

TRAIETTORIA 4. TECNOLOGIE PER LA CONOSCENZA DEL PATRIMONIO CULTURALE

GRUPPO DI ESPERTI

Esperti:	Enti:
Prof. Pierluigi Leone de Castris (coordinatore)	Università degli Studi "Suor Orsola Benincasa" di Napoli
Prof. Marcello Balzani	Università degli Studi di Ferrara
Prof. Stefano Campana	Università degli Studi di Siena
Prof. Luca Cerchiai	Università degli Studi di Salerno - Distretto ad Alta Tecnologia per i Beni Culturali S.c.ar.l.
Prof.ssa Cristina Corsi	Università degli Studi di Cassino e del Lazio meridionale
Dr. Claudio Cortese	4Scienze S.r.l.
Prof.ssa Maria Concetta Di Natale	Università degli Studi di Palermo
Prof. Fabio Mangone	Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Prof. Andrea Manzo	Università degli Studi di Napoli "L'Orientale"
Prof.ssa Francesca Martorano	Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria
Prof.ssa Piera Giovanna Tordella	Università degli Studi di Torino

L'area tecnologica che riguarda la 'Conoscenza del Patrimonio Culturale' ha come caratteristica principale l'interdipendenza di ricerca scientifica e tecnologica, il cui obiettivo ultimo è l'ampliamento del sapere. Il processo permette una continua interazione tra i fruitori e i promotori culturali e definisce un legame tra le forme del vivere quotidiano e lo sviluppo di nuove opportunità, supportate e consolidate dagli strumenti forniti dalle *Digital Humanities*.

La ricerca italiana e in parte europea nel settore del patrimonio culturale e ambientale del territorio, entrando in dettaglio, è stata da sempre articolata su un ampio spettro di specializzazioni disciplinari che coprono i differenti ambiti tipologici e cronologici e approcci di studio. La diversificazione delle competenze ha prodotto una qualità molto alta delle informazioni specifiche sui singoli livelli di beni, che viene a costituire un patrimonio insostituibile e immenso che, però, proprio a causa della polverizzazione dei dati raccolti, è utilizzato solo in percentuale modestissima e con difficoltà per la conservazione, la valorizzazione del complesso dei beni del territorio nazionale, la progettazione documentata e compatibile degli interventi.

Negli ultimi trenta anni la ricerca nel settore ha avuto un incremento esponenziale grazie al contributo sempre più cospicuo delle discipline scientifiche specificamente indirizzate (come ad es. la chimica, la fisica, l'informatica, e a discipline "trasversali" (archeozoologia, paleobotanica, antropologia fisica, chimica, economia e legislazione dei Beni Culturali etc.) che nei corsi di laurea in beni culturali di alcune università

fanno ormai parte della formazione di base anche livello di laurea triennale.

Le esperienze e le attività sopra indicate hanno prodotto nel tempo una massa critica di dati imponente ed anche un buon livello delle modalità di classificazione e organizzazione, che però operano e “rispondono” ancora secondo le specifiche scientifiche dei macrosettori di ricerca ed anche dei diversi ambiti disciplinari. I risultati delle ricerche concluse hanno in molti casi un elevato livello di organizzazione e di accesso ad utenze specializzate ma le integrazioni tra i diversi ambiti rimangono per ora sperimentali. L’edizione scientifica dei dati rispetta parametri ancor più restrittivi, nelle modalità e nella diversificazione delle sedi, resi di fatto obbligati dai vincoli rigorosi dei criteri attuali della valutazione scientifica.

Si deve oggettivamente constatare però che i numerosi esempi di eccellenza non riescono ancora ad innescare processi di creazione di valore e divenire fattore di crescita. Nonostante il progressivo avanzamento delle diverse linee di ricerca e l’evidente sviluppo tecnologico, si manifesta l’esigenza di una azione complessiva che porti alla definizione di filiere integrate per i processi di conoscenza, conservazione, valorizzazione e sicurezza dei Beni Culturali.

Da qualche anno sono sempre più numerose le attività sul campo che vengono progettate e realizzate con reale approccio multidisciplinare. In parallelo, alcune tecnologie di tradizione hanno avuto forti incrementi e sviluppi di processo, applicazioni strumentali e specializzazioni notevoli; altre tecnologie (analisi aerorilevate da satellite e da velivoli vari con apparati e sensori diversi, applicazioni con APR, LIDAR, prospezioni geognostiche), anche pochi anni fa di avanguardia o sperimentali nel settore dei beni culturali, hanno raggiunto livelli tecnologici, di affinamento di finalizzazione di analisi, altissimi e di fatto trovano applicazione sistematica in molte ricerche territoriali di qualità elevata.

Attraverso le esperienze di analisi integrate rivolte ai diversi aspetti della conoscenza del patrimonio e del sistema paesaggio si è evidenziata l’esigenza di una evoluzione strumentale e di processo mediante la messa a punti di sistemi di rilevamento che permettano di specializzare e combinare i diversi metodi di analisi e lettura in modo da innalzare la qualità e quantità delle informazioni e al contempo ottimizzare tempi e costi dei singoli interventi. In sostanza una grandissima quantità di metodologie, strumentazioni, processi che hanno trovato sviluppo tecnologico, messa a punto strumentale e applicazioni standardizzate in altre discipline possono e devono trovare impiego corrente, ma opportunamente finalizzato nei diversi ambiti del patrimonio culturale. Solo con l’apporto delle diverse tecnologie di seguito indicate e altre ancora in fase di sviluppo, si potrà elevare in modo sensibile e in tempi rapidi il livello qualitativo e quantitativo delle azioni sul patrimonio nei tre campi prioritari di applicazione: conoscenza, conservazione, valorizzazione. Solo una buona conoscenza globale dei singoli elementi, supportata da analisi e documentazione “scientifica”, permetterà l’incremento o sviluppo della qualità del paesaggio storico e ambientale nelle sue diverse componenti, attraverso interventi di progettazione compatibili basati su dati esaustivi e verificabili.

È evidente che tra attività di ricerca diverse, tutte necessarie per raggiungere un

livello elevato di qualità nei singoli settori, è necessario individuare delle priorità. Nel settore dei Beni culturali è certamente prioritaria la conoscenza. Purtroppo non è solo prioritaria, ma anche urgente, cioè deve essere incrementata con forte impegno umano e tecnologico, finché possibile: come più avanti indicato la percentuale del patrimonio scientificamente conosciuto (talvolta anche semplicemente noto) è assai modesta. Ma proprio perché sconosciuto in buona parte, è esposto a forte rischio e oggetto di continui danni, in qualche caso irreversibili, fino alla obliterazione o, più spesso per il patrimonio archeologico sepolto, a cancellazione totale. Per incrementare con la massima rapidità, finché si è in tempo, la conoscenza è essenziale il supporto di tutte le tecnologie al momento disponibili, in qualche caso con l'apporto di strumentazioni di nuova concezione o di processi che integrino e mettano a sistema le tecnologie esistenti.

I dati acquisiti con varie metodologie e tecniche, con la massima qualità e rapidità possibile, non sono utilizzabili se non organizzati razionalmente in sistemi, repository, banche dati che ne rendano possibile la consultazione, accessibile e dinamica da parte di tutti i possibili operatori pubblici o privati o fruitori a diverso livello del patrimonio ambientale e culturale.

È quindi altrettanto prioritaria l'organizzazione dei dati in un complesso di sistemi, potenti, elastici, facilmente accessibili, con possibilità di interrogazione ed elaborazione dinamica. Sono intuibili le potenzialità della semplice aggregazione dei dati e della diffusione indirizzata ai diversi tipi di utente. Ne risulterà, come effetto immediato, una crescita esponenziale della quantità e qualità dei beni e soprattutto delle potenzialità di valorizzazione, ma anche di una massa critica organizzata a documentata, con altissima integrazione delle competenze, disponibile per ogni tipo di ricerca, ma già in prima istanza per una semplice "utilizzazione" per il miglioramento della pianificazione e gestione corrente del territorio, della qualità della vita, della crescita culturale ed economica, evidentemente connessa al turismo opportunamente sostenuto ed indirizzato.

Sintetizzando, nello specifico settore si identificano gli interventi essenziali:

- Conoscenza del patrimonio nella sostanza e nel dettaglio delle singole evidenze. La conoscenza deve essere analitica e supportata da documentazione oggettiva, obiettiva e facilmente accessibile anche a operatori di settori diversi.
- Individuazione o finalizzazione di processi e strumenti moderni, duttili, completi nella base documentaria, per gestire ed elaborare quantità notevoli di dati, in funzione di una sempre più efficace e rapida azione di tutela e prevenzione, di progettazione compatibile, ove possibile di valorizzazione.
- Integrazione assoluta tra i dati e gli strumenti di ricerca e quelli per la gestione e pianificazione del territorio, la diffusione, la formazione.

DEFINIZIONE SOTTO-TRAIETTORIE

4.1 Sistemi informativi e banche dati per la conoscenza del patrimonio culturale nazionale (per i quali si vedano anche le sottotraiettorie 1.1 e 1.2);

4.2 Tecnologie per l'individuazione e la documentazione del patrimonio;

4.3 Cultural Landscape, Heritage and Community.

4.1. SISTEMI INFORMATIVI E BANCHE DATI PER LA CONOSCENZA DEL PATRIMONIO CULTURALE NAZIONALE

I dati raccolti, spesso in maniera eterogenea, per essere utilizzabili devono essere messi a sistema secondo criteri rigorosi, condivisi e finalizzati per le diverse utenze. Spesso si confondono i sistemi di catalogazione con i sistemi per la diffusione scientifica e destinata a utenze diverse della conoscenza pensando che si tratti di sinonimi. Anche se la base di partenza è l'analisi e la descrizione del dato, gli usi finali sono diversi, ma le due tipologie di intervento devono necessariamente essere integrabili o almeno compatibili.

Le strutture di ricerca che agiscono nel settore del patrimonio culturale e dell'ambiente raccolgono e organizzano una grandissima quantità di dati con alto livello di elaborazione scientifica, organizzati in banche dati, sistemi informativi diversi, semplici cataloghi o collazioni. Si tratta di due tipologie di dati:

1. dati completi, raccolti in sistemi informatizzati, di solito chiusi, in parte editi, con modalità, specifiche e forme editoriali, di ambiti disciplinari diversi e perciò disgregati.
2. dati raccolti frutto di ricerche parziali, ma anche sistematiche, a livello diverso di organizzazione, talvolta di semplice banca dati o sistemi GIS leggeri, ma non ancora editi o accessibili in rete e quindi di fatto non disponibili.

A questi si aggiungono i dati conservati in archivi pubblici e privati, non sempre organizzati, non sempre accessibili.

Per contro i numerosi progetti nazionali ed europei (ad es. PON, Smart City, etc.,) sviluppati in passato con spiccata impronta tecnologica, talvolta con la partecipazione di grandi Società Pubblico/Private, sul tema della fruizione e valorizzazione del patrimonio, hanno prodotto elaborazioni, spesso di alto livello, che però hanno proposto una immagine ingannevole della realtà del patrimonio perché necessariamente condizionata dalla quantità (e talvolta dalla qualità e precisione) dei dati disponibili (in realtà nella migliore delle ipotesi solo dati reperibili in pubblicazioni e siti internet) . Il prodotto finale di questi progetti ha in sostanza operato nei casi più virtuosi su singole tipologie di informazioni e su una percentuale

molto ridotta di dati, mediamente non più del 15% di quanto già studiato e disponibile nei laboratori e sistemi delle Università ed Enti di ricerca.

Nel settore si possono individuare almeno quattro diversi campi di azione:

- Sistemi informativi per la gestione, l'analisi, la conservazione, la fruizione del patrimonio archeologico e monumentale delle città e del territorio;
- Sistemi informativi, banche dati per la organizzazione e gestione di archivi e materiale librario, documentale;
- Sistemi informativi, per la organizzazione e gestione del patrimonio artistico;
- Sistemi informativi, banche dati e repertori per l'organizzazione e gestione del patrimonio immateriale e di espressioni artistiche varie.

Le metodologie per organizzare i dati dei vari campi sono evidentemente diverse e devono rispondere a criteri specifici, in certi settori già definiti, anche a livello internazionale per essere disponibili ad una utenza vastissima e per essere predisposti a costituire reti stabili (come nel caso del sistema URBS delle biblioteche romane); le tecnologie di base sono simili, ma dovranno essere diversificate le finalizzazioni, quindi è prevedibile uno sviluppo prevalentemente informatico di prodotti certamente originali.

I dati delle varie tipologie messi a sistema saranno disponibili a livelli diversi: con il massimo livello di elaborazione per le strutture pubbliche che operano nella tutela, prevenzione, pianificazione e valorizzazione del territorio. Con almeno tre livelli semplificati attraverso specifiche elaborazioni, si potrà rendere disponibili e accessibili tutti i dati conosciuti per diversi livelli di turismo ed informazione, non trascurando la formazione scolare anche attraverso il gioco. Una buona parte delle tecnologie impiegate per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati (sistemi e tecniche diverse di analisi, prospezioni geognostiche, rilevamenti e restituzioni da A.P. R., modellazioni territoriali e di monumenti, etc.) con adeguate elaborazioni mirate, potranno essere disponibili per i diversi aspetti della comunicazione, rendendo comprensibili e fruibili molti dati finora limitati esclusivamente ad ambiti disciplinari scientifici. La possibilità di visualizzare in unico "contenitore" l'accesso a tutte le tipologie del patrimonio del paesaggio, costituirà elemento fortemente innovativo e strumento di lavoro indispensabile funzionale alle azioni di tutela e sicurezza, pianificazione e valorizzazione che vengono ad interagire col patrimonio del territorio.

Sulla base del semplice lavoro di aggregazione e sistematizzazione è possibile visualizzare la quantità rilevante, ma anche la dispersione dei dati: molti sforzi ed anche molti investimenti nel territorio vengono indirizzati spesso su singole tematiche, normalmente scelte dalla politica sulla base di attrattori diversi (via Francigena, via Appia, sistema del barocco, etc.), ma normalmente si esauriscono in tempi ed in azioni molto brevi, che sono frutto di una "distribuzione" piuttosto che di una "programmazione". In tutti gli ambiti della pianificazione territoriale,

purtroppo anche nella ricerca, non esiste la possibilità economica e gestionale di dare continuità alle grandi iniziative di censimento e organizzazione ed ai grandi repertori e repository di dati, che necessitano di stanziamenti e investimenti di personale altamente specializzati, anche contenuti, ma regolarmente erogati nel tempo, per produrre una implementazione regolare ed un aggiornamento costante dei prodotti e delle tecnologie.

Il dominio tecnologico di riferimento della sotto-traiettoria è costituito dalle applicazioni GIS evolute, da banche dati relazionali prodotte per i singoli ambiti operativi, dallo sviluppo di ontologie e procedure conformi a standard riconosciuti per l'implementazione di repository centralizzati o decentrati.

I Collegamenti con tavoli PNR diversi da quello relativo a "Culture and Cultural Heritage sono con "High Performance Computing and Big Data", "Societal Transformations (Smart, secure and inclusive communities)", "Design, creativity and Made in Italy".

I principali collegamenti nell'ambito di Tiche sono con le traiettorie 1 e 2.

Considerando i quattro campi di azione sopra indicati si possono individuare due principali direttrici tecnologiche di sviluppo della sotto-traiettoria 4.1:

- (tr. 4.1.1) *Sistemi informativi e banche dati per la gestione, l'analisi, la fruizione e la conservazione del patrimonio culturale nazionale* (v. anche tr. 1.1);
- (tr. 4.1.2) *Tecnologie per la digitalizzazione del patrimonio culturale nazionale, dagli archivi al materiale librario, documentale e alle diverse espressioni artistiche, maggiori e minori* (v. anche tr. 1.2).

Settori Industriali principali che sviluppano tecnologia	Stakeholder (a chi si rivolgono)	Fabbisogni del settore o degli stakeholder
Università ed Enti di ricerca, Consorzi, Distretti e forme associative di Enti di ricerca, MIBAC, Società informatiche (grandi, medie e piccole) che forniscono servizi ad Enti pubblici e partecipano a progetti con EPR Società produttrici di strumentazione e <i>software</i> : Hexagon https://hexagon.com	Ministero per i Beni e le Attività Culturali (ICCD, ISCR, Direzioni Generali, Istituti Centrali, etc.), Funzionari delle Soprintendenze e Poli Museali), Nucleo Tutela patrimonio Culturale dei Carabinieri,	Accesso ai dati a diversi livelli di domanda e approfondimento, consultazione agevole e assistita, ma supportata da documentazioni grafiche e fotografiche, possibilità di

<p>ESRI https://www.esri.com/en-us/home AUTOCAD https://www.autodesk.com Intergraph http://www.intergraph.com Trimble https://geospatial.trimble.com</p>	<p>Guardia di Finanza, Musei statali, regionali e comunali, Strutture pubbliche (Uffici tecnici di Regione, Province, Comuni) che operano per la pianificazione territoriale e la diffusione della conoscenza a cittadini e turisti, ricercatori, studenti, Società di servizi del settore, operatori turistici e della valorizzazione culturale, Enti Morali del settore.</p>	<p>interrogazioni multiple e differenziate secondo le specifiche delle utenze, facili collegamenti tra il dato singolo e il contesto (es. database relazionali).</p>
---	--	--

ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

4.1.1. Sistemi informativi e banche dati per la gestione, l'analisi, la fruizione e la conservazione del patrimonio culturale nazionale

UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

Istituti di ricerca leader globali e leader nazionali	
Globali	<ul style="list-style-type: none"> - UNESCO (https://en.unesco.org/), New York Public Library (https://www.nypl.org/), - Biblioteca Reale del Belgio (https://www.kbr.be/en/), - British Library (https://www.bl.uk/), Royal Institute for Cultural Heritage (http://www.kikirpa.be/EN/), - IRCLAMA - International Research Centre for Late Antiquity and Middle Ages (http://www.unizg.hr/homepage/), - Gallica BnF (https://gallica.bnf.fr/accueil/it/content/accueil-it?mode=desktop), - Biblioteca Apostolica Vaticana (https://www.vaticanlibrary.va/home.php?pag=catalogo_manoscritti), - CORPUS ARCHITECTURAE RELIGIOSAE EUROPAEA (IV-X sec.) - CARE (http://care.huma-num.fr/it/index.php?title=Pagina_principale)

Nazionali	<ul style="list-style-type: none"> - Ministero per i Beni Culturali (http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/index.html), - Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (http://www.iccd.beniculturali.it/), - Istituto Poligrafico e della Zecca di Stato (https://www.ipzs.it/ext/index.html), - Istituto Centrale per gli Archivi (http://san.beniculturali.it/web/san/home), - Archivio Centrale dello Stato (http://www.acs.beniculturali.it/), Biblioteca - Nazionale di Napoli, biblioteca digitale (http://digitale.bnnonline.it/), - Biblioteca Nazionale di Firenze, (https://www.bncf.firenze.sbn.it/), - Biblioteca Medicea Laurenziana - Teca digitale (http://teca.bmlonline.it/TecaRicerca/index.jsp), - Fondo Antonio Cervi (http://badigit.comune.bologna.it/cervi/index.asp), - Istituto e Museo di Storia della Scienza (http://www.museogalileo.it/en/index.html), - Biblioteca digitale dell'Accademia della Crusca (http://www.bdcrusca.it/ricerca.asp), - Biblioteca digitale delle donne (http://www.bibliotecadigitaledelledonne.it/), - Università degli studi di Torino (https://cdslettere.campusnet.unito.it/do/home.pl), Centro di Eccellenza Italiano sulla Conservazione Digitale
------------------	--

Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati:

- Europea (<https://www.europeana.eu/portal/it>),
- Belgica (http://belgica.kbr.be/fr/coll/coll_fr.html),
- Biblioteca digitale piemontese (<http://www.regione.piemonte.it/TecaRicerca/home.jsp>),
- British Library (<http://www.bl.uk/onlinegallery/index.html>),
- ALIM - Archivio della latinità italiana del medioevo (<http://www.alim.dfil.univr.it/>),
- Biblioteca della letteratura italiana (<http://www.letteraturaitaliana.net/index.html>),
- Fondo Antonio Cervi (<http://badigit.comune.bologna.it/cervi/index.asp>),
- Istituto e Museo di Storia della Scienza (<http://www.museogalileo.it/en/index.html>), Mediterranea.
- Ricerche storiche (<http://www.mediterranearicerchestoriche.it/>),
- Monasterium-net - L'Archivio
- Virtuale Europeo (<http://www.monasterium.net/>),
- OPAL Libri antichi (<http://www.opal.unito.it/default.aspx>),

- Reti medievali (<http://fermi.univr.it/rm/biblioteca/>),
- RIALC - Repertorio informatizzato dell'antica letteratura catalana (<http://www.rialc.unina.it/sommario.htm>),
- Rinascimento Virtuale (<http://palin.iccu.sbn.it/liste.aspx?lang=it-IT>),
- British History Online (<http://www.british-history.ac.uk/>),
- Digitami - La biblioteca digitale di Milano (<http://www.digitami.it/home.do>),
- Biblioteca Virtuale - Pubblicazioni Ufficiali dello Stato (<http://www.bv.ipzs.it/include/ricerca.jsp?TP=notRuoli>),
- Biblioteca digitale delle donne (<http://www.bibliotecadigitaledelledonne.it/>),
- Fondazione Memofonte - Guide di Napoli (<https://www.memofonte.it/>),
- Aboca Museum (<http://www.abocamuseum.it/en/>),
- BALat - Belgian Art Links and Tools (<http://balat.kikirpa.be/intro.php?lang=en-GB>), 2006 -in corso,
- Banca dati Cappadocia (<http://bancadati.museovirtualecappadocia.it/>),
- New York Public Library (<http://digitalgallery.nypl.org/nypldigital/index.cfm>)
- Biblioteca digitale dell'Accademia della Crusca (<http://www.bdcrusca.it/ricerca.asp>),
- Cefael (http://cefael.efa.gr/site.php?site_id=1),
- Revolution 1848 - Digitales Archiv (<https://filosofiaistoria.wordpress.com/2008/06/30/la-rivoluzione-del-1848-nellimpero-asburgico-un-archivio-digitale/>),
- Biblioteca Medicea Laurenziana - Teca digitale (<http://teca.bmlonline.it/TecaRicerca/index.jsp>),
- Early European Books (<http://eeb.chadwyck.com/home.do>),
- Free books for download (<http://www.freebook-s.com/>),
- IntraText (<http://www.intratext.it/>),
- Project Gutenberg (http://www.gutenberg.org/wiki/Main_Page),
- Biblioteca Augusta di Perugia (<http://augusta.comune.perugia.it/>).
- Centro Italiano sulla Conservazione Digitale (<http://www.conservazionedigitale.org/wp/>)

IMPRESE (GRANDI IMPRESE INTERNAZIONALI, NAZIONALI, PMI)

Imprese leader globali e leader nazionali:	Progetti di ricerca benchmark, prodotti/servizi realizzati (già sul mercato):
- Google, Kobo, Feltrinelli, Treccani, Laterza Editore, Spacejock Software,	- Google Books (https://books.google.com/?hl=it)

4.1.2. Tecnologie per la digitalizzazione del patrimonio culturale nazionale, dagli archivi al materiale librario, documentale e alle diverse espressioni artistiche, maggiori e minori

UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

Istituti di ricerca leader globali e leader nazionali	
Globali	<ul style="list-style-type: none"> - Centre national de la recherche scientifique (http://www.cnrs.fr/), - University of California (https://www.universityofcalifornia.edu/), - École normale supérieure (http://www.ens-lyon.fr/en/), - Harvard College (https://college.harvard.edu/), - Université De Lyon (https://www.universite-lyon.fr/), - University Texas at Austin (https://www.utexas.edu/), - University of Pennsylvania Libraries (https://schoenberginstitute.org/)
Nazionali	<ul style="list-style-type: none"> - Ministero per i Beni Culturali (http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/index.html), - Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (http://www.iccd.beniculturali.it/), - Istituto Poligrafico e della Zecca di Stato (https://www.ipzs.it/ext/index.html), - Istituto Centrale per gli Archivi (http://san.beniculturali.it/web/san/home), - Archivio Centrale dello Stato (http://www.acs.beniculturali.it/), - Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione del Patrimonio Archivistico e Librario (http://www.icpal.beniculturali.it/biologia_progetti.html); - Università degli Studi di Bergamo (http://cav.unibg.it/diagnostica/web/), - Biblioteca digitale - Biblioteca Nazionale Centrale di Roma (http://digitale.bnc.roma.sbn.it/tecadigitale/), - Biblioteca Digitale - Biblioteca Nazionale di Napoli (http://digitale.bnnonline.it/), - Biblioteca Nazionale di Cosenza - gallery (http://www.bncc.beniculturali.it/it/gallery/), - Università degli Studi Federico II (http://www.unina.it/home;jsessionid=41E4633CF83BC67FBF3D6B4E93F6E5AF.node_publisher11), - Università degli Studi di Milano (https://www.unimi.it/), - Università degli Studi di Padova (https://www.beniculturali.unipd.it/www/homepage/), - Biblioteca digitale del Conservatorio di Milano (http://www.consmilano.it/index.php?id=biblioteca_digital), - Biblioteca Digitale - Biblioteca Nazionale Braidense (http://www.braidense.it/risorse/bid.php),

	<ul style="list-style-type: none"> - Biblioteca Nazionale di Cosenza - gallery (http://www.bncc.beniculturali.it/it/gallery/), - Biblioteca digitale - Biblioteca teresiana di Mantova (http://www.bibliotecateresiana.it/), - Alma Mater Studiorum Università di Bologna https://www.unibo.it/it
--	--

Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati:

- Catalogo Generale dei Beni Culturali (http://www.catalogo.beniculturali.it/sigecSSU_FE/Home.action?timestamp=1561955681536),
- Accademia delle Scienze (<http://www.accademiadelle scienze.it/home>),
- Biblioteca digitale del Conservatorio di Milano (http://www.consmilano.it/index.php?id=biblioteca_digital),
- Biblioteca digitale della Sezione di storia del diritto medievale e moderno (<http://www.historia.unimi.it/scripts/diglib/diglib1.php>),
- Tess (Sistema informatizzato per la catalogazione dei pavimenti antichi) (<http://tess.beniculturali.unipd.it/web/home/>),
- Processo di Norimberga: documenti digitalizzati (<http://nuremberg.law.harvard.edu/>),
- The free library (<http://www.thefreelibrary.com/>),
- Flora Napolitana - Orto botanico Napoli (<http://www.ortobotaniconapoli.it/paginadimenu.htm>),
- Internet Archive (<http://www.archive.org/details/texts>),
- Persée (<http://www.persee.fr/web/guest/home>),
- Nuova Biblioteca Manoscritta (<http://www.nuovabibliotecamanoscritta.it/index.html?language=IT>),
- BIFLOW (Bilingualism in Florentine and Tuscan Works - ca.1260 ca. 1416) (<https://biflow.hypotheses.org>),
- Berkeley Digital Library (<http://www.lib.berkeley.edu/>),
- Göttinger Digitalisierungs-Zentrum (<http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/suche>),
- Harry Ransom Center - Digital Collections (<http://www.hrc.utexas.edu/collections/digital/>),
- The Library of Congress (<http://www.loc.gov/library/libarch-digital.html>),
- MDZ - Bayerische Staatsbibliothek (<http://www.digitale-sammlungen.de/>),
- Smithsonian Digital Library (<http://www.sil.si.edu/DigitalLibrary.cfm>),
- World Digital Library (<http://www.wdl.org/en/>),
- Libweb (<http://www.lib-web.org/>),
- Alma Mater Digital Library (<http://amshistorica.cib.unibo.it/monografie.php?init=2&srch=1>),
- Biblioteca Digitale - Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze (<http://www.bncf.firenze.sbn.it/pagina.php?id=35>),

- Biblioteca digitale - Biblioteca Nazionale Centrale di Roma (<http://digitale.bnc.roma.sbn.it/tecadigitale/>),
- Biblioteca Digitale - Biblioteca Nazionale di Napoli (<http://digitale.bnnonline.it/>),
- Biblioteca Digitale - Biblioteca Nazionale Braidense (<http://www.braidense.it/risorse/bid.php>),
- Biblioteca Nazionale di Cosenza - gallery (<http://www.bnncs.beniculturali.it/it/gallery/>)
- Biblioteca digitale - Biblioteca teresiana di Mantova (<http://www.bibliotecateresiana.it/>),
- Internet Culturale - Collezioni digitali (<http://www.internetculturale.it/opencms/opencms/it/main/esplora/index.html?tipo=collezione>),
- Università Ca' Foscari (https://www.unive.it/pag/14024/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=3054&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail)

IMPRESE

Imprese leader globali e leader nazionali:	Progetti di ricerca benchmark, prodotti/servizi realizzati (già sul mercato):
Google, Kobo, Feltrinelli, Treccani, Laterza Editore, Istituto Poligrafico e Zecca Dello Stato	<ul style="list-style-type: none"> - Booknizer (https://www.movienizer.com/), - Calibre (https://calibre-ebook.com/), - BookDB2 (http://www.spacejock.com/BookDB.html), - Libib (https://www.libib.com/), - My Library (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vgm.mylibrary&hl=it)

ISTITUZIONI PUBBLICHE

Nel caso specifico, gli attori pubblici principalmente coinvolti allo stato attuale sono il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, i suoi Istituti Centrali (in particolare l'ICCD), le strutture bibliotecarie, museali e gli archivi. L'offerta principale riguarda contenuti disponibili in modalità efficace, efficiente e in grado di prefigurare un quadro informativo, specie in termini di dati, organico e come si diceva multilivello.

ALTRI PORTATORI DI INTERESSE

Si registra la presenza di erogatori sia nel campo informatico, sia nell'ambito della tradizione editoriale. Entrambe le tipologie, ad es. partner come Google o Treccani, interessati indubbiamente per la natura peculiare della loro mission operativa, alla

ricerca in campo di raccolta e gestione dati, entrambi naturalmente da coinvolgere nell'ambito di partnership pubblico-private.

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

- *Database e cloud computing*
- *Analisi multivariata di dati*
- *Analisi semantica del contenuto*
- *Data visualization*

PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

Si rivela sempre essenziale il ricorso ai progetti di ricerca a livello regionale, nazionale ed europeo (Horizon 2020); però i primi utenti di questi sistemi sono le strutture centrali e periferiche del MIBAC, che produce anche ricerca sulla sistematizzazione dei dati, ma non direttamente sul campo, se non attraverso il sistema della catalogazione, coordinato dall'ICCD; Il Ministero potrebbe, con apposite voci di bilancio o attraverso accordi di programma gestiti direttamente, anche internazionali, potrebbe, (volendo....), contribuire al finanziamento di attività di ricerca ed anche di applicazione informatica, che finora affida ad imprese private, che di rado forniscono prodotti di alto livello, in parte già esistenti o attivabili dal mondo della ricerca. Anche qui il contributo privato è rarissimo, salvo qualche caso isolato di mecenatismo e comunque in consorzio. Si potrebbero attivare contatti con grandi gestori di dati (Google), che potrebbero trarre un vantaggio notevole dalla possibilità di moltiplicare la quantità di elementi messi in rete e per loro a frutto; la difficoltà è stabilire una proporzione equa tra i dati che acquisiscono e il finanziamento che eventualmente erogano.

Accordi e contratti di ricerca tra fornitori di tecnologie e depositari di archivi (in questo caso appare rilevante più che negli altri il tema della proprietà del patrimonio).

PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Il trasferimento tecnologico avviene principalmente per mezzo della fornitura e installazione di piattaforma software a diversa complessità in grado di soddisfare le fasi di analisi, catalogazione, interpretazione mono e/o multidimensionale dei dati. Nel caso dei progetti di ricerca, alcune esperienze producono degli adeguamenti delle piattaforme esistenti o a scaffale sia mediante intervento diretto dei fornitori, sia per mezzo di operazioni in house sulle piattaforme stesse (in questo secondo caso il maggior numero di interventi riguardano soluzioni in open access).

4.2. TECNOLOGIE PER L'INDIVIDUAZIONE E LA DOCUMENTAZIONE DEL PATRIMONIO

Un problema sostanziale piuttosto diffuso, non limitato solo a coloro che hanno una scarsa conoscenza del settore ma talvolta anche agli addetti ai lavori, consiste nel ritenere i beni culturali come un complesso di elementi finiti e la loro conoscenza un dato acquisto, concluso. Nei tanti ambiti che compongono quest'area tematica è invece indispensabile proseguire la ricerca per comprendere e approfondire le conoscenze di quella parte di patrimonio già emersa ma è altrettanto fondamentale proseguire le ricerche per far emergere la miriade di contesti culturali e manufatti ancora celati nei nostri paesaggi, magazzini, archivi, ecc.

All'identificazione dei contesti deve necessariamente seguire una fase di documentazione accurata tramite i metodi e le tecnologie più adeguate e avanzate. Questa fase ha una rilevanza fondamentale poiché rappresenta uno dei momenti basilari per la conoscenza del contesto con importanti implicazioni interpretative.

Il dominio tecnologico di riferimento per la sotto-traiettorie 4.2 risiede nelle tecnologie di indagine non invasiva mediante remote sensing (i.e. sensori montati su satelliti, aeromobili, droni, ecc.) e near surface remote sensing (i.e. georadar, sensori di resistività, ecc.), oltre alle tecnologie per il Post-processing anche con algoritmi di lettura automatica e diverse tecniche di interpolazione e visualizzazione dei risultati. I collegamenti con tavoli PNR diversi da quello relativo a "Culture and Cultural Heritage" sono con "Natural Resources, Environment and Disaster Risk Reduction", "Electronics, tele-communications and Digital Technologies", "Space High Performance Computing and Big Data".

I collegamenti nell'ambito di Tiche sono con le traiettorie 2, 3, 5 e 7.

Di seguito si individuano tre direttrici principali di sviluppo, che in molti casi devono svilupparsi in parallelo:

- *Identificazione del patrimonio (metodi, strumenti e tecnologie);*
- *Rilevamento e documentazione (metodi, strumenti e tecnologie)*
- *Analisi e documentazione di beni cartacei archivi, biblioteche etc.*

A. identificazione del patrimonio culturale con particolare riferimento alle risorse archeologico-monumentali.

Conoscere analiticamente i singoli beni è la premessa indispensabile per ogni intervento, di catalogazione, tutela, valorizzazione. Il livello di conoscenza dei Beni Culturali italiani è ancora, purtroppo, insufficiente, nella quantità e nel dettaglio. I dati derivanti dalle analisi territoriali sistematiche sul patrimonio archeologico in diverse Regioni (Toscana, Lazio, Abruzzo, Campania, Puglia, Basilicata, oltre 100.000 siti) dimostrano che il numero delle evidenze note è mediamente tra il 5% e il 10% di

quanto ancora esistente e rilevabile con analisi capillari, tecnologie o altri metodi scientifici di indagine. Non a caso ogni qualvolta si interviene nel sottosuolo per la realizzazione di nuove infrastrutture o costruzioni, nonostante le indagini archeologiche preventive dal 2006 imposte per legge, emergono stratigrafie e contesti archeologici non previsti.

Per l'archeologia la conoscenza dettagliata del sottosuolo rappresenta un'emergenza nazionale con enormi potenzialità di trasferimento tecnologico in Italia e nel resto del mondo. Meno dell'1% delle presenze archeologiche è sottoposto a tutela formale (vincoli) e una percentuale ancora minore nel territorio è realmente in sicurezza. Più del 50% dei beni, in particolare quelli non noti o sepolti, sono a forte rischio; l'intensa antropizzazione del paesaggio causa, per motivi diversi, la progressiva distruzione e cancellazione di parte del patrimonio, ad un ritmo che varia, a seconda delle Regioni e della situazione, tra lo 0.5% ed il 4% di quanto esistente per ogni anno; quindi in diversi casi si constata la completa cancellazione in 20 anni.

Per i centri storici e il patrimonio architettonico, la situazione è solo apparentemente diversa: in buona parte del territorio nazionale, è ancora alto il numero di centri storici in parte integri, oggetto di analisi e studi approfonditi di singoli settori di monumenti, ma è raro poter disporre di analisi scientifiche dei singoli complessi o in molti casi disporre di elementi precisi sulle fasi di sviluppo dei centri a continuità di vita indispensabili per la progettazione di interventi urbanistici, ma anche di restauro e valorizzazione, che vengono realizzati assai spesso senza una conoscenza analitica approfondita dei beni con i quali si va ad interferire.

Le strutture del MIBAC preposte alla tutela, centrali e periferiche, gestiscono (in molti casi, purtroppo, a causa della mancanza di interfaccia agili di scambio, "conoscono") una percentuale modesta dei dati sul patrimonio, in media il 10% di quelli raccolti e più o meno organizzati dalle strutture di ricerca. L'esigenza di una gestione unitaria di tutti i dati conosciuti è da tempo stata evidenziata dal MIBAC che ha costituito diverse commissioni, e dal 2015 ha previsto, in convenzione con Università ed Enti di ricerca, la creazione di un "Geoportale Nazionale dell'archeologia", che dovrebbe raccogliere e rendere disponibili in forma sintetica tutti i dati delle strutture di ricerca e del Ministero.

In questo contesto, anche in ambito internazionale si è sentita la necessità di definire delle linee guida per assicurare la tutela e la valorizzazione non soltanto del patrimonio archeologico ma dell'insieme dei paesaggi culturali così caratteristici del nostro continente. Le misure legislative intraprese in seno all'Unione Europea trovano inquadramento nel cosiddetto Trattato de La Valletta del 1992 (ratificato in Italia solo nel 2015), dove all'articolo 3.1.b viene espressamente stabilito che "Allo scopo di salvaguardare il patrimonio archeologico e di garantire la scientificità delle operazioni di ricerca archeologica, ogni Parte si impegna... a garantire che gli scavi e le ricerche archeologiche si svolgano in modo scientifico e che: - vengano applicati nella misura del possibile metodi di ricerca non distruttivi...".

Questo implica che tutti gli enti e le istituzioni che hanno la responsabilità della gestione, della tutela e della ricerca nell'ambito dei beni culturali e archeologici

disseminati nel territorio, devono privilegiare degli approcci cosiddetti “non distruttivi”, che comportino attività di ricerca preventiva e pianificata con il più ampio ricorso possibile alle metodologie integrate di *survey*. Queste ultime includono una combinazione di metodi e strumenti tradizionali e innovativi, i più recenti dei quali offrono significative opportunità di sviluppo tecnologico. Tramite questi approcci è possibile raggiungere, senza scavare e senza toccare il terreno, livelli già abbastanza elevati di conoscenza in grado di orientare eventuali interventi di scavo in modo molto preciso rispetto ad esempio a problematiche storiografiche o progetti di valorizzazione. La necessità di limitare le attività di scavo è dovuta principalmente alla non rinnovabilità della risorsa archeologica e ai costi elevati della conservazione, manutenzione e valorizzazione dei beni riportati alla luce.

La capacità di identificazione (nella sua natura, dimensione ed estensione), documentazione, visualizzazione e comprensione del bene, anche negli aspetti della sua rilevanza storica e del suo valore nel contesto culturale e comunitario di riferimento, permette di scegliere le più appropriate strategie di conservazione e pianificazione. La componente topografica della ricerca archeologica e più in generale territoriale è quella nella quale si intravedono le principali possibilità di sviluppo tecnologico e del relativo trasferimento in ambito nazionale ed internazionale.

Considerando le caratteristiche del patrimonio di conoscenze così acquisite, che restano nella maggior parte dei casi nel sottosuolo e sono, dunque, “invisibili”, è stabilito, inoltre, un solido aggancio tra queste metodologie di indagine e le tecnologie digitali, anche per quanto attiene la loro “visualizzazione” e valorizzazione, con ricadute di sviluppo tecnologico molto efficaci sulle tecnologie per la *x-reality* e la *gamification* (traiettorie *cluster* 6 e 7), incentrate, quindi, nel rendere sperimentabile “l’invisibile”.

Tecnologie applicate: Prospezioni geofisiche (Magnetometria, tomografia elettrica, GPR...), Remote sensing (Aerofotografia, applicazioni di fotogrammetria digitale, immagini da satellite, iper e multispettrale, LiDAR, SAR, UAV...), tecnologie digitali per l’analisi dei dati (automatic pattern recognition, AI e deep learning per processamento dati), tecnologie GIS per la gestione integrata, visualizzazione e analisi spaziale dei dati, VR gamification e tecnologie per creazione di esperienze immersive fully-sensorial.

B. Documentazione e rilevamento del patrimonio culturale

Ogni elemento identificato, in superficie o sepolto, deve essere presentato e messo a sistema con idonea documentazione: rilevato nelle tre dimensioni (o restituito da tracce e prospezioni) alle scale adeguate, con codifiche dei singoli elementi; deve essere posizionato su cartografie tecniche numeriche utili alla pianificazione territoriale o urbana (per i centri urbani abbandonati appositamente realizzate o rilevate con riprese LIDAR); la documentazione grafica, fotografica, digitale, da sensori diversi, deve essere connessa alla documentazione storica, bibliografica,

archivistica, e alla descrizione analitica dei monumenti, complessi, reperti allegati, etc..

Gli eventi recenti avvenuti a *Notre Dame* di Parigi mostrano chiaramente la fragilità del patrimonio culturale e la necessità di poter disporre di documentazioni e rilievi il più possibile esaustivi di ogni forma del patrimonio: archeologico, architettonico, artistico, archivistico, librario, immateriale, etc. È inoltre necessario realizzare mappe del rischio e del potenziale archeologico, monumentale, territoriale e culturale, in cui integrare i dati relativi al patrimonio storico-culturale, alla situazione geomorfologica e ambientale, al contesto sociologico e delle attività produttive e ricettive per la valorizzazione dell'eredità culturale di un territorio (beni materiali e immateriali, maestranze, produzioni tipiche, comunità). Anche in questo caso le opportunità di trasferimento tecnologico nazionale e internazionale sono estremamente significative.

Tecnologie applicate: fotografia digitale ad alta risoluzione, fotogrammetria digitale da velivoli tradizionale e da droni, rilievo *laser scanner*, *XRF*, piattaforma *GIS WEB* tramite applicativi *open source*, compatibile con i protocolli e le procedure con il *Sistema Informativo Archeologico Nazionale* (SITAN) e il *SIGECWEB*; tecnologie di acquisizione dati tridimensionali (SAPR, TLS), Realtà Virtuale Aumentata (AVR); app.

C. Analisi e documentazione di beni cartacei bibliotecari ed archivistici

Anche in questo caso si tratta di un patrimonio immenso e disperso in un numero larghissimo di sedi; molte di queste, soprattutto i depositi di grandi archivi e biblioteche, sono in condizioni precarie per la conservazione e buona parte del materiale, a volte unico, è esposto a progressivo degrado, danni e anche furti. Oltre alla schedatura e alla costruzione di cataloghi informatici ad accesso aperto, il monitoraggio diagnostico non invasivo (v. *traiettoria 5*) e le metodologie d'immagine presentano un significato strutturale nei processi di controllo utili alla salvaguardia conservativa dei fondi grafici, documentali e archivistici. Questi ultimi, in particolare, quando antichi, sono infatti largamente condizionati in senso conservativo dalle tecniche di scrittura che contemplano l'uso preponderante di inchiostri metallogallici, in larga misura a base ferrosa, geneticamente destinati (vedi formazione acido solforico) a determinare, in proporzione diversamente ampia, danni irreversibili (microdiffusione della traccia segnica, traduzione recto-verso della traccia liquida, formazione di micro o macro lacune) se non adeguatamente monitorati. Si tratta di una questione di singolare portata sotto il profilo culturale e conseguentemente politico, che pone drammaticamente in dubbio la sopravvivenza e dunque la trasmissione della memoria storica del mondo europeo e non.

Tecnologie Applicate - Light-sheet, Dino-Lite Premier Digital Microscope, Microscopio elettronico a scansione (SEM), Microscopio elettronico a scansione (SEM) con sistema di microanalisi a dispersione di energia (EDX), Fluorescenza UV, Tecnica multispettrale riflettografia all'infrarosso, Spettrofotometria di Fluorescenza

a Raggi X (XRF), Spettroscopia d'indagine, Spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FT-IR), Spettrometria di retrodiffusione di Rutherford (Rutherford Backscattering Spectrometry, RBS), Microspettrometria Raman, Stereo Microscopia Ottica (SMO), Metodica analitica PIXE (Particle o Proton Induced X-Ray Emission), Metodica analitica PIGE (Particle Induced G-Ray Emission), Analisi per microfluorescenza a raggi X da radiazione o luce di sincrotrone (SRXF, Synchrotron Radiation Induced X-ray micro-fluorescence), Riprese in luce diffusa visibile, Luminescenza UV, IR in falso colore, Riflettografia IR.

Settori Industriali principali che sviluppano tecnologia	Stakeholders (a chi si rivolgono)	Fabbisogni del settore o degli stakeholders
<p>Università ed Enti di ricerca, Consorzi, Distretti e forme associative di Enti di ricerca, MIBACT, Società informatiche (grandi, medie e piccole) che forniscono servizi ad Enti pubblici e partecipano a progetti con EPR</p> <p>Società produttrici di strumentazione:</p> <p><i>Geofisica:</i> GSSi (georadar) https://www.geophysical.com Foerster https://www.fluxgate-magnetometer.com IRIS http://www.iris-instruments.com Geocarta http://www.geocarta.net</p> <p><i>Droni:</i> DJI http://www.geocarta.net Parrot https://www.parrot.com/it/ Swissdrone https://www.swissdrones.com</p> <p><i>Camere termiche e multispettrali</i> Sentera https://sentera.com/sensors/ Maia https://www.spectralcam.com Mica sense https://www.micasense.com/rededge-mx Flir https://www.flir.com</p> <p><i>Lidar:</i> Riegl http://www.riegl.com Yellowscan https://www.yellowscan-lidar.com</p>	<p>Ministero per i Beni e le Attività Culturali (ICCD, ISCR, Direzioni Generali, Istituti Centrali, etc., Funzionari delle Soprintendenze e Poli Museali), Nucleo Tutela patrimonio Culturale dei Carabinieri, Guardia di Finanza, Musei statali regionali e comunali, Strutture pubbliche (Uffici tecnici di Regione, Province, Comuni) che operano per la pianificazione territoriale.</p> <p>ricercatori, studenti, Società di servizi del settore, operatori turistici e della valorizzazione culturale, Enti Morali del settore</p>	<p>Dati puntuali, documentati, rigorosamente georeferenziati su cartografie operative per ricerca, gestione, diffusione dei dati sul patrimonio; interconnessione con strutture di supporto alla diffusione e all'educazione a vari livelli. Segnalazione in tempo reale di rischi e danni, emergenze a rischio di scomparsa</p>

ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

Istituti di ricerca leader globali e leader nazionali	
Globali	<ul style="list-style-type: none">- LiDAR Remote Sensing (LiDARLab) (https://www.geo.uzh.ch/en/units/rsl/research/LiDAR_Lab.html),- Radar Remote Sensing (SARLab) (https://www.geo.uzh.ch/en/units/rsl/research/SAR_Lab.html),- Spectroscopy (SpectroLab) (https://www.geo.uzh.ch/en/units/rsl/research/Spectro_Lab.html)
Nazionali	<ul style="list-style-type: none">- ITABC CNR Survey Lab (http://www.itabc.cnr.it/pagine/survey-lab)- Università la Sapienza (http://www.antichita.uniroma1.it/content/sistema-informativo-archeologico-di-roma-antica-e-del-suo-territorio).

IMPRESE

Imprese leader globali e leader nazionali:
Nazionali: SoGEArch S.r.l.s. (http://www.sogearch.it/) Prodoc S.R.L (http://www.prodoc.it/biodiagnostica-per-i-beni-culturali/), RDlab 137 (https://rdlab137.it/it/restauro-e-diagnostica/restauro-e-diagnostica)

ISTITUZIONI PUBBLICHE

Nel caso specifico, gli attori pubblici principalmente coinvolti sono naturalmente le strutture che detengono il patrimonio, incluso come si diceva in sede di premessa anche quello non ancora identificato parte della nostra memoria storica, sul quale è bene esercitare un'azione continua di ricerca ed esplorazione.

ALTRI PORTATORI DI INTERESSE

Si registra la presenza di erogatori tecnologici nel campo della sensoristica sia remota che near-field, ambiti di grande valenza e in grande crescita anche per effetto dell'enorme novero di trasformazioni tecnologiche avvenute negli ultimi anni, i.e. miniaturizzazione dei sensori e degli elementi di controllo elettronico, nuovi materiali in grado di ampliare la gamma sensoristica, integrazione avanzata con i sistemi ricostruttivi e di detection.

Sebbene non menzionati vista la loro natura molto ampia, appare evidente che tutti i grandi player coinvolti nella sensorizzazione e nell'analisi dei dati potrebbero essere interessanti nelle dinamiche di ricerca, i.e. STMicroelectronics, Smart Materials, etc. Lo stesso vale per i fornitori più significativi di sistemi di analisi e modellazione del sensore e del sistema di controllo, i.e. Matlab, National Instruments, etc. In questi casi appare sicuramente da esplorare l'opzione di partnership pubblico-private.

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

Sensoristica

Modellazione e controllo del sensore e/o della rete di sensori;
Data fusion, data modelling e info-view;

PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

I principali strumenti di finanziamento sono essenzialmente i progetti di ricerca a livello regionale, nazionale ed europeo (Horizon 2020, Creative Europe, Erasmus Plus); praticamente nulle le possibilità di interventi privati se non nel caso di grandi progetti nazionali PON, Smart city, etc., ma in questo caso la partecipazione dei privati rimane limitata ed è sostanzialmente interessata al reperimento di risorse; il lavoro innovativo rimane comunque agli Enti di ricerca. Uno spazio possibile di finanziamento in futuro potrebbe venire dai grandi Enti Pubblici che operano in infrastrutture MIT, Ferrovie, Grandi reti telefoniche e di servizi, che potrebbero, sulla base di una conoscenza analitica del territorio, ridurre tempi e costi eliminando i blocchi lavori per impatto archeologico in corso d'opera e i grandissimi costi dovuti agli interventi di archeologia preventiva imposti dalle Soprintendenze. Questo tipo di approccio e cultura è ancora "in fase embrionale di costruzione".

PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Il trasferimento tecnologico avviene principalmente per mezzo della fornitura e installazione delle piattaforme sensoristiche, prima direttrice della sotto-traiettorie, e delle piattaforme software di analisi, seconda direttrice, sull'ambito di patrimonio nel quale intervenire ai fini di rilevamento e/o analisi. Il dialogo tra fornitori e deployers della tecnologia appare indispensabile al fine di creare un modello virtuoso di tale trasferimento: la sensorizzazione si adegua al bisogno di rilevamento in base alla natura del caso di specie, e il caso di analisi potenzia l'efficacia virtuosa di questa relazione di trasferimento tecnologico.

4.3. CULTURAL LANDSCAPE, HERITAGE AND COMMUNITY

I Paesaggi Culturali, definiti come gli habitat dove l'uomo ha interagito per lungo tempo con l'ambiente naturale, determinando la nascita di paesaggi che combinano elemento culturale e naturale e che, pur in continua evoluzione, tendono a preservare le tracce delle trasformazioni operate nel corso del tempo, sono da molto tempo considerati come uno dei più preziosi patrimoni dell'umanità (C.O. Sauer, *The Morphology of Landscape*, "University of California Geography", 2, 2, 1925, pp. 19-54). Il riconoscimento ufficiale del loro portato storico-culturale è stato sancito per la prima volta nel 1962 grazie al documento UNESCO "Recommendation concerning the Protection of the Beauty and Character of Landscapes and Sites". Nel 1972 l'emanazione della "Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage (World Heritage Convention)" da parte dell'UNESCO in collaborazione con l'ICOMOS vincola i paesi sottoscrittori ad impegnarsi nella identificazione, protezione, conservazione, presentazione e trasmissione alle future generazioni del patrimonio naturale e culturale incluso nei loro territori. Solo il Trattato di Rio de Janeiro del 1992, tuttavia, risolve la dicotomia tra patrimonio naturale e culturale presente nelle precedenti formulazioni, portando alla nuova e più completa definizione di Cultural Landscape adottata dall'UNESCO nel 1994. Se la "European Landscape Convention", commissionata dal Consiglio d'Europa e la cui sottoscrizione fu aperta a Firenze nel 2000 evitava la definizione di Cultural Landscape, definiva, tuttavia, il paesaggio come "(...) an area, as perceived by people, whose character is the result of the action and interaction of natural and/or human factors". Il Consiglio d'Europa promuove nel 2005 la Convenzione sulla Protezione e Promozione della Diversità delle Espressioni Culturali (nota come Convenzione di Faro), che ulteriormente allargava la definizione di Patrimonio culturale a tutte quelle manifestazioni materiali ed immateriali che fossero espressione dei valori, credenze, conoscenze e tradizioni riconosciuti come identitari dalle persone. Nel sottolineare, dunque, il valore degli spazi abitati dall'uomo nel loro significato ed attaccamento per le comunità che li hanno modellati indipendentemente da un concetto elitista di "bellezza", tutte queste iniziative internazionali sottolineano come i paesaggi culturali siano intrisi di memoria, significati, credenze e dunque valori identitari insostituibili per le collettività che li abitano. Ne consegue l'irrinunciabile ed improcrastinabile necessità di tutelarli garantendone la sopravvivenza progettando delle strategie integrate e delle politiche di sviluppo sostenibile.

È opportuno, del resto, sottolineare, come la definizione di "Paesaggio Culturale" si sia arricchita in tempi relativamente recenti di sfumature che sottolineano gli aspetti percettivi e fenomenologici nell'esperienza del paesaggio culturale e come, dunque, sia necessario adeguare i nostri strumenti di documentazione, valutazione e valorizzazione ad esigenze nuove e diversificate di comprensione, tutela e condivisione.

Il primo passo consiste nel procedere al rilevamento attuato come programma sistematico di accumulazione ordinata di conoscenza dei beni. Si ritiene infatti che il

rilievo sia una delle attività da attuare come preliminare e indispensabile a qualsiasi programma di conoscenza, di studio e intervento sull'esistente, finalizzato alla tutela, alla conservazione, alla valorizzazione del patrimonio e come necessario supporto alla progettazione degli interventi stessi e controllo di processo.

Le metodologie e i supporti digitali seguono le metodiche e utilizzano le tecnologie già indicate in precedenza. Poiché il sistema paesaggio è indubbiamente il contenitore di tutte le componenti la correlazione deve essere sostanzialmente ovvia ed automatica.

Per quanto riguarda il dominio tecnologico di riferimento, possono essere usate per la documentazione di siti-monumenti noti anche tutte le tecnologie usate per l'identificazione del patrimonio. A queste si aggiungono tecnologie specifiche di documentazione e rilievo mediante laser-scanner, statico e mobile, e fotogrammetria.

I collegamenti con tavoli PNR diversi da quello relativo a "Culture and Cultural Heritage" sono con "Natural Resources, Environment and Disaster Risk Reduction", "Electronics, tele-communications and Digital Technologies", "Space High Performance Computing and Big Data", "Societal Transformations (smart, secure and inclusive communities)".

Nell'ambito di Tiche i collegamenti sono con le traiettorie 1, 2 e 3.

In questa sotto-traiettoria tecnologica, partendo dalle premesse sopra-indicate, le direttrici principali riguardano:

4.3.1. *Tecnologie per il monitoraggio ambientale (cfr. traiettoria 7.1);*

4.3.2. - *Tecnologie GIS e strumenti online per la visualizzazione, ricostruzione, comunicazione e promozione.*

4.3.1. Tecnologie per il monitoraggio ambientale

Settori Industriali principali che sviluppano tecnologia	Stakeholders (a chi si rivolgono)	Fabbisogni del settore o degli stakeholders
- Industrie ed Enti di ricerca che operano nel campo del monitoraggio ambientale	- Enti di ricerca, Soprintendenze, - Enti pubblici e privati, - Enti Regionali e Comunali, - Parchi e Riserve Naturali	- Industrie ed Enti di ricerca che operano nel campo del monitoraggio ambientale

4.3.2. - Tecnologie GIS e strumenti online per la visualizzazione, ricostruzione, comunicazione e promozione

Settori Industriali principali che sviluppano tecnologia	Stakeholders (a chi si rivolgono)	Fabbisogni del settore o degli stakeholders
<ul style="list-style-type: none"> - Industrie che producono e operano nel campo degli strumenti GIS e nel trattamento del dato georeferenziato, - enti di ricerca pubblici e privati che operano negli stessi temi 	<ul style="list-style-type: none"> - Industrie, - enti di ricerca pubblici e privati, - ricercatori 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisi del territorio e del contesto ambientale. - Elaborazione di strategie d'intervento, studio e ricerca

ANALISI DEI PRINCIPALI STAKEHOLDER

UNIVERSITÀ, EPR, IR, DISTRETTI

4.3.1. Tecnologie per il monitoraggio ambientale

Istituti di ricerca leader globali e leader nazionali	
Globali	<ul style="list-style-type: none"> - University of Portsmouth (http://www2.port.ac.uk/school-of-earth-and-environmental-sciences/research/ecotoxicology-and-environmental-monitoring/), - FUB - RESEARCH GROUP FOR ENVIRONMENTAL MONITORING (https://www.pollutec.com/en/Exhibitors/5046188/FUB-RESEARCH-GROUP-FOR-ENVIRONMENTAL-MONITORING)
Nazionali	<ul style="list-style-type: none"> - CETEMPS (https://www.univaq.it/section.php?id=263, - CERFIS - Centro di ricerca e formazione per l'ingegneria sismica (https://www.univaq.it/section.php?id=1330) - Distretto di Alta Tecnologia per l'Innovazione nel settore dei Beni Culturali (DTCB) capofila Università di Palermo. Progetto Tecla (PON03PE 214_1) - partner Università di Palermo, Università di Catania, CNR, Pitecnobio, Coirich Scarl, Hitec2000 Srl e Syremont Spa: attraverso le nanotecnologie il progetto ha realizzato materiali innovativi e nanomateriali per il consolidamento, la protezione, la pulitura e la fruizione dei beni culturali così come sensori innovativi per il monitoraggio - Progetto Delias (PON03PE 214_2) - partner Università di Palermo, Università di Catania, INSTM, CNR, Pitecnobio, Coirich Scarl, Sidercem Srl e Syremont Spa: sviluppo di processi innovativi, metodiche analitiche e nuova strumentazione per la diagnosi e il monitoraggio del patrimonio dei beni culturali e strumentazioni integrate per l'individuazione e il monitoraggio di siti archeologici sommersi

4.3.2. - Tecnologie GIS e strumenti online per la visualizzazione, ricostruzione, comunicazione e promozione

Istituti di ricerca leader globali e leader nazionali	
Nazionali	<ul style="list-style-type: none">- LabGIS (https://www.di.unisa.it/dipartimento/strutture?id=135);- Progetti di ricerca di riferimento (benchmark), prodotti/servizi realizzati: Università degli Studi di Padova (https://www.beniculturali.unipd.it/www/ricerca/linee-di-ricerca/progetto-irahl-innovative-research-on-alpe-adria-historical-landscapes/);- Università degli Studi di Padova, Duke University,- Università di IUAV Venezia (http://www.visualizingvenice.org/visu/).

IMPRESE (GRANDI IMPRESE INTERNAZIONALI, NAZIONALI, PMI)

Imprese leader globali e leader nazionali:
<ul style="list-style-type: none">- Carto,- Esri,- Arcqgis,- Mapbox,- Google;

Progetti di ricerca benchmark, prodotti/servizi realizzati (già sul mercato):
<ul style="list-style-type: none">- Carto (www.carto.com),- Esri Italia (https://www.esriitalia.it/),- Arcgis (https://www.arcgis.com/index.html).

ISTITUZIONI PUBBLICHE

Nel caso specifico, gli attori pubblici principalmente coinvolti sono naturalmente le strutture e le comunità che detengono il patrimonio.

ALTRI PORTATORI DI INTERESSE

Nell'ambito del Cultural Landscape, Heritage and Community è necessario creare le premesse per una maggiore cooperazione pubblico-privato. In questo modo si possono creare e promuovere delle misure di sostegno innovative attraverso la sinergia tra comunità, università, enti pubblici del settore e aziende. L'aggregazione a livello nazionale può essere di sostegno per ulteriori progetti, che vedono i diversi operatori cooperare per la produzione dei servizi avanzati nel settore dei Beni

Culturali.

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

Sensori per potenziare efficacia ed efficienza del patrimonio ambientale;
Gestione e ottimizzazione del processo di gestione del dato georeferenziato.

PRINCIPALI STRUMENTI DI FINANZIAMENTO

Vale quanto indicato sopra a riguardo dei sistemi informativi e delle banche dati per la gestione della conoscenza.

Ma sia il Ministero dell'ambiente, che le regioni, primi utenti dei dati per infinite operazioni di tutela, restauro ambientale, turismo, protezione civile potrebbero destinare specifiche voci rivolte agli Enti di ricerca per l'incremento della conoscenza globale del territorio.

PROCESSO DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Il trasferimento tecnologico avviene principalmente per mezzo della fornitura e installazione delle piattaforme di monitoraggio ambientale, prima direttrice della sotto-traiettorie, e delle piattaforme per la rilevazione e l'analisi del dato georeferenziato.

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

Punti di forza	<p>Vastità e ricchezza del patrimonio e potenzialità enorme di arricchimento esponenziale anche con scoperte non prevedibili</p> <p>Interesse da parte degli enti owner del patrimonio ad iniziative di ricerca anche molto avanzate.</p>	<p>Grandissima utilità anche per imprese che progettano e lavorano sul territorio. Ancora da formare una percezione di quanto indicato, soprattutto da parte delle grandi imprese private.</p> <p>Per gli archivi, salvaguardia e possibilità di gestione di un patrimonio in gran parte non conosciuto e non accessibile se non ad analisi diretta. Collegamento immediato per le analisi storiche, ma anche architettoniche e urbanistiche</p>
Punti di debolezza	<p>Limiti nella capacità di mercato e nella sostenibilità economica di molti enti proprietari degli archivi o nell'assenza di risorse per potenziare l'utilizzo di strumentazioni basate su sensori innovativi. E per aggiornare i sistemi di archiviazione e <i>storage</i>.</p>	<p>Potenziali rischi in materia di proprietà intellettuale sugli archivi</p>
Opportunità	<p>Creazione di un indotto di ricerca amplissimo per la quantità di beni acquisiti, la possibilità di elaborazione dei sistemi evoluti, per la presenza di una vastissima tipologia di esperienze concrete di archiviazione e le possibilità di gestione di documenti in parte non accessibili.</p> <p>Grande rilevanza anche in materia di protezione del paesaggio, supporto alle strategie di sicurezza e tutela di aspetti riguardanti salute e benessere dei cittadini.</p>	<p>Possibilità di elevare la ricerca su analisi dei contenuti, accesso e studio su dati eterogenei e multilivello.</p> <p>Possibilità di estendere la ricerca a tema di integrazione tra sensori, data fusion, etc.</p>
Minacce	<p>Riduzione della capacità di patrimoni non noti.</p> <p>scarsi investimenti in personale specializzato e nell'innovazione strumentale.</p> <p>Manutenzione degli archivi che potrebbero non essere assicurate sul lungo termine e rallentamento o blocco nei processi di archiviazione per mancanza di risorse.</p> <p>Riduzione nell'efficacia ed efficienza di intervento sul monitoraggio ambientale.</p>	<p>Mancanza di regole per la circolazione dei dati, per tutelare la proprietà scientifica del dato e al contempo rendere di uso generalizzato i dati.</p> <p>Riduzione del carattere di servizio pubblico degli archivi a seguito di partnership pubblico-private.</p> <p>In materia di GIS, non efficace allineamento tra la fase di rilievo e la fase di intervento e analisi.</p>

ROADMAPPING

4.1.

Definizione dell'ambito della ricerca (tecnologie indagate)

Archivi digitali per la gestione, l'analisi, la fruizione e la conservazione del patrimonio culturale nazionale;

Tecnologie per la catalogazione e la digitalizzazione del patrimonio culturale nazionale, dagli archivi al materiale librario, documentale e alle diverse espressioni artistiche, maggiori e minori.

Le tecnologie esaminate in questa traiettoria tecnologica riguardano:

Accesso ai dati, visualizzazione rapida, comprensione immediata dei rapporti e dei contesti (es. *database* relazionali);

Organizzazione e gestione dei dati; interconnessione dei dati; salvaguardia delle emergenze a rischio di scomparsa;

Obiettivi per lo sviluppo dell'area:

Potenziamento delle attività mediante gli strumenti di finanziamento individuati, i.e.: progetti di ricerca di profilo regionale, nazionale ed europeo (es. Horizon 2020, Creative Europe, Erasmus Plus); partnership pubblico-private; accordi e contratti di ricerca tra fornitori di tecnologie e depositari di archivi (in questo caso appare rilevante più che negli altri il tema della proprietà del patrimonio);

Espansione dei temi di ricerca sull'intera struttura di costruzione e fruizione dell'archivio, i.e.: archiviazione e organizzazione del materiale in modo sicuro e affidabile, piattaforme versatili per dispositivi fissi e mobili, strumenti avanzati di analisi specie sui contenuti e gli aspetti semantici testuali e visuali del dato. È evidente che un intervento efficace su questi fabbisogni richieda la sinergia tra gli erogatori tecnologici e gli enti che custodiscono e gestiscono gli archivi (musei, fondazioni, biblioteche, gestori/ e /o *owner* patrimoni).

4.2.

Definizione dell'ambito della ricerca (tecnologie indagate)

Tecnologie di indagine non invasiva mediante *remote sensing* (i.e. sensori montati su satelliti, aeromobili, droni, ecc.) e *near surface remote sensing* (i.e. georadar, sensori di resistività, ecc.), oltre a tecnologie per il *post-processing*, l'interpolazione e la visualizzazione di dati e risultati;

Le tecnologie esaminate in questa traiettoria tecnologica riguardano:

Raccolta, visualizzazione ed analisi dati al fine di consentire una comprensione facilitata

Obiettivi per lo sviluppo dell'area:

Nell'esplorazione del territorio una linea di sviluppo di particolare interesse è individuabile nei Droni (APR). Stiamo assistendo ad una progressiva convergenza di gran parte delle tecnologie per l'identificazione di siti archeologici dai sistemi terrestri o aviotrasportati verso i droni: sensori Lidar, multi-spettrali, fotogrammetrici, termici e perfino degli strumenti geofisici (radar e magnetometri). Tutto intorno ai droni sta rapidamente crescendo: affidabilità, estensione delle aree rilevabili e quindi scala territoriale, *payload*, sensistica... etc. Questo settore è in espansione esponenziale e rappresenterà nei prossimi dieci anni una delle leve fondamentali dello sviluppo, nel caso specifico trasformando in modo sostanziale larga parte delle modalità di identificazione dei siti archeologici sepolti. Non a caso un punto importante nei programmi di ricerca dell'ENAC 2019 è lo sviluppo di metodologie e tecnologie di guida, navigazione e controllo finalizzate al volo autonomo per lo sviluppo di attività specializzate in condizioni BVLOS, che trova importanti applicazioni nel rilevamento e monitoraggio del territorio e delle aree archeologiche. Una opportunità che se colta in questa fase permetterebbe al nostro paese di competere a livello globale ponendosi tra gli attori di maggiore rilievo.

Per quanto riguarda la documentazione al momento non si notano particolari elementi di innovazione all'orizzonte sul lato strumentale. Stazioni totali, laser scanner, fotogrammetria e XRF hanno raggiunto già alti livelli di sviluppo e possono essere definite tecnologie stabili. I principali elementi di sviluppo possono essere identificati nell'integrazione di informazioni qualitative (caratteristiche materiche tramite XRF) e quantitative (caratteristiche formali tramite fotogrammetria o laser scanner), nel miglioramento e automatizzazione del processing secondo processi di *automation* (intelligenza artificiale), nella gestione integrata di moli sempre più elevate di dati in ambienti 3d (BIM e 3D GIS) e nello sviluppo di nuove applicazioni basate sull'integrazione dei sistemi di rilievo con nuove tecnologie di piattaforma (in particolare droni, robot terrestri e subacquei).

4.3.

Definizione dell'ambito della ricerca (tecnologie indagate)

Tecnologie GIS e strumenti online per la visualizzazione, ricostruzione, comunicazione e promozione.

Le tecnologie esaminate in questa traiettoria tecnologica riguardano:

Analisi del territorio e del contesto ambientale, Elaborazione di strategie d'intervento, studio e ricerca

Obiettivi per lo sviluppo dell'area:

Potenziamento delle attività mediante gli strumenti di finanziamento individuati, i.e.: progetti di ricerca di profilo regionale, nazionale ed europeo (es. Horizon 2020,

ECSEL); partnership pubblico-private; accordi e contratti di ricerca tra fornitori di tecnologie e depositari di archivi;

Espansione dei temi di ricerca sull'intera struttura di costruzione e fruizione dell'archivio, i.e.: raccolta e analisi dei dati ambientali e della loro interpretazione efficiente ed efficace ai fini del monitoraggio ambientale; quanto ai GIS, un fabbisogno è l'associazione tra i software di rilevazione del dato georeferenziato ed un uso corrispondente degli strumenti di intervento su edifici e opere costruiti, es. CAD e BIM (Building Information Modelling).

LETTERATURA SCIENTIFICA DI RIFERIMENTO:

- J. Bogdani-E. De Mitri, *A Bibliography on the Application of GIS in Archaeology and Cultural Heritage*, in "Groma" 2017, 2, DOI 10.12977/groma12
- S. Campana- F. Remondino (a cura di), *3D recording and modelling in archaeology and cultural heritage theory and best practices*, Oxford, 2013 (BAR international series; 2598)
- S. Campana, *Archaeology, Remote Sensing*, in A. S. Gilbert (a cura di), *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht-Heidelberg-New York-London 2016, pp. 703-724
- S. Campana, *Drones in Archaeology. State-of-the-art and Future Perspectives*, in "Drones in Archaeology. Archaeological Prospection", 24, 2017, 10.1002/arp.1569
- S. Campana, *Mapping the Archaeological continuum. Filling 'empty' Mediterranean Landscapes*, New York 2018
- D. C. Comer, M. J. Harrower, *Mapping Archaeological Landscapes from Space*, New York 2013
- C. Corsi, B. Slapšak, F. Vermeulen, *Good Practice in Archaeological Diagnostics. Non-invasive Survey of Complex Archaeological Sites*, Springer 2013
- C. Cortese, *(Big) Data Science e discipline storico-archeologiche: una sfida metodologica, tecnologica e culturale*, in AIUCD 2017, Book of Abstracts, pp. 24-28.
http://amsacta.unibo.it/5885/1/AIUCD_2017_BoA.pdf
- S. Crutchley, *The Light Fantastic – Using Airborne Lidar in Archaeological Survey*, Swindon 2010
- P. Dong- Q. Chen Q., *LiDAR Remote Sensing and Applications*, CRC Press 2018
- K. Drotner - K.C. Schrøder, *Museum Communication and Social Media: The Connected Museum* (Routledge Research in Museum Studies Book 6), London 2014
- M. Forte-P. Williams, *The reconstruction of archaeological landscapes through digital technologies*, Proceedings of the 1st Italy-United States workshop, Boston (Mass.) November 1-3, 2001, Oxford 2003
- G. Gattiglia, *Think big about data: Archaeology and the Big Data challenge*, in "Archäologische Informationen" 38, 2015, pp. 113-124
- M. Guercio, *Archivistica informatica. I documenti in ambiente digitale*, Carocci, Roma 2012
- D.G. Hadjimitsis, A. Agapiou, K. Themistocleous, D.D. Alexakis, A. Sarris, *Remote Sensing for Archaeological Applications: Management, Documentation and Monitoring*, in D.G. Hadjimitsis, *Remote Sensing of Environment - Integrated Approaches*, 2013 DOI: 10.5772/39306
- D. G. Hadjimitsis (a cura di), *Remote Sensing for Archaeology and Cultural Landscapes. Best Practices and Perspectives Across Europe and the Middle East*, New York, in corso di pubblicazione (2020)
- I. Hodder, *Leggere il passato. Tendenze attuali dell'archeologia*, Torino 1992
- I. Hodder, *Studies in Human-Thing Entanglement*, 2016
<http://www.ian-hodder.com/books/studies-human-thing-entanglement>

- P. Holm, *Climate Change, Big Data and the Medieval and Early Modern*, in *Medieval or Early Modern. The Value of a Traditional Historical Division*, a cura di R. Hutton, 70-85. Newcastle 2015
- E. Hornecker - L. Cioffi, *Human-computer Interactions in Museums*, Williston 2019, *Intersectionality in Digital Humanities (Collection Development, Cultural Heritage, and Digital Humanities)*, a cura di B. Bordalejo-R. Risam, Amsterdam 2019
- B.-Å. Lundvall, *The Learning Economy and the Economics of Hope*, London, 2016
- A. Kaye, *Apprendimento collaborativo basato sul computer*, in «TD Tecnologie didattiche», 2012, 4.
- N. Mandarano, *Musei e media digitali*, Roma 2019
- Manual of digital museum planning*, a cura di A. Hossaini-N. Blankenberg, New York 2017
- F. Maurizio- S. Campana (a cura di), *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology. Archaeology in the Age of Sensing*, New York 2017
- A. Quondam A., *La conversazione. Un modello italiano*, Roma 2007
- Sciotto, G. et al. Immunochemical Micro Imaging Analyses for the Detection of Proteins in Artworks. *Topics in Current Chemistry*. 374, 2016, Article number 32
- D. Tapete, *Remote Sensing and Geosciences for Archaeology*, in “Geosciences” 8.41, 2018, pp. 1-10
- E. Wenger, *Communities of practice: learning, meaning and identity*, Cambridge University Press, New York 1998; ed. it. *Comunità di pratica. Apprendimento, significato e identità*, Milano 2006
- J. Wiseman-F. El-Baz (a cura di), *Remote Sensing in Archaeology*, Springer, New York 2017
<https://doi.org/10.1007/0-387-44455-6>