnuolo), Politecnico di Milano (Gabriele Guidi), FBK (Fabio Remondino), Università degli Studi di Bari Aldo Moro - Laboratorio Digitale Multimediale "Patrimoni Sconosciuti"
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	- i progetti di ricerca che hanno avuto come focus lo sviluppo di tecnologie di digitalizzazione sono stati molti, difficile qui citarli tutti. Tra questi alcuni hanno giocato un ruolo pionieristico (Stanford's Digital Michelangelo, EC 3DCOFORM), altri hanno cercato di realizzare campagne organiche di digitalizzazione e relativi repository (EC 3DICONs, <a href="https://albert.ias.edu">https://albert.ias.edu</a> , Digital Epigraphy Project, Zamani Project) mentre altri hanno incentrato il focus su specifiche modalità di uso degli oggetti digitalizzati, tra cui annotazione (National Library of Wales), analisi (EC GRAVITATE), o documentazione del restauro (Restauro Fontana Nettuno).
<b>Distretti</b>	- <b>Distretto di Alta Tecnologia per l'Innovazione nel settore dei Beni Culturali (DTCB)</b> capofila Università di Palermo. <b>Progetto Neptis (PON03PE 214_3)</b> – partner <i>Engineering Ingegneria Informatica Spa</i> , Università di Palermo, Università di Catania, CNR, <i>Pitecnobio, Ids &amp; Unitem Srl</i> : sviluppo di un prototipo di sistema integrato finalizzato alla creazione di servizi e applicazioni di supporto alla fruizione di percorsi, siti e beni culturali mediante l'utilizzo di tecnologie ICT avanzate

## IMPRESE (GRANDI IMPRESE INTERNAZIONALI, NAZIONALI, PMI)

<b>Attori principali delle imprese (grandi imprese internazionali, nazionali, PMI)</b>	
<b>Leader globali e leader nazionali:</b>	- Metis, Automazione e Microfilm, Autodesk, FARO, LEICA, RIEGL, Aicon 3D, Agisoft, Photomodeler, Sketchfab, ETT Solutions, SPACE, GAP, Bucap, Copat
<b>Start-up:</b>	- sono presenti sul territorio nazionale un buon numero di startup, in stragrande maggioranza piccole ditte che offrono servizi di digitalizzazione (usando sistemi commerciali o free) piuttosto che ditte che offrono strumenti tecnologici proprietari.
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	- numerose ditte sul tema della digitalizzazione di documenti; alcune attive sui temi della digitalizzazione in 2D del CH e della diagnostica (Centrica, ArtTest); poche realizzazioni riguardanti la scansione 3D da parte di ditte private anche a causa degli scarsi finanziamenti delle istituzioni italiane (azioni di digitalizzazione 3D realizzate, tra gli altri, da Menci Software, UnoCAD, Leica, Breukmann).

## ISTITUZIONI PUBBLICHE

Ad oggi le attività messe in campo dalle istituzioni pubbliche sono state poche e limitate. Uno dei pochi esempi positivi è stato il bando per la digitalizzazione 3D di alcune zone di Pompei emesso nel contesto del progetto Grande Pompei. I musei italiani, contrariamente ad alcune istituzioni estere, hanno finanziato solo azioni di digitalizzazione sporadiche e limitate in estensione. In caso di eventi catastrofici difficilmente in Italia abbiamo la ventura di trovarci in situazioni simili a quelle della Cattedrale di Notre Dame (esistenza di un accurato rilievo 3D dello stato dei sottotetti e delle strutture murarie, effettuato prima dell'incendio ed ora nelle disponibilità del gruppo di lavoro attivato dopo l'incendio).

## PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

Ad oggi un ruolo importante è stato quello giocato da progetti di ricerca EC o nazionali (PON), i cui finanziamenti hanno reso possibile la realizzazione di un buon numero di progetti di digitalizzazione (spesso realizzati da istituzioni di ricerca), limitati però nell'estensione (poche opere scelte).

## PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Il trasferimento tecnologico si attua principalmente per brevettazione (soprattutto nei settori dello sviluppo di HW specifico per scansione 2D/3D, processo ad oggi prettamente guidato dal settore industriale). Nel caso invece del SW, le soluzioni open source (ad es. *MeshLab*, *CloudCompare*) giocano un ruolo importante come terreno di test e validazione di nuove soluzioni e metodologie, successivamente re-implementate dall'industria in modo proprietario, come ad es. i sistemi per il riconoscimento digitale di contenuti antichi manoscritti e a stampa (basso impatto in questo settore delle metodologie di protezione della proprietà intellettuale/brevettazione).

## ANALISI SWOT (STRENGTHS, WEAKNESSES, OPPORTUNITIES, THREATS) DELL'AMBITO DI RICERCA E APPLICAZIONE IN ITALIA

<b>Punti di forza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologie di digitalizzazione sufficientemente consolidate</li> <li>- Molte sperimentazioni, assodata conoscenza e validazione delle tecnologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riduzione del costo (strumenti, azioni)</li> </ul>
<b>Punti di debolezza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mancanza di strumenti di gestione condivisi (data repository)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enormità del <i>corpus</i> di potenziali azioni di digitalizzazione (costi per creare collezioni, ma soprattutto per mantenerle nel tempo)</li> </ul>
<b>Opportunità</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Settore in cui il settore nazionale ha notevoli competenze e leadership tecnologica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilità di dati digitali (open data) è un fattore moltiplicatore per svariati settori applicativi</li> </ul>
<b>Minacce</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mancanza di una committenza istituzionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concorrenza di contesti nazionali più solidi (Francia, Germania)</li> </ul>

### 1.3. BASIC PLATFORM FOR HERITAGE DATA

Un crescente numero di studi a livello Comunitario ha formato la convinzione collettiva che il patrimonio artistico e culturale sia un asset strategico Europeo. Tali considerazioni hanno alimentato un processo di innovazione che ha coinvolto la maggior parte delle istituzioni culturali ed in cui l'ICT ha giocato un ruolo strategico. Oggi una parte significativa degli enti culturali e dei siti storici hanno iniziato la digitalizzazione di parte delle proprie risorse, in alcuni casi rendendole accessibili sul web; altre esperienze hanno unito tecnologie mobili e di realtà aumentata e/o virtuale (AR/VR) per assistere il visitatore durante la visita; infine, i principali social network sono spesso impiegati per la condivisione della conoscenza.

Nell'ambito di questo scenario, un ruolo fondamentale e strategico è giocato dalle piattaforme digitali per l'erogazione di contenuti e servizi in grado di costruire spazi culturali in cui la dimensione fisica venga ad integrarsi, anche in maniera diacronica, con quella digitale.

La piattaforma ideale dovrebbe avere la capacità di porre il visitatore (reale o virtuale) e le opere al centro di tale meta-spazio in cui è possibile favorire la conoscenza, la fruizione e la partecipazione da parte di diverse tipologie di utenti e da istituzioni culturali. A partire da questo approccio, una piattaforma di questo tipo può massimizzare le ricadute sociali ed economiche legate alla valorizzazione del patrimonio culturale, definito nella sua più ampia accezione. Il patrimonio culturale, in questo modo, diventa un potente aggregatore sociale e il visitatore è coinvolto nel proprio processo di conoscenza, che controlla direttamente e continua a sviluppare incrementalmente grazie alla molteplicità di siti ed enti interconnessi.

Una piattaforma di questo tipo, inoltre, può espandere e approfondire le relazioni semantiche presenti nei dati attraverso l'adozione di motori inferenziali basati su approcci ontologici e tecniche di *machine learning*. Un approccio di questo tipo è coerente con le linee strategiche sviluppate dal MIBAC, che da tempo pone enfasi sulla necessità di integrazione tra lo spazio fisico e il corrispondente spazio digitale di ogni contenitore di artefatti artistici, superando il concetto di piattaforme digitali che favoriscono unicamente una navigazione passiva dei soli contenuti culturali.

Una tale piattaforma deve essere aperta ai player presenti sul mercato e permettere lo sviluppo di un'economia basata su PMI specializzate nell'offerta di servizi culturali legati al patrimonio del proprio territorio (associazioni, guide, editoria culturale), favorendo nel contempo lo sviluppo di nuovi servizi da terze parti e per portare l'innovazione ICT presso tutte le istituzioni, anche quelle minori che fino ad oggi sono state spesso escluse dal processo di digitalizzazione.

Per raggiungere, quindi, una possibile definizione di piattaforma per i beni culturali bisogna far tesoro degli errori finora commessi che hanno portato ad uno scenario digitale altamente frammentato e disomogeneo. La maggior parte delle istituzioni culturali ha seguito un percorso autonomo di innovazione digitale. Tale frammentazione porta con sé numerosi problemi capaci ciascuno di annullare i potenziali benefici:

- i visitatori sono scoraggiati dall'enorme quantità di piattaforme digitali da adottare e/o gestire;
- i costi aggregati sono altissimi e crescono col crescere del numero di istituzioni;
- tutti i servizi di carattere sovra-istituzionale o sovra-territoriale sono impediti in quanto i diversi sistemi non sono integrati e/o interoperabili.

A partire dalle considerazioni precedentemente esposte, si può provare a introdurre alcune ulteriori caratteristiche funzionali di dettaglio che una piattaforma per i Beni Culturali deve garantire.

In primo luogo, tale Piattaforma deve essere caratterizzata dall'adozione di un modello dei dati unificante per descrivere il patrimonio culturale (cfr. sotto-traiettoria 1.1): obiettivo è quello di dare forma e struttura omogenea e coerente all'enorme quantità e varietà di dati che riguardano ciascuna risorsa culturale con lo scopo di perseguire apertura, integrazione, scalabilità e flessibilità nella fornitura di servizi culturali attraverso l'impiego di tecnologie altamente scalabili (ad es. mediante *Cloud Computing*) e in grado di proporre una segmentazione personalizzata in base alle preferenze dell'utente e in relazione al contesto in cui egli si muove. Questo risultato potrebbe essere ottenuto sfruttando l'infinita rete di complesse relazioni logiche che legano le singole opere, anche in logica sovra-istituzionale.

Conseguentemente, la piattaforma deve prevedere la presenza di un *Overlay Semantico* in grado di gestire open data e *Linked open data*: un repository in grado di dar vita ad una base di conoscenza basata su tecnologie semantiche e in grado di assicurare interoperabilità esponendo i contenuti come *linked open data*. Questo permetterà la navigazione tra contenuti anche eterogenei, dando modo agli utenti di costruire specifici percorsi tematici che siano indipendenti dalla collocazione fisica delle opere di riferimento.

Altresì, sono necessari servizi per l'Editing collaborativo di informazioni sui beni culturali: gli utenti della piattaforma devono avere la possibilità di partecipare all'ampliamento della base di conoscenza, contribuendo con ulteriori contenuti ed informazioni raccolti durante l'analisi dei dati o durante sessioni di uso finalizzate alla realizzazione di specifiche esperienze o produzioni. In tal modo, si può favorire la formazione di *community* tematiche che contribuiranno alla costruzione di *overlay* semantiche e quindi alla generazione di nuovi contenuti, interconnessioni e percorsi tematici.

Riassumendo, si può delineare l'architettura funzionale della piattaforma proposta nel seguente modo:

- *Generazione dati e contenuti culturali.*

Partendo da informazioni e contenuti conformi agli standard internazionali di

documentazione e archiviazione è necessario sviluppare modelli di esplorazione dei contenuti culturali che offrano una fruizione intuitiva, partecipata inclusiva e modulare.

- *Gestione del repository dei dati eterogenei.*

L'architettura del repository deve essere organizzata in modo da consentire la gestione di dati eterogenei. Tra i contenuti da generare e gestire, un ruolo importante sarà associato a tutte le tipologie di dati multimediali (audio/video), tra cui i contenuti 3D e le ambientazioni in Realtà Virtuale.

- *Gestione strutturata dei contenuti relativi alle opere.*

I contenuti relativi ad un'opera saranno collegati ad un "gemello digitale" (o asset digitale) della stessa, ovvero un oggetto astratto che ne rappresenta la controparte digitale, e gestiti nel repository.

- *Costruzione di Linked data e overlay semantico delle risorse culturali.*

La fruizione è arricchita da collegamenti semantici sfruttando la disponibilità di ontologie e standard open source per una maggiore facilità e trasversalità di utilizzo.

- *Gestione delle funzionalità di annotazione ed arricchimento semantico.*

Un componente essenziale della piattaforma dovrà supportare l'editing sia interattivo/manuale che semi-automatico della conoscenza (creazione assistita di annotazioni e link semantici, così come uso di tecnologie AI per la generazione automatica delle stesse).

- *Conservazione e preservazione delle risorse digitali.*

Fondamentale risulteranno funzionalità di validazione e controllo dell'intero ciclo di vita delle risorse digitali in tutte le loro componenti e la possibilità di valutarne la capacità di resilienza nelle trasformazioni da risorse di utilizzo e fruizione a risorse culturali e fonti storiche.

In ambito architetture e piattaforme *software*, le tendenze attuali prevedono due approcci principali:

- architetture *data-oriented*, in cui i dati sono elementi principali della piattaforma, che si configura come un grande *data lake* (o *data space*, in alcune accezioni) e le applicazioni che ad esso si appoggiano hanno in carico l'onere di omogeneizzare, trasformare e *make sense of data*;
- architetture *service-based* (e recenti evoluzioni a micro-servizi), in cui gli elementi principali della piattaforma sono moduli computazionali ben

incapsulati, che inglobano dati e le funzionalità che ad essi accedono, e la costruzione delle applicazioni sovrastanti consiste prevalentemente nell'orchestrazione di tali servizi al fine di raggiungere un predeterminato obiettivo, spesso secondo un ben preciso *workflow*.

Anche in ambito *Heritage Data*, entrambi gli approcci sono potenzialmente utilizzabili, ed una piattaforma di base dovrebbe prevedere entrambi. In tutti i casi in cui il dato può essere chiaramente separato dallo strato applicativo sovrastante, un approccio data oriented mette a disposizione i dati in modo che applicazioni e funzioni analitiche possano essere sviluppati; quando invece i dati non sono modularizzabili rispetto alla computazione (ad es., rendering complessi, applicazioni monolitiche preesistenti, ecc.) allora l'unico approccio possibile è quello che vede l'incapsulamento in servizi.

Una piattaforma di base deve offrire funzionalità per supportare entrambi gli approcci, ovvero:

- moduli di *ingestion* ed arricchimento semantico dei dati;
- moduli per l'*analytics* dei dati, incluso il *querying* and il *searching*;
- moduli per la visualizzazione dei dati;
- moduli per l'integrazione di servizi, incluso il *discovery* dei servizi;
- moduli per l'*enactment* di servizi;
- moduli per la composizione di servizi.

## ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

### UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

<b>Università, Istituti di ricerca leader globali</b>	
<b>Istituti di ricerca leader nazionali:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro eccellenza del DTC Lazio (Sapienza - DIAG, CNR - Presutti).</li> <li>- DATABENC - Distretto ad Alta Tecnologia per i Beni Culturali della Regione Campania (Università di Salerno, Università di Napoli "Federico II", Università Parthenope, Università Suor Orsola Benincasa, CNR, circa 60 Imprese).</li> <li>- Consiglio Nazionale delle Ricerche, con gli istituti ISTI, ISTC, ITPC, ...</li> </ul>
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Numerosi progetti, sia finanziati da EC che da istituzioni nazionali, hanno riguardato la creazione di repository di dati multimediali, ad esempio focalizzando sulle immagini 2D (EC Eagle) o sui modelli 3D (EC Aim@Shape, EC 3DICONs).</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il progetto EcoDigit ha sviluppato strumenti orientati alla fruizione e valorizzazione, inclusivi di gestione dati di base e conseguente repository.</li> <li>- Il progetto SNECS ha realizzato un repository di Schede di Catalogazione del Patrimonio Culturale aderenti allo standard ICCD 3.0 e relativi ambienti di consultazione (Atlante delle Conoscenze. Estensione dello Standard ICCD).</li> <li>- Il progetto CHIS ha realizzato un prototipo di piattaforma per l'erogazione di servizi per la conoscenza, tutela, valorizzazione, fruizione sostenibile.</li> <li>- Il Progetto PON VASARI finanziato nel 2018 per il triennio 2018-2020, ha l'obiettivo di creare una piattaforma digitale unificante ed integrata di dati e servizi per la valorizzazione, fruizione e gestione del patrimonio artistico su una base sovra-museale. Il visitatore è al centro di uno spazio fisico/digitale la cui integrazione è assicurata dalla infrastruttura di sistema e di connettività in rete.</li> </ul>
--	---

## IMPRESE

<b>Grandi imprese internazionali, nazionali, PMI</b>	
<b>Leader globali e leader nazionali:</b>	- ETT Solutions, Santer Reply
<b>Start-up:</b>	- sono presenti sul territorio nazionale un buon numero di startup, in stragrande maggioranza piccole ditte che offrono servizi di digitalizzazione (usando sistemi commerciali o free) piuttosto che ditte che offrono strumenti tecnologici proprietari.
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	- numerose ditte sul tema della digitalizzazione di documenti; alcune attive sui temi della digitalizzazione in 2D del CH e della diagnostica (Centrica, ArtTest); poche realizzazioni riguardanti la scansione 3D da parte di ditte private anche a causa degli scarsi finanziamenti delle istituzioni italiane (azioni di digitalizzazione 3D realizzate, tra gli altri, da Menci Software, UnoCAD, Leica, Breukmann).

## ISTITUZIONI PUBBLICHE

Ad oggi le attività messe in campo dalle istituzioni pubbliche sono state poche e limitate. Gli istituti afferenti al MIBAC hanno garantito una funzione di coordinamento, supporto metodologico e definizione di politiche di

standardizzazione, e possono certamente giocare un ruolo di supporto in fase di realizzazione di una piattaforma. Lo sviluppo di una piattaforma quale quella qui descritta, infatti, dovrebbe vedere una collaborazione sinergica tra enti di tutela e gestione (MIBAC), il mondo accademico/EPR e, possibilmente, il settore delle imprese.

#### ALTRI PORTATORI DI INTERESSE

Distretti Turistici, enti di promozione

#### PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

Ad oggi un ruolo importante è stato quello giocato da progetti di ricerca ERC o nazionali (PON e POR), i cui finanziamenti hanno reso possibile la realizzazione di limitati progetti di digitalizzazione e gestione dei dati prodotti (spesso realizzati da istituzioni di ricerca).

#### PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Organizzabile mediante lo sviluppo di soluzioni open source da sperimentare e poi trasferire presso la comunità di riferimento.

#### ANALISI SWOT (STRENGTHS, WEAKNESSES, OPPORTUNITIES, THREATS) DELL'AMBITO DI RICERCA E APPLICAZIONE IN ITALIA

<b>Punti di forza</b>	- Tecnologie di base abbastanza mature	- Alcune sperimentazioni, soprattutto in ambito ricerca, hanno dimostrato la fattibilità di entrambi gli approcci di base
<b>Punti di debolezza</b>	- Mancanza di metodologie consolidate - Necessità di <i>governance</i> centralizzata	- Difficoltà nell'applicare gli approcci su larga scala su casi reali, in quanto richiesta una <i>learning curve</i> piuttosto complessa
<b>Opportunità</b>	- Il settore nazionale, soprattutto in ambito ricerca, ha notevoli competenze e leadership tecnologica/metodologica	- Approccio che può essere ripetuto in altri contesti, anche molto distanti da quello dei beni culturali

<b>Minacce</b>	- Mancanza di committenza istituzionale	- Scarso interesse industriale, in quanto inerentemente anti lock-in (cosa invece preferita dagli attori industriali)
----------------	---	---

#### 1.4. TOOLS FOR HERITAGE APPLICATIONS

Questa sotto-traiettoria riguarda una serie di possibili strumenti evoluti per il Digital Cultural Heritage, ossia sistemi (usualmente interattivi) che si appoggiano alle funzionalità di base descritte nella sotto-traiettoria 1.3 e realizzano strumenti verticali per specifiche comunità disciplinari o di utenti.

Esempi di alcuni possibili strumenti sono i seguenti:

- Strumenti per la gestione di dati archeologici (ad esempio per la gestione unificata dei dati provenienti da scavi archeologici, sia visuali che testuali, e della relativa documentazione).
- Strumenti di supporto per lo studio e l'analisi dell'opera d'arte (per supportare azioni di analisi visiva e/o metrica sulle rappresentazioni digitali, annotazione, confronto di forma, supporto al lavoro cooperativo, etc.).
- Strumenti per l'integrazione, l'archiviazione e la consultazione della documentazione di azioni di restauro (gestione strutturata della grande mole di dati e documenti prodotta nel contesto di una azione di restauro di un bene mobile o immobile, possibilmente geo-localizzando i *token* informativi sul clone digitale del bene).
- Strumenti per l'interrogazione delle informazioni di contenuto delle risorse digitali e l'interazione diretta tra utenti e risorse, intendendo sistemi di riconoscimento digitale avanzati funzionali alla consultazione e la fruizione interattiva delle collezioni digitali di risorse antiche, con particolare riferimento alle *digital libraries* di contenuto testuale manoscritto, a stampa o di altra tipologia (a es., iscrizioni su supporti epigrafici, legende numismatiche, rappresentazioni pittoriche vascolari, etc.).
- Strumenti per il recupero delle informazioni tramite interrogazione diretta dei metadati, con riferimento soprattutto al possibile utilizzo di ontologie concettuali per la strutturazione di standard di metadati che rispondano a requisiti di accessibilità sul modello *FAIR* con implementazione *R4*.
- Strumenti per la conservazione di lungo termine dei dati digitali (LTDP), intendendo protocolli di metadati che rappresentino anche il processo di vita delle risorse digitali nelle loro variabili diacroniche, di modo da risultare fonti tramite cui poter attingere dati utili alla conoscenza dei processi di creazione di entità sia digitalizzate che native digitali.

- Strumenti per la divulgazione del patrimonio culturale, intendendo sia piattaforme ove i dati sono rappresentati e organizzati in modo da essere direttamente disponibili per società, enti pubblici, ecc. nelle loro attività di promozione e divulgazione commerciale, sia piattaforme che supportano in modo diretto funzionalità orientate alla realizzazione di contenuti per la fruizione e/o la spettacolarizzazione della visita reale o virtuale (quest'ultimo tema sarà un *focus* primario delle Traiettorie 2 e 3).
- Strumenti per l'analisi dati e profili culturali. Partendo dalla rete di interazioni fra visitatori e opere, si devono fornire *tool* che applichino tecniche di *data mining* e *learning* per estrarre il profilo culturale del visitatore declinato secondo i suoi interessi culturali e anche in base ad altre variabili come, ad esempio, la presenza di limitazioni funzionali.

La progettazione di piattaforme o strumenti verticali di questo tipo è azione notevolmente complessa sia dal punto di vista metodologico che implementativo. Tutti questi settori hanno necessità di gestire molteplici tipologie di dati multimediali grezzi, che vanno visualizzati e possibilmente gestiti in modo integrato e incrociato; il web è divenuto il contesto di lavoro per le attività di collaborazione e sharing dei dati; le funzionalità richieste non si limitano alla presentazione visiva dei dati, ma richiedono strumenti di analisi, confronto (forma, materiali, decorazioni), arricchimento semantico, annotazione, etc. Infine, le moderne tecnologie di *Artificial Intelligence* e *Machine Learning* aprono interessanti prospettive per la realizzazione di moduli di analisi o caratterizzazione dei dati grezzi che permetterebbero di ridurre significativamente l'*effort* umano di analisi e caratterizzazione.

Ad oggi questa tematica è stata oggetto di numerose esperienze progettuali, sia a livello nazionale che internazionale, alcune delle quali hanno anche prodotto brevetti (alcune di queste esperienze sono citate nella sotto-sezione sui progetti di ricerca di riferimento). Queste azioni però sono state quasi sempre limitate nel tempo, con un arco di vita che spesso non è andato significativamente al di là della data di chiusura del singolo progetto. A livello nazionale sono state sviluppate solo alcune esperienze, nessuna delle quali può dirsi veramente consolidata e costituente uno standard di fatto/mercato.

Analizziamo qui a titolo esplicativo (a fini di brevità descrittiva) solo due dei suddetti strumenti verticali.

### **Strumenti per la documentazione del restauro**

La documentazione del restauro è un contesto ben esemplificativo della complessità di un sistema informatico di gestione dei dati e della conoscenza. Un progetto di restauro produce una notevole mole di dati, sia di tipo archivistico/storico (relazioni testuali o grafiche sulla storia di conservazione dell'opera, immagini fotografiche storiche), una serie di relazioni ed elaborazioni grafiche (mappe di documentazione dello stato di degrado), i risultati di molteplici analisi diagnostiche (caratterizzazione

dei materiali, immagini multispettrali, TAC o radiografie, etc), immagini o modelli 3D che documentano lo stato progressivo di trattamento, etc. Tali dati devono essere archiviati in modo da garantire una semplice geo-localizzazione delle fonti ed una loro facile sovrapposibilità o integrazione.

Una importante esperienza è stata sviluppata dal MIBAC con la progettazione e sviluppo di un sistema di gestione della documentazione di restauro, denominato *SiCAR*; il sistema, progettato dalla *Sopr.* di Pisa e realizzato da una SME italiana, *LiberoLogico*, è stato successivamente adottato dal MIBAC. *SiCAR* ha costituito il primo sistema che permettesse di mappare la documentazione esistente sullo spazio bidimensionale di descrizione dell'opera, mediante una interfaccia web ed un approccio GIS.

Una successiva esperienza, sviluppata da *MIBAC-ISCR*, *UniBo* e *CNR-ISTI*, ha recentemente mostrato come grandi moli di dati (sia la rappresentazione 3D del bene in corso di restauro che la grande mole di dati diagnostici e documentali prodotti) possano essere gestiti in modo estremamente semplice da un sistema ad hoc progettato seguendo le specifiche dell'utenza (restauratori *MIBAC-ISCR*) ed operante via interfaccia web (Restauro Fontana del Nettuno).

### **Strumenti per la fruizione**

Gran parte di queste azioni di sviluppo tecnologico per il *CH*, finanziate da progetti *MIUR PON* o *EC*, hanno scelto di focalizzarsi sul supporto delle attività di fruizione. Gran parte di queste azioni sono state progettate e sviluppate da partner di provenienza accademica, in qualche caso con l'ausilio di piccole SME o *spin-off*.

Anche il settore della fruizione è paradigmatico della complessità descrittiva e implementativa di un sistema verticale di supporto al *CH*. Anche in questo caso, si deve partire da una rappresentazione della conoscenza molto parcellizzata, dispersa e molto differenziata in termini di tipologie di media. Il supporto richiesto è quello di garantire la facile realizzabilità di esperienze interattive volte alla conoscenza ed al divertimento, che permettano di raccordare molteplici elementi base (testi e contenuti multimediali) al fine di raccontare la storia (*storytelling*) della singola opera ed inquadrare la singola opera come attore di un particolare contesto storico-culturale.

Un sistema per la fruizione dovrà dare supporto a varie modalità di gestione dell'interazione utente-opera, coprendo ove possibile l'intero spettro (dalle più semplici installazioni basate su interfacce *touch* ed un intenso uso degli strumenti di comunicazione visiva, alle più sofisticate realizzazioni che usano strumenti di rilevamento dell'utente ed interfacce *gesture* o che adottano tecnologie *Virtual Reality - VR* o *Augmented Reality - AR* per strutturare l'interazione e la comunicazione con l'utente). Questi strumenti possono essere visti come risorse per una spettacolarizzazione della visita, fornendo servizi per la realizzazione di esperienze emozionali sfruttando in modo contestualizzato tutte le tecnologie disponibili per la spettacolarizzazione, tra cui la realtà virtuale e aumentata applicata ad opere o siti museali, architettonici, archeologici in epoche diverse e, in tempi più recenti, a beni

biblioteconomici e archivistici.

Un tema noto è la necessità di profilare l'utenza (al fine di proporre contenuti cablati su specifiche categorie di utenza), come anche di mantenere traccia delle interazioni visitatore-opera, per misurare e comprendere le abitudini culturali dei cittadini, e interpretando i dati raccolti da sensori, per ottenere informazioni di contesto e ambientali. Ancora, appare indispensabile la disponibilità di servizi di *data analytic* su utenti e opere: la base di conoscenza con le infinite relazioni tra le diverse entità dell'ecosistema culturale (opere, visitatori, siti, ecc.) deve consentire la profilazione dinamica di opere e visitatori e il loro raggruppamento, ad esempio mediante *clustering* e *community detection*, in enti/siti virtuali tematici e in comunità latenti. Inoltre, l'analisi temporale potrebbe permettere l'individuazione di tendenze per predire comportamenti possibili dell'utenza. Le interazioni visitatore-artefatto potranno essere catturate attraverso il supporto di dispositivi di *sensing* (es. di prossimità) o di azioni esplicite del visitatore (es. foto, *tagging*, *review*) e proiettate nello spazio virtuale al fine di costruire un ecosistema digitale da analizzare. La raccolta di tale varietà di dati, a volte sensibili, rende necessario introdurre adeguate soluzioni per salvaguardare la *privacy*.

Una piattaforma per la fruizione deve prevedere servizi di ausilio alla visita o alla conoscenza in ottica multi-sito. Essa deve garantire la possibilità di utilizzare una sola applicazione per supporto alla visita per tutti i siti e/o enti che si desidera visitare, in netto contrasto con la realtà attuale in cui ogni istituzione propone la propria soluzione autonoma e chiusa. Questa soluzione non solo è comoda per l'utente, ma è soprattutto un incentivo a muoversi in modo intelligente sul territorio per scoprire anche i siti meno noti o minori (tenendo presente che oggi oltre un terzo dei visitatori è concentrato su meno dell'1% degli enti culturali nazionali - ISTAT 2015), seguendo itinerari turistici tematici costruiti su un meta-MAB virtuale composto di asset digitali associati ad opere reali distribuite sul territorio nazionale. In tal modo, l'uso della piattaforma consentirebbe alle istituzioni culturali di mantenere la governance dei propri asset e dei relativi dati descrittivi e, allo stesso tempo, ai visitatori di poter utilizzare un unico strumento da consultare per l'accesso ai contenuti digitalizzati.

Dalle necessità precedentemente descritte, deriva l'importanza della possibilità di integrare in modo semplice i dati provenienti dal contesto nel quale è immerso il patrimonio culturale attraverso l'utilizzo di opportuni sensori. Questo strato di *sensing* è la cerniera fra lo spazio fisico (opere od edifici storici) e la loro rappresentazione digitale, oltre a consentire la realizzazione di specifici servizi (ad esempio, la gestione degli accessi agli spazi museali, o la visita contestuale), è anche sorgente di dati di localizzazione che consentono una più precisa e ricca comprensione delle abitudini dei visitatori.

Infine, un tema collaterale ma di non secondaria importanza è la gestione della sicurezza in siti ed enti, tra cui strumenti per monitorare e controllare i flussi di turisti su siti culturali per evitare l'accumulo di visitatori agli ingressi, migliorare la sicurezza degli spazi, gestire l'evacuazione in caso di emergenze.

Un elemento di freno alla realizzazione di azioni di fruizione digitale, che sempre più

accoppiano le installazioni presenti on site con analoghe risorse pubblicate su *web*, è il timore che la costruzione di uno spazio digitale di contenuti separato dallo spazio fisico degli artefatti introduca il rischio di penalizzare la visita *on-site* a favore della sola visita *online*. È evidente, al contrario, che il ritorno economico degli investimenti sul patrimonio culturale dipende quasi esclusivamente dalla capacità di consolidare e incrementare i flussi turistici legati alla visita *on-site*. Ma è anche sempre più chiaro che la disponibilità di contenuti descrittivi su web non riduce ma amplifica le potenzialità degli enti culturali o delle destinazioni turistiche a valenza culturale. Non è da trascurare, inoltre, che i luoghi di valorizzazione del patrimonio culturale (siano essi centri storici, musei, parchi archeologici o quant'altro) devono essere ambienti in grado di favorire l'aggregazione sociale e l'interazione diretta con il contesto più che luoghi di statica e passiva fruizione di opere e che gli strumenti per trasformare l'artefatto culturale in aggregatore sociale e per incentivare la partecipazione attiva devono essere integrati in un'unica piattaforma digitale.

## ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

### UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

<b>Università, Istituti di ricerca leader globali</b>	
<b>Istituti di ricerca leader nazionali:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- il CNR ha una solida esperienza in questo settore, con numerose realizzazioni di alcuni suoi istituti (ITABC, ISTI, IMATI, IBAM); esperienze significative sono state realizzate in ambito accademico (UniBo, UniSOB, UniSalerno) ed industriale, anche attraverso l'azione di Consorzi quali il Distretto ad Alta Tecnologia per i Beni Culturali della Regione Campania (DATABENC).</li> </ul>
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supporto allo studio, tra cui funzionalità di analisi comparata di forma e riassetto virtuale, ad es. gli strumenti sviluppati nel contesto del progetto EC GRAVITATE.</li> <li>- Documentazione del restauro (SiCAR, Restauro Fontana Nettuno)</li> <li>- Fruizione museale: in questo settore, accanto a proposte accademiche/EPR, si sono sviluppate anche molte esperienze industriali, tramite sia imprese di media/grande dimensione (ad es. Engineering spa) che PMI (ETT Solutions, Centrica, etc.) [si rimanda alle schede delle piattaforme 6 e 7].</li> <li>- Sistemi avanzati di riconoscimento intelligente (ICR): un esempio è il recentissimo progetto SMARTER, presentato dall'Università di Bari Aldo Moro e finanziato dal MIUR nel bando PON Proof of Concept, finalizzato alla ricerca su sistemi intelligenti per la sostenibilità della digitalizzazione del patrimonio culturale e la dematerializzazione delle pubbliche amministrazioni.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valorizzazione dei Centri Storici: un esempio è il progetto PON SNECS – DATABENC</li> <li>- Valorizzazione dei Parchi Archeologici, tra questi i progetti MISE SIBILLA, POR CAMPANIA PAUN).</li> </ul>
--	---

## IMPRESE

<b>Grandi imprese internazionali, nazionali, PMI</b>	
<b>Leader globali e leader nazionali:</b>	- Engineering spa, ETT Solutions, Centrica, IBM, etc.

## ISTITUZIONI PUBBLICHE

Ad oggi le attività messe in campo dalle istituzioni pubbliche sono state poche e limitate. La maggior parte delle esperienze realizzate si è incentrata sulle tematiche della fruizione museale.

## PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

Ad oggi un ruolo importante è stato quello giocato da progetti di ricerca EC o nazionali (PON), i cui finanziamenti hanno reso possibile la realizzazione di limitati progetti di digitalizzazione (spesso realizzati da istituzioni di ricerca).

## PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Il processo di trasferimento è notevolmente complesso, sia per l'obiettivo complessità realizzativa degli strumenti verticali descritti, che per il ridotto peso economico dei settori di riferimento (Scienze Umane, Archeologia) che in genere scoraggiano un coinvolgimento forte di imprese private.

## ANALISI SWOT (*STRENGTHS, WEAKNESSES, OPPORTUNITIES, THREATS*) DELL'AMBITO DI RICERCA E APPLICAZIONE IN ITALIA

<b>Punti di forza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gli <i>effort</i> dedicati alla digitalizzazione risultano di scarso impatto ove le comunità interessate ai beni non abbiano a disposizione degli strumenti di lavoro con i quali possano utilmente usare i dati digitali nel contesto del loro <i>workflow</i> professionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ottima competenza tecnologica presente a livello nazionale (tecnologie dell'interazione, della visualizzazione, <i>storytelling</i>)</li> </ul>
<b>Punti di debolezza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ridotta presenza di azioni specifiche delle istituzioni preposte (MIBAC e sugli Istituti).</li> <li>- Mancanza di sufficiente massa critica di buona parte delle imprese di settore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durata limitata della progettualità (ad es. EC), mancanza di strumenti di supporto che possano garantire la manutenzione e/o l'evoluzione dei prototipi sviluppati nel contesto dei progetti di ricerca.</li> </ul>
<b>Opportunità</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il sistema paese vede una presenza altamente qualificata sia di forti comunità disciplinari (restauro, archeologia, ...) che di istituzioni pubbliche orientate allo sviluppo tecnologico (software e non solo).</li> </ul>	
<b>Minacce</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politiche più aggressive messe in campo da altri paesi Europei (Francia, Germania, UK, USA)</li> </ul>	

## 1.5. INTANGIBLE HERITAGE

L'UNESCO, con la *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*, Parigi, 17 ottobre 2003, ha sancito la necessità di preservare il "patrimonio culturale immateriale". La nozione è molto ampia e generalmente include una serie di espressioni e conoscenze che le comunità riconoscono in quanto parte del loro patrimonio culturale. Si tratta di costrutti culturali la cui rilevanza si evince dalla capacità di fornire alle comunità un senso d'identità e di continuità. In particolare, sotto questo ambito si comprendono manifestazioni nei seguenti settori: a) tradizioni ed espressioni orali, ivi compreso il linguaggio, in quanto veicolo del patrimonio culturale immateriale; b) le arti dello spettacolo; c) le consuetudini sociali, gli eventi rituali e festivi; d) le cognizioni e le prassi relative alla natura e all'universo; e)

l'artigianato tradizionale.

La preservazione di questo patrimonio non si basa sulla conservazione di un singolo manufatto, oggetto, luogo, ecc., bensì sulla possibilità di mettere in relazione questi elementi e rappresentare le componenti valoriali in queste relazioni.

Le tecnologie implicate riguardano la descrizione di domini di conoscenza, il web semantico, le ontologie computazionali, *linked data*.

Le tecnologie di documentazione media time-based possono partecipare in quanto manifestazioni del patrimonio immateriale.

Esempi:

- Tecnologie per la documentazione di eventi dal vivo (feste, spettacoli, eventi pubblici).
- Tecnologie per la rappresentazione delle componenti immateriali (valoriali, identitarie, emotive, ecc.) del patrimonio materiale (oggetti, manufatti, libri, ecc.) anche mediante la messa in relazione specifica delle occorrenze.
- Tecnologie per la conservazione il patrimonio enogastronomico inteso non solo come cibo ma come presidio di tradizioni e sapere.
- Tecnologie per il recupero, la valorizzazione, la disseminazione e la conservazione del patrimonio linguistico degli idiomi locali (i dialetti del Sud Italia sono stati inseriti dall'UNESCO tra gli *Endangered Language* a rischio di estinzione).

## ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

### UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

<b>Università, Istituti di ricerca leader globali</b>	
<b>Istituti di ricerca leader nazionali:</b>	- la ricerca in questo campo è condotta prevalentemente da enti e istituti di ricerca pubblici e si manifesta principalmente in opere di saggistica accademica (articoli o volumi) che propongono studi dettagliati su elementi del patrimonio immateriale.
<b>Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati</b>	- non si registra la presenza di specifiche implementazioni commerciali. Attualmente esistono solo nove elementi italiani dichiarati patrimonio intangibile [http://www.unesco.it/it/ItaliaNellUnesco/Detail/189]

## IMPRESE

<b>Grandi imprese internazionali, nazionali, PMI</b>	
<b>Leader globali e leader nazionali:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Imprese nel campo della produzione/distribuzione audiovisiva (piattaforme digitali di entertainment).</li><li>- Imprese di produzione di <i>entertainment</i> digitale (videogame).</li><li>- Imprese di <i>audience engagement</i> per i beni culturali (guide multimediali, musei virtuali).</li></ul>

## ISTITUZIONI PUBBLICHE

- RAI
- Cineteche distribuite sul territorio nazionale.
- I Centri studio e Archivi dei Teatri Nazionali in Italia.
- Siti storici
- Musei ed enti di promozione delle tradizioni e del folklore
- Aziende dell'industria alimentare (produzione, trasformazione e distribuzione)

## PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Modellizzazione di domini di conoscenza che possono essere utilizzati (anche in senso modulare) da progetti industriali che riguardano la cultura e l'*entertainment*.

Esempi:

- la modellizzazione della nozione di "personaggio drammatico" può essere utilizzata da un archivio audiovisivo (ad esempio RAI Teche) per aumentare le possibilità di fruizione del proprio patrimonio;
- la rappresentazione degli elementi specifici della cucina piemontese (non come singoli cibi ma in termini di relazione tra i sapori, le tradizioni, ecc.) può essere utilizzata da un'industria manifatturiera;
- la rappresentazione di saperi artigianali locali per sviluppare indotto economico (un esempio di impatto economico del patrimonio intangibile: la seta e il merletto nella Provincia di Como <http://hdl.handle.net/11389/1190>)

ANALISI SWOT (*STRENGTHS, WEAKNESSES, OPPORTUNITIES, THREATS*)  
DELL'AMBITO DI RICERCA E APPLICAZIONE IN ITALIA

<b>Punti di forza</b>	- Il marchio "Italia" è uno dei più diffusi nel mondo soprattutto per i caratteri immateriali ai quali è associato	
<b>Punti di debolezza</b>	- Limitata diffusione di standard per la modellizzazione	- La nozione di patrimonio culturale immateriale è recente e ancora dibattuta
<b>Opportunità</b>	- Messa in valore di elementi culturali non altrimenti rappresentabili - Gli elementi "immateriali" della italianità sono una "merce" richiesta nel mondo (il cibo italiano, l'eleganza italiana, ecc.)	- L'Italia ha una forte differenziazione di patrimonio culturale identitario (si pensi alle culture locali)
<b>Minacce</b>	- Evanescenza della nozione	- Troppa standardizzazione

## ROADMAPPING

### *Temi aperti per attività di ricerca/sviluppo della sotto-traiettoria 1.1:*

- Standard di metadati in formato open per l'interoperabilità delle risorse digitali
- Applicazione dei FAIR Principles ai *data humanities* e ai metadati della ricerca in ambito umanistico;
- Ampliamento dei FAIR Principles con i seguenti criteri: Readability, Relevance, Reliability, Resilience;
- Formati di immagine/3D/video e integrazione di metadati per la gestione e conservazione di Sistemi integrati di risorse digitali culturali di diversa natura e tipologia (Monumenti Digitali Culturali);
- Formati di conservazione delle immagini/3D/video digitali relative al patrimonio culturale: FITS.

### *Temi di ricerca/sviluppo per sotto-traiettoria 1.2:*

- *Software* per *scanner* professionali a tecnologia avanzata per il riconoscimento intelligente (ICR) ed estrazione automatica del testo e per il recupero di informazioni tramite analisi del layout di risorse digitali culturali di contenuto vario (documentale e librario a stampa e manoscritto, epigrafico);
- Tecnologie per la traduzione e comprensione automatica del testo (sia a stampa che manoscritto);
- Metodologie integrate per la gestione di dati multi-sorgente (integrazione di più sorgenti di dati campionati ai fini della produzione di modelli digitali visuali 3D);
- Tecnologie per la gestione efficiente multiplatforma di immagini e video panoramici/360.

### *Temi aperti per attività di ricerca/sviluppo per sotto-traiettoria 1.3:*

- Sviluppo di una piattaforma di base per dati CH;
- Librerie e strumenti di base per la gestione di dati visuali complessi (2D/3D) e per la gestione dell'interazione;
- Strumenti per la visualizzazione integrata di dati visuali di diversa tipologia (2D/3D/dati TAC/etc);
- Ricerca e Sviluppo di ecosistemi digitali integrati per la fruizione interattiva di risorse digitali culturali complesse (Monumenti Culturali Digitali).

*Temi aperti per attività di ricerca/sviluppo per sotto-traiettoria 1.4:*

- Sviluppo di *tool* per la gestione di specifiche applicazioni CH;
- Sviluppo di strumenti per l'annotazione di dati visuali e standard/metodologie per l'interscambio di dati ed annotazioni tra sistemi diversi;
- Data/content preservation, ed in particolare metodologie e strumenti per preservare e riusare modelli e dati visuali;
- Sviluppo di tools e sistemi per il riconoscimento digitale intelligente e tramite *pattern matching*.

*Temi aperti per attività di ricerca/sviluppo per sotto-traiettoria 1.5:*

- Definizione storico teorica del patrimonio culturale immateriale in Italia
- Mappature del patrimonio culturale immateriale in Italia
- Soluzioni e strumenti digitali applicabili per la conservazione del patrimonio culturale immateriale in Italia
- Soluzioni digitali per casi specifici di patrimonio culturale immateriale in Italia
- Sviluppo di un Atlante Digitale Interattivo delle identità culturali immateriali in Italia (linguistiche, enogastronomiche, demo-etnoantropologiche, etc.)

## LETTERATURA SCIENTIFICA DI RIFERIMENTO:

### 1.1

- Daquino, M., Mambelli, F., Peroni, S., Tomasi, F., Vitali, F. (2017). "Enhancing semantic expressivity in the cultural heritage domain: exposing the Zeri Photo Archive as Linked Open Data". *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 10(4), 21.
- Peroni, S., Tomasi, F., Vitali, F. (2012). "Reflecting on the europeana data model". In *Italian Research Conference on Digital Libraries* (pp. 228-240). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ciotti, F., & Tomasi, F. (2016). "Formal ontologies, linked data, and TEI semantics". *Journal of the Text Encoding Initiative*, (9).
- Barbuti, N. (2019). Ripensare i formati, ripensare i metadati: prove "tecniche" di conservazione digitale. *Umanistica Digitale*, 3(5).
- Eide, Ø., Felicetti, A., Ore, C. E., D'Andrea, A., & Holmen, J. (2008). "Encoding cultural heritage information for the semantic web. procedures for data integration through CIDOC-CRM mapping". In *Open Digital Cultural Heritage Systems Conference* (Vol. 25, p. 47).
- Doerr, M., Gradmann, S., Hennicke, S., Isaac, A., Meghini, C., & Van de Sompel, H. (2010). "The Europeana data model (EDM)". In *World Library and Information Congress: 76th IFLA general conference and assembly* (pp. 10-15).
- De Boer, V., Wielemaker, J., Van Gent, J., Hildebrand, M., Isaac, A., Van Ossenbruggen, J., Schreiber, G. (2012). "Supporting linked data production for cultural heritage institutes: the Amsterdam Museum case study". In *Extended Semantic Web Conference* (pp. 733-747). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Serna, S. P., Schmedt, H., Ritz, M., & Stork, A. "Interactive Semantic Enrichment of 3D Cultural Heritage Collections". In *VAST 2012 Conf. Proc., Eurographics* (pp. 33-40).

### 1.2

- S. Tanner, T. Muñoz, P. H. Ros, "Measuring Mass Text Digitization Quality and Usefulness", *D-Lib Magazine*, Volume 15, Number 7/8, July/August 2009, ISSN 1082-9873.
- F. Blais, "Review of 20 years of range sensor development", *J. of Electronic Imaging*, 13(1), 2004.
- G. Earl, G. Beale, K. Martinez, H. Pagi, "Polynomial texture mapping and related imaging technologies for the recording, analysis and presentation of

- archaeological materials”, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(Part 5), 2010.
- M. Mudge, Malzbender, T., Chalmers, A., Scopigno, R., Davis, J., Wang, O., ... & Barbosa, J. “Image-Based Empirical Information Acquisition, Scientific Reliability, and Long-Term Digital Preservation for the Natural Sciences and Cultural Heritage”. *Eurographics 2008 (Tutorials)*, 2(4).
  - M. Callieri, M. Dellepiane, P. Cignoni, R. Scopigno, "Processing sampled 3D data: reconstruction and visualization technologies", Chapter in "Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation", F. Stanco, S. Battiato, G. Gallo (Ed.s), Taylor and Francis, pp. 103--132, 2011
  - P. Cignoni, M. Callieri, M. Corsini, M. Dellepiane, F. Ganovelli, G. Ranzuglia, "MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool", In *Eurographics Italian Chapter Conference*, Scarano V., Chiara R. D., Erra U., (Eds.), The Eurographics Association, pp. 129-136, 2008.

### 1.3

- D. Koller, B. Frischer, G. Humphreys, “Research challenges for digital archives of 3D cultural heritage models”, *J. Comput. Cult. Herit.* 2, 3, Article 7 (January 2010), 17 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1658346.1658347>
- F. Stanco, S. Battiato, G. Gallo (ed.), “Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation: Analysis, Restoration and Reconstruction of Ancient Artworks”, CRC Press, 2011.
- L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano, “A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage”, *Computers & Graphics*, 35(2), 2011, 227-241.
- A. Castiglione, Colace, F., Moscato, V., Palmieri, F. “CHIS: A big data infrastructure to manage digital cultural items”, *Future Generation Computer Systems*, 86, 1134-1145, 2018.
- M. S. Lew, N. Sebe, , C. Djeraba, R. Jain, “Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges”. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 2(1), 2006, 1-19.
- M. Potenziani, M. Callieri, M. Dellepiane, M. Corsini, F. Ponchio, R. Scopigno, "3DHOP: 3D Heritage Online Presenter", *Computer & Graphics*, Volume 52, pp. 129--141, 2015.
- F. Ponchio, M. Potenziani, M. Dellepiane, M. Callieri, R. Scopigno, “The ARIADNE Visual Media Service”, *CAA 2015*, pp. 12, 2015.
- S.P. Serna, Schmedt, H., Ritz, M., Stork, A. “Interactive Semantic Enrichment of 3D Cultural Heritage Collections”. In *VAST 2012 Conf. Proceedings*, Eurographics, pp. 33-40.

#### 1.4

- V.M. Lopez-Menchero, A. Grande, "The principles of the Seville Charter", CIPA Symposium Proceedings, 2011
- V. Lombardo, R. Damiano, "Storytelling on mobile devices for cultural heritage", *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 18:1-2, 11-35, 2012, DOI: 10.1080/13614568.2012.617846
- R. Scopigno, M. Callieri, P. Cignoni, M. Corsini, M. Dellepiane, F. Ponchio, "3D models for cultural heritage: beyond plain visualization", *IEEE Computer*, no.7, pp.48-55, 2011.
- M. Dellepiane, M. Callieri, M. Corsini, R. Scopigno, "Using digital 3D models for study and restoration of Cultural Heritage artifacts", Chapter in "Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation", F. Stanco, S. Battiato, G. Gallo (Ed.s), Taylor and Francis, pp. 39--68, 2011.
- F. I. Apollonio, V. Basilissi, M. Callieri, M. Dellepiane, M. Gaiani, F. Ponchio, F. Rizzo, A. Rubino, R. Scopigno, G. Sobrà, "A 3D-centered information system for the documentation of a complex restoration intervention", *Journal of Cultural Heritage*, Volume 29, pp. 89-99, 2017.
- M. K. Bekele, R. Pierdicca, E. Frontoni, E. Malinverni, J. Gain, "A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage", *J. Comput. Cult. Herit.* 11, 2, Article 7 (March 2018), 36 pages.

#### 1.5

- 2003. Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage Paris, 17 October 2003. <http://www.unesco.org/culture/ich/en/convention>. (October 2003). <http://www.unesco.org/culture/ich/en/convention>.
- Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO, *Il patrimonio immateriale*, <http://www.unesco.it/it/ItaliaNellUnesco/Detail/189>
- T. Scovazzi, B. Ubertazzi, L. Zagato (a cura di), "Il patrimonio culturale intangibile nelle sue diverse dimensioni", Milano, Giuffrè Editore, 2012.
- L. Gasparini, "Il patrimonio culturale immateriale: riflessioni per un rinnovamento della teoria e della pratica dei beni culturali", Vita e Pensiero, 2014
- C. Wulf, "Patrimonio immateriale e educazione interculturale", tr. it. M.Portera, Consorzio Festivalfilosofia, 2015.
- R. Smeets. 2004. "Intangible Cultural Heritage and Its Link to Tangible Cultural and Natural Heritage". In *Okinawa International Forum 2004 UTAKI in Okinawa and Sacred Spaces in Asia: Community Development and Cultural Heritage*, Masako Yamamoto and Mari Fujimoto (Eds.). The Japan Foundation, 137–150.

- V. Lombardo, A. Pizzo, R. Damiano. 2016. "Safeguarding and Accessing Drama as Intangible Cultural Heritage". *J. Comput. Cult. Herit.* 9, 1, Article 5 (February 2016), 26 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/2812814>
- K. Stepputat, W. Kienreich, C. S. Dick. 2019. "Digital Methods in Intangible Cultural Heritage Research: A Case Study in Tango Argentino". *J. Comput. Cult. Herit.* 12, 2, Article 12 (May 2019), 22 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3279951>
- G. Chantas, S. Karavarsamis, S. Nikolopoulos, I. Kompatsiaris. 2018. "A Probabilistic, Ontological Framework for Safeguarding the Intangible Cultural Heritage". *J. Comput. Cult. Herit.* 11, 3, Article 12 (August 2018), 29 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3131610>
- T. Heath and C. Bizer. 2011. "Linked data: Evolving the web into a global data space". *Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology* (2011), 1–136.
- A. Gangemi, V. Presutti. 2009. "*Ontology design patterns. Handbook on Ontologies*" (2009), 221–243.