

GEOMATICA E PATRIMONIO DIGITALE. DAI DATI AI MODELLI: QUALE FUTURO?

GEOMATICS AND DIGITAL HERITAGE. FROM DATASET TO MODELS: WHAT NEXT?

G. Tucci ^a

^a Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, GeCo lab, Università degli Studi di Firenze,
Via Micheli 8 Firenze, Italia – grazia.tucci@unifi.it

PAROLE CHIAVE: Geomatica, Beni Culturali, Modelli, Digitalizzazione 3D, stampe 3D

KEY WORDS: Geomatics, Cultural Heritage, Models, 3D Digitization, 3D solid model

RIASSUNTO

Il rapido susseguirsi di innovazioni tecnologiche relative alla produzione di modelli 3D e la crescita negli ultimi anni dei rischi cui è esposto il patrimonio monumentale postula una riflessione a tutto campo sulle prospettive di sviluppo e affinamento delle discipline della Geomatica per una più congrua rispondenza delle linee di ricerca e di esercizio “professionale” specifiche del Settore al trend della domanda odierna, vagliando le potenzialità del loro contributo alla tutela e alla “fruizione” del *cultural heritage* e dell’ambiente antropico.

Un riesame dei passaggi più significativi dell’avvicinamento al “patrimonio digitale” consente di cogliere le modifiche del ruolo che la *geomatrica* è chiamata a svolgere in questo scenario. L’accento si sposta infatti dalla “produzione” di dati digitali, a quella di modelli e con essa al loro “uso” e “riuso”.

Il campo dei beni digitali rappresenta uno dei settori dove non è possibile accentrare le conoscenze in una sola figura, postulando invece un’interazione sinergica tra saperi diversi. Riferendoci al quadro nazionale anche la distinzione fra tutela e valorizzazione ci coinvolge per entrambi gli aspetti, coniugando il più consolidato utilizzo del patrimonio digitale a fini conoscitivi e per la predisposizione di progetti di restauro, con quello, emergente, della “comunicazione”.

Di qui l’interrogativo: quale futuro per la geomatica?

Secondo gli esperti di marketing siamo nella norma: stiamo per assistere ad una fuga senza precedenti dall’identità tradizionale del SSD e dovranno venire ridefiniti, indirizzi, compiti e modi di partecipazione a quelle attività di digitalizzazione già in corso in tutto il mondo.

ABSTRACT

The increase of technological innovations related to the production of 3D models and the growth, in recent years, of the risks to which architectural heritage is exposed, postulates a wide-ranging discussion on the perspectives of development and refinement of the disciplines of geomatics, toward a more adequate application of the lines of research and the use of "professionally" specific sectors to today's trending questions, thus exploiting the potential of their contribution to cultural heritage and the safeguarding and fruition of the anthropic environment.

A review of the most significant steps of the approach to "digital heritage" permits a comprehension of the changing role that geomatics plays in this scenario. The emphasis is, in fact, on moving away from the "production" of digital data, to that of models and, using these models, on to their "use" and "reuse."

The field of digital heritage is an area in which it is not possible to concentrate knowledge in a single person, postulating instead synergic interaction among diverse competencies. With reference to the national scenario, the distinction between “safeguarding” and “promoting” involves professionals in both aspects, combining the established use of digital heritage both for knowledge purposes and for the preparation of restoration projects, and with that, the emergence of "communication."

Hence the question: what is the future for geomatics?

According to marketing experts we are within the norm: we are witnesses to an unprecedented flight from the traditional identity of the SSD and, consequently, guidelines, tasks and methods of participation in digitization activities already underway around the world must be redefined.

1. LA GEOMATICA TRA TUTELA E VALORIZZAZIONE

Ci si interroga qui sul contributo della Geomatica alla produzione di modelli 3D e sulle prospettive di sviluppo del SSD ICAR/06 in rapporto al trend del mercato, vagliandone le potenzialità d’impiego negli ambiti della tutela, della messa in valore e della fruizione del *cultural heritage*, ambiti fino a poc’anzi

interconnessi che il “Codice Urbani” (D. Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42) ha separato, a seguito della riforma del Titolo V parte II della Costituzione, riservando allo Stato quello della tutela e trasferendo alle Autonomie Locali le competenze in materia di valorizzazione. È quindi legittimo, come esperti nelle discipline della Geomatica, discutere sull’afferenza dell’attività di documentazione all’una o all’altra delle due sfere, richiamando come l’ICOMOS già nel Bruxelles Symposium (1966) ne

rimarcasse l'importanza in riferimento al dibattito del secondo dopoguerra e alle direttive del Convegno di Venezia (1964). Il ruolo e i compiti di noi "geomatici" rientravano allora *de plano* nel quadro delle attività di tutela. La cesura sancita dal "Codice" ha fatto sì che anche la documentazione dovesse allinearsi a criteri e strategie di "valorizzazione"¹ tendenti a favorire una fruibilità che sconfinava nel "consumo" del patrimonio culturale (in sintonia con la Legge Ronchey del '93). In questa ottica il rilievo è stato sempre più rivolto alla "comunicazione"². (Ippoliti-Meschini, 2011)

Il passaggio al nuovo indirizzo è individuabile nella Carta Icomos di Ename (Dichiarazione di Quebec) del 2008, ove si dichiara che l'interpretazione dei Siti fa parte del processo di conservazione, intendendosi per interpretazione "la spiegazione o la discussione pubblica pianificata di un sito culturale, estesa alle sue molteplici valenze e per "Infrastrutture Interpretative" tutti i media e le installazioni fisiche che assolvono tale compito (modelli). La Carta si prefigge di rendere consapevole il pubblico del valore dei siti quali "luoghi di apprendimento e riflessione sul passato".

Altra tappa decisiva è l'introduzione del concetto di *Virtual heritage* (1999), così definito da Robert J. Stone, Direttore scientifico di Muse Technologies (Albuquerque, New Mexico): «the use of computer-based interactive technologies to record, preserve, or recreate artefacts, sites and actors of historic, artistic and cultural significance, and to deliver the results openly to a global audience in such a way as to provide formative educational experiences through electronic manipulations of time and space» (Stone, 1999). La definizione è interessante per due motivi: 1 – sottolinea il legame tra digitale e reale nei beni materiali ed immateriali; 2 – correla "virtualizzazione" e conoscenza/salvaguardia, discostandosi da letture del virtuale come sostitutivo del reale (Baudrillard, 2009). Riconosciuta l'importanza del dato digitale, la "Carta sulla Conservazione del Patrimonio Digitale" adottata dall'UNESCO nel 2003, considera i beni digitali, oltre che strumenti di analisi e comunicazione, meritevoli essi stessi di tutela.

Al riguardo cosa ha fatto e può fare la SIFET?

Lo sviluppo delle ICT ed il crollo dei prezzi delle strumentazioni e dei software hanno reso disponibili ad una vasta piattaforma di utenti le tecnologie più avanzate. Il susseguente proliferare nel campo dei Beni Culturali, di rappresentazioni digitali ha condotto, nel 2009, alla "Carta di Londra"³ (Beacham, et al., 2006), che intendeva stabilire rigorosi principi metodologici per la loro visualizzazione digitale, conferendo così ad essa piena validità scientifica.

¹ Di valorizzazione si inizia a parlare nel D.P.R. 805/1975. Essa tende ad apprestare i mezzi per consentire o migliorare la possibilità di accesso ai beni culturali, agevolando così la percezione e l'apprendimento dei valori che li connotano. Nella legislazione in materia non viene mai definito l'esatto significato dei termini "tutela", "gestione" e "valorizzazione". Il nuovo assetto dato alla materia dopo la riforma del Titolo V, Parte II della Costituzione la ha divisa in due sub-materie (la "tutela" e la "valorizzazione"), assegnando la prima all'esclusiva competenza dello Stato e l'altra a quella concorrente delle Regioni. Diviene quindi essenziale definire esattamente i due termini, poiché sulla distinzione di tali concetti si basano i criteri di riparto delle attribuzioni anche amministrative in materia dei diversi livelli istituzionali. In origine non vi era la necessità di esplicitare meglio i contenuti delle due funzioni, dato che entrambe afferivano al medesimo apparato.

² Si veda al riguardo il vol. 4, n.8 (2011) della rivista online 'Disegnarecon' dell'Università di Bologna, a cura di E. Ippoliti

Il nocciolo del problema concerne la consapevolezza che: «anche se per certi scopi la visualizzazione può superare un testo in potenza espressiva, il suo valore esplicativo può essere inferiore. Non importa quanto impegno abbia richiesto produrre il modello; per lo spettatore, un'immagine finita, da sola, non rivela il processo con il quale è stata creata»⁴. Per segnalare il rischio di questo tipo di rappresentazioni si parla di "opacità dell'immagine sincrona"⁵ mentre invece dovrebbe essere reso evidente il rigore con cui è stata costruita. A noi geomatici il "rigore visibile" fa subito venire in mente i "metadata", ma qui riguarda l'integrità intellettuale, la documentazione dei processi, la sostenibilità e l'accessibilità del modello. In definitiva la sua costruzione implica sempre aspetti concettuali che non sono separabili da quelli metrici.

Come SSD, ci siamo mai posti il problema della "trasparenza" della visualizzazione digitale, ovvero di cosa significhi per noi integrità intellettuale?

Oggi il mercato non richiede più solo piante e sezioni, ma modelli 3D dalle declinazioni più varie quando si tratta del patrimonio costruito: rilievo del visibile e dell'invisibile, ad esempio del funzionamento statico dell'organismo costruttivo, la cui comprensione postula un atto critico.

La necessità poi di adeguare il manufatto a nuove esigenze d'uso comporta continue trasformazioni.

Si pensi altresì al rimando ai documenti d'archivio, alla bibliografia, alle figure degli artefici, alle maestranze; alle fonti iconografiche (vedute, maquettes, ecc.) e a disegni di vario tipo, fra cui i precedenti rilievi; ai controlli metrologici e dei rapporti proporzionali, all'analisi dei materiali, dei fenomeni di dissesto e degrado, ecc. Tutto ciò produce modelli diversi di uno stesso oggetto.

Nella ricostruzione 3D della forma architettonica a partire dal dato grezzo, una specifica riflessione va dedicata al rigore metodologico nel passaggio dai dati alle informazioni, alla rappresentazione e alla conoscenza.

Rammento che "l'opacità empirica dell'immagine sincrona" costituisce un pericolo!!!

Come ci poniamo di fronte a tale questione?

L'archeologia per prima ha intuito le potenzialità delle tecnologie digitali, probabilmente all'origine di un nuovo segmento disciplinare: l'Archeologia Virtuale che, a sua volta, recependo prontamente le indicazioni della Carta di Londra, ha portato a varare nel 2009 la Carta di Siviglia⁶.

E. e A. Meschini, dedicato al tema "Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale", con contributi di esperti varie discipline, all'insegna di una proficua contaminazione tra diversi saperi favorita dalla 'rivoluzione digitale', da cui emerge l'importanza conferita al binomio «*Communicate & fun*», indicativo del modo in cui questa inclina a una spettacolarizzazione dei dati informativi e quindi a forme di coinvolgimento emozionale del fruitore.

³ Cfr.: Beacham, R., Denard, H., and Niccolucci, F., 2006. *An Introduction to the London Charter*, in Ioannides, M., et al (eds), *The e-volution of Information Communication Technology in Cultural Heritage: where hi-tech touches the past: risks and challenges for the 21st century*, Short papers from the joint event CIPA/VAST/EG/EuroMed, Budapest: Archeo Lingua.

⁴ <http://www.londoncharter.org/>

⁵ Ibidem

⁶ <http://www.arqueologiavirtual.com/carta/>

Questa, formulata dall' "International Forum of Virtual Archaeology" riprende, con un taglio molto pratico, gli enunciati di quella di Londra per la gestione integrale del Patrimonio Archeologico (Brusaporci-Trizio, 2013). È importante ricordare che nella premessa la carta di Siviglia afferma l'esistenza di una comunità di esperti che si occupa di Archeologia Virtuale, ponendo in primo piano il requisito della interdisciplinarietà: qualsiasi progetto che implichi l'uso nel campo del patrimonio archeologico, delle nuove tecnologie di visualizzazione digitale assistita, deve avvalersi di un team di professionisti provenienti da più rami del sapere (Forte-Williams 2001, Forte 2002, Forte 2010).

Per ciò che riguarda il rilievo del Patrimonio Costruito la nostra attività di documentazione rientra sempre in una fase preliminare di supporto ad azioni che si susseguiranno nel tempo. Nel restauro si è già acquisito il concetto di "conservazione preventiva e programmata"⁷ (Della Torre, 2003); a nostra volta dovremmo postulare la costituzione di una "memoria digitale preventiva" (Carlucci, 2016).

È forse superfluo ricordare quanto gli archivi che oggi possiamo produrre siano importanti nel caso di perdite del patrimonio. Gli stessi archivi di dati diventano preziosi ai fini del "restauro virtuale", in cui simulano gli esiti degli interventi proposti o ipotesi ricostruttive di configurazioni antecedenti.

Esperienze di questo tipo si stanno svolgendo in tutto il mondo e, se sapremo gestire bene le modalità di archivio, potremo sopperire alle distruzioni, sapendo che almeno la memoria digitale non andrà perduta, purché resa disponibile; anche se assistiamo già ad operazioni di marketing, che assimilano ad un *brand* il patrimonio digitale, come indica il proliferare di convegni sul tema e il fatto che la problematica dell'acquisizione, processamento, archiviazione e scambio di dati 3d è argomento di svariati progetti internazionali di ricerca⁸.

Tornando al binomio tutela/valorizzazione, è opportuno distinguere tra messa in valore e valorizzazione, declinata spesso quest'ultima – direbbe Roberto Pane⁹ – in chiave "economicistica". Con il termine "messa in valore" (che vuole ovviare all'ambiguità semantica del termine "valorizzazione") designiamo un'attività mirata a promuovere la comprensione e la fruibilità dei valori espressi dal del patrimonio culturale, investendo prevalentemente i profitti che ne derivano nella tutela. La documentazione avrebbe dunque una duplice finalità: esplicitare i valori insiti nel patrimonio (tutela) e fornire le risorse per la manutenzione e la gestione (messa in valore) dei beni.

⁷ Si vedano le iniziative di Giovanni Urbani negli anni '70 cui fanno richiamo la prima stesura della Carta del Rischio dell'ICR e, più di recente, le proposte di conservazione programmata elaborate da Stefano della Torre; Della Torre, S., a cura di, 2003. *La Conservazione Programmata del Patrimonio Storico Architettonico: linee guida per il piano di conservazione e consuntivo scientifico*, Milano, Guerini.

⁸ Tra i tanti ed a titolo di esempio si ricordano alcuni convegni: Digital Heritage International Congress, Marseille 2013; 3D-ARCH 2013, Trento 2013; Lymassos 2012 - EUROMED2012-2016, Granada - Digital Heritage 2015. Negli ultimi anni sono stati avviati numerosi progetti di digitalizzazione per edifici monumentali e manufatti di varie dimensioni. Un importante progetto europeo è stato Europeana, il cui duplice obiettivo era quello di produrre sia contenuti – ovvero modelli virtuali - che dimostratori tecnologici, ovvero applicazioni in contesti reali finalizzate a dimostrare l'efficacia delle tecnologie sperimentate. Nell'archivio di Europeana, costituito ormai da milioni di oggetti, è possibile trovare libri, dipinti, film, oggetti museali e documenti d'archivio che sono stati digitalizzati in tutta Europa.

Qual è la soglia di demarcazione fra i due ambiti?

Illustro brevemente, quale esempio applicativo di concetti e criteri esposti in precedenza, una recente operazione di restauro condotta dall'ASL 3 di Pistoia e dalla Soprintendenza Belle Arti e Paesaggio per le province di Firenze, Pistoia e Prato sul fregio robbiano dello Spedale del Ceppo, per il quale si sono eseguiti rilievi tridimensionali dell'intera fascia decorativa (sviluppo: 43 m x 1.5 m) e delle singole parti ceramiche (Tucci, et al. 2015; AA.VV., 2015), che rappresenta le Opere di Misericordia, la più spettacolare e impegnativa opera in terracotta invetriata realizzata nei primi decenni del Cinquecento, secondo il procedimento inventato da Luca della Robbia, e proseguita dai Buglioni.

Dopo le scansioni tridimensionali del portico si è proceduto (Fig 1) al rilievo fotogrammetrico del fregio e dei medaglioni onde ottenere modelli di superficie ed ortoimmagini in scala 1:5, realizzando 4.593 immagini e 359 punti di controllo per una documentazione completa dell'intero apparato plastico (fascia con le singole scene, medaglioni ed arpie).

Gli obiettivi erano molteplici: dal rilievo metrico di dettaglio, mancante finora, all'uso del modello per i diversi tematismi (fig 2) relativi allo studio dello stato di conservazione, individuando i materiali e le forme di degrado, a supporto delle scelte di restauro.

Al termine dei lavori, una nuova campagna di acquisizioni ha consentito, oltreché il confronto tra lo stato antecedente e quello dopo il restauro (fig 3), di fornire la base di partenza per un vero e proprio programma di manutenzione.

Lo studio del fregio ai fini dell'intervento ha fornito peraltro una opportunità per affrontare la questione del restauro virtuale: la figura femminile acefala della scena *Vestire gli ignudi*, che investiva la problematica del trattamento delle lacune, è stata oggetto di una ricerca sulla possibilità di integrare le parti perdute: disponendo infatti di una "copia virtuale", metricamente attendibile, si potevano compiere su di essa tutte le verifiche per la ricollocazione dei frammenti ed il reintegro delle mancanze, sulla scorta della documentazione disponibile e di un'esatta conoscenza delle geometrie dell'opera in tutti i dettagli al fine di ristabilirne l'integrità formale. Il "restauro virtuale" permette di proporre infinite soluzioni individuando in tal modo quella più confacente, senza manomettere il manufatto autentico; come avvertiva Riegl¹⁰, l'integrazione delle parti mutile, sempre derivante da interpretazione soggettiva, è lecita solo se condotta

Alcuni progetti di digitalizzazione sono stati incentrati su manufatti tridimensionali, come CARARE (<http://pro.europeana.eu/web/carare>) e 3D - COFORM (<http://www.3d-coform.eu>), fino al più recente 3D - ICONE (<http://pro.europeana.eu/web/3d-icone>). Organizzazioni che da tempo hanno affrontato l'argomento: Getty Foundation, il museo Smithsonian, senza contare gli innumerevoli Comitati Scientifici, composti di professionisti ed esperti con strutture dati già codificate o in fase di sviluppo: CIDOC-CRM, CityGML, Web3D consortium.

⁹ Pane, R., (Taranto, 1897 – Sorrento 1987). Protagonista in Italia del dibattito sul restauro nel secondo dopoguerra. Coestensore, insieme a Piero Gazzola della Carta di Venezia (1964)

¹⁰ Alois Riegl (1858 – 1905) esponente della *Wiener Schule der Kunstgeschichte*, nominato nel 1903 presidente della Reale e Imperiale commissione per lo studio e la conservazione dei monumenti storici artistici dell'Austria-Ungheria; pubblicò *Der moderne Denkmalkultus. Sein Wesen und seine Entstehung*, in cui definisce il campo disciplinare e i principi della conservazione.

su una copia (quindi sul modello) e non già sull'originale, quale ci è pervenuto, che non possiamo alterare in alcun modo, menomandone l'autenticità.

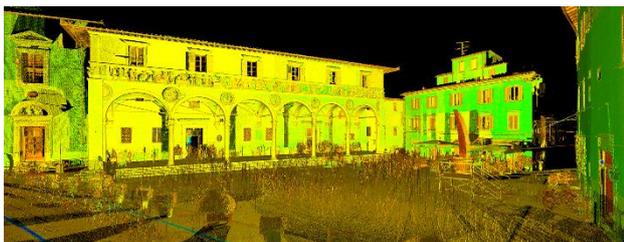


Figura 1. Piazza Giovanni XXIII, il loggiato dell'Ospedale del Ceppo. Modello di punti 3D ottenuto da acquisizioni laser scanner. Rilievo Geco lab. 2013.



Figura 2. Esempio di tematismo sulla scena *Vestire gli ignudi*. Si noti la perdita del volto della quarta figura da sinistra. Rilievo Geco lab. 2015.



Figura 3. Ortofoto pre e post restauro della scena *Vestire gli Ignudi*. Rilievo Geco lab. 2015.

La modellazione del volto è stata quindi condotta sulla base di accurate osservazioni degli elementi esistenti e di controlli proporzionali e antropometrici (Fig 4). Rimane comunque ai restauratori il difficile e delicato compito di raggiungere l'equilibrio fra rigore conservativo e il "ristabilimento dell'unità potenziale dell'opera d'arte", purché ciò avvenga senza compiere un falso artistico o un falso storico e cancellare i segni del passaggio dell'opera d'arte attraverso il tempo", come enunciato da Cesare Brandi¹¹.

I rilievi tridimensionali di cui ci si è avvalsi per le indagini e lo studio del progetto e per il restauro virtuale possono altresì essere utilizzati ai fini della messa in valore. Quando la Soprintendenza, in accordo con la ASL proprietaria dell'immobile, ne ha intrapreso il restauro, ha ritenuto che l'allestimento dei ponteggi offrisse una opportunità eccezionale per avvicinare il pubblico a questo capolavoro della plastica rinascimentale aprendo alle visite il cantiere così da permettere l'osservazione ravvicinata di tutti i dettagli delle figurazioni.

¹¹ Cesare Brandi, (1906 – 1988) storico e critico d'arte senese, saggista, direttore dell'ICR dal 1939 al 1961. Autore di una



Figura 4. Proposta di integrazione (restauro virtuale) del volto femminile della scena *Vestire gli ignudi*. Rilievo Geco lab. 2015.

Smontati i ponteggi con l'ultimazione dei lavori il fregio rimane percepibile solo a distanza, non consentendo più di apprezzare la maestria degli artefici. Pertanto una *app* per devices portatili, una postazione *on site* oppure *on line* consentendo l'esplorazione di un modello tridimensionale di dettaglio, rappresentano un modo di fruizione anche emotiva dell'opera (Fig 5).



Figura 5. Esplorazione del modello 3D attraverso un *ipad* con la possibilità di associare contenuti multimediali.

Alla visione ravvicinata dai ponteggi subentra una visita virtuale densa di stimoli e informazioni. Il rilievo per la comunicazione raggiunge così un pubblico più vasto, venendo incontro alle differenti esigenze di carattere didattico – divulgativo (come quelle di fasce di età diverse, di soggetti diversamente abili, come gli ipovedenti che possono avvalersi della esplorazione tattile di modelli fisici).

Qual è quindi il ruolo del rilievo nel binomio tutela/valorizzazione?

Nella terza "International conference on augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics" (Lecce, 2016) Matteo delle Piane (CNR Pisa) si interrogava su quanto rimanga ancora di irrisolto nell'acquisizione dei dati e nel controllo della loro qualità, specie riguardo al colore e ai materiali, alla presentazione dei dati e alle possibili applicazioni alla stampa 3D.

Queste le tematiche affrontate nel Digital Heritage International Congress di Granada (2015): Analisi e interpretazione; Modelli 3D per la valutazione del rischio; Modelli semantici; BIM; Modelli multitemporali; Teorie, metodologie, standard; Buone pratiche per la digitalizzazione dei BC; Comunicazione, didattica, formazione. Un Congresso annunciato come multidisciplinare che sposta l'attenzione dall'acquisizione dei dati all'uso critico dei modelli.

fondamentale teoria del restauro, riferimento d'obbligo per chi si occupa dell'argomento.

Ma per uniformarsi ancor più alle direttive europee nelle linee di finanziamento sul tema, dovremmo occuparci “dell’uso e del riuso” dell’enorme quantità dei dati acquisiti in questi anni e quindi di modelli “interpretativi”, cui fanno riferimento tutte le altre discipline.

2. LA GEOMATICA, UN CONNETTIVO PER IL DIALOGO MULTIDISCIPLINARE?

Ciò che mi colpisce è proprio la mancanza di confronto all’interno della nostra comunità scientifica e la scarsa partecipazione al dibattito internazionale.

Tornando alla cesura fra tutela e valorizzazione ritengo che occorra, riguardo alla prima, un “rilancio” dell’importanza della rilevazione, riscattando la geomatica da un ruolo di servizio, volto alla mera acquisizione di dati metrici per interfacciarsi meglio con altre discipline che si applicano allo studio e alla preservazione del patrimonio storico, e farne un interlocutore con pari dignità.

Il mondo dei Beni Culturali non può prescindere dal coinvolgimento di competenze diverse e dall’interdisciplinarietà che richiede di stabilire un lessico condiviso con altri settori. Nel campo architettonico e ambientale, nonostante si parli di standard e buone pratiche e nonostante i progetti già avviati al riguardo, non si hanno codici procedurali condivisi.

Continuano a costituirsi gruppi interdisciplinari di esperti per la costruzione di modelli interpretativi, come richiedono le più recenti raccomandazioni Europee.

È appena stato avviato il progetto CD-ETA Interreg “Collaborative Digitization of Natural and Cultural Heritage”¹², con la partecipazione di 7 partners, che dovrebbe concludersi nel 2021 e che verte sulla ricerca di “buone pratiche”, così come il 26esimo simposio biennale del CIPA in programma ad Ottawa nel prossimo Agosto-Settembre (Digital Workflows for Conservation)¹³ che, consapevole della difficoltà di individuare standard nel settore dei BB.CC. tenta quantomeno di esplorare e porre a confronto approcci diversi e valutare i risultati fin qui raggiunti nella produzione e gestione dei dati digitali ai fini della conservazione del patrimonio culturale.

Non possiamo continuare ad essere assenti in questi contesti.

Ma qual è il nostro ruolo?

Forse da ripensare, ma senz’altro esso non può relegarci a quello di timidi interlocutori secondari; non vi sono più ruoli prioritari e di servizio, anzi il ruolo del rilievo e delle informazioni spaziali diviene sempre più cardine delle iniziative progettuali e di valorizzazione. In definitiva, dobbiamo essere maggiormente presenti nel dibattito internazionale e, in linea con le richieste che vengono fatte dalla UE, vagliare meglio le possibilità di uso e «riuso» dei dati digitali, inserendoci con pari dignità in team interdisciplinari.

Due recenti iniziative che coinvolgono il laboratorio Geco da me coordinato vanno proprio in questa direzione: la prima riguarda il Castello di Montecchio, dove una Associazione per il Turismo Accessibile nella Val di Chiana aretina e alcuni operatori economici (interessati alla promozione del territorio, ad attività formative e alla comunicazione multimediale) con l’ausilio di un gruppo studiosi, si propongono la valorizzazione del complesso

e del suo intorno, in vista di farne un caso pilota di sviluppo sostenibile, di attrarre risorse economiche che possano contribuire alla migliore salvaguardia e gestione del manufatto (Fig. 6, 7), attualmente in uso e già restaurato: il rilievo ha il fine di produrre un modello tridimensionale che consenta di visualizzarne l’evoluzione diacronica fornendo la base per ulteriori iniziative promozionali, per una fruizione più estesa del Castello oltre a generare nuove competenze professionali, creando altresì opportunità di impresa e occupazione qualificata



Figura 6. Il castello di Montecchio. Rilievo Geco lab. 2016.



Figura 7. Immagine sferica dell’interno del castello di Montecchio acquisita da scanner 3D. Rilievo Geco lab. 2016.

La seconda, riguardante la Fortezza da Basso a Firenze, effettuata su commessa del Comune¹⁴ e in collaborazione con IGM, CNR ed altri esperti della Università di Firenze, si proponeva di compiere il rilievo critico delle mura e dei bastioni con impiego di tecniche geomatiche (Fig 8, 9) quale base cui riferire saggi materici, indagini diagnostiche e analisi stratigrafiche, accertandone così lo stato di consistenza e conservazione. In entrambi i casi il rilievo costituisce il connettivo tra le varie professionalità coinvolte.

la verifica dello stato di conservazione del bene monumentale, che coinvolge: Istituto Geografico Militare (IGM); Università degli Studi di Firenze (UNIFI); Istituto per la conservazione e valorizzazione dei beni culturali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ICVBC - CNR) e Comune di Firenze. <https://www.youtube.com/watch?v=pXrW8amhWHM&feature=youtu.be>

¹² <http://www.interregeurope.eu/cd-eta/>

¹³ <http://www.cipaottawa.org/>

¹⁴ Con Deliberazione della Giunta Comunale n. 2015/G/00377 del 16.10.2015 è stato approvato lo schema di protocollo d’intesa, così come integrato dalla determinazione dirigenziale n. 2015/DD/20605 del 23.11.2015, finalizzato alla costituzione di un comitato tecnico-scientifico inter-istituzionale per l’elaborazione del rilievo critico corredato dei saggi materici per



Figura 8. Fortezza da Basso a Firenze: è stato eseguito un volo con SAPR per la produzione di un modello e di un'ortofoto. *Rilievo Geco lab. 2015-2017*



Figura 9. Fortezza da Basso a Firenze: immagine del modello di punti ottenuto con l'uso di sistemi laser scanner (da postazioni fisse e mobili) e sistemi fotogrammetrici. *Rilievo Geco lab. 2015-2017.*

3. UNA SFIDA: DIGITALIZZARE IL PATRIMONIO

Se guardiamo cosa succede sul fronte della digitalizzazione, ci rendiamo conto che è in atto un processo di digitalizzazione pervasivo a tutte le scale. È un continuo incalzare di programmi con finalità diverse e non sempre esplicitamente dichiarate. Non vi è certo sfuggita la notizia (25 maggio scorso¹⁵) dell'accordo tra Galleria degli Uffizi e l'Università dell'Indiana (per un importo di 600.000 dollari) riguardante la digitalizzazione 3D dell'intero patrimonio lapideo archeologico greco e romano del

¹⁵http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Comunicati/visualizza_asset.htm_l_17990678.html

¹⁶ “Il progetto contempla la realizzazione di modelli 3D che saranno resi disponibili online entro il 2020 per scopi sia di studio, sia di tutela. Si tratta di un'operazione che interessa circa 1260 opere d'arte. L'intero costo dell'operazione è assunto dall'Università dell'Indiana”(…). “La scansione sistematica del patrimonio scultoreo antico degli Uffizi – ha affermato il Direttore degli Uffizi, Eike Schmidt - aprirà prospettive affatto

museo degli Uffizi, di Palazzo Pitti e del Giardino di Boboli¹⁶. Uno dei progetti ambiziosi, su cui è forse prematuro pronunciarsi, ma che pone vari interrogativi circa la struttura, il tipo di organizzazione, la qualità e proprietà dei dati acquisiti, nonché sulla reale possibilità di condivisione e sul loro utilizzo. Il sistema innovativo di cui si parla è sostanzialmente la fotogrammetria. Tre gli obiettivi proposti: l'accesso degli studiosi di tutto il mondo ai modelli 3D; la catalogazione e tutela nell'evenienza di disastri e perdite per cause diverse; la simulazione dell'aspetto cromatico originario.

Sono in corso altri progetti di archivi digitali, come il Cyark¹⁷, a cura dell'omonima organizzazione no profit istituita a Oakland nel 2003 con la mission di assicurare la disponibilità di modelli 3D dei siti del nostro patrimonio per trasmetterli ai posteri grazie all'impiego delle nuove tecnologie, e il cui compito iniziale è quello di digitalizzare 500 siti. La stessa idea impronta i sottoprogetti che aggregano tematiche differenti, di cui si apprende dalla consultazione del sito web. Particolare attenzione viene rivolta al tema della formazione: il Cyark Technology Center si propone di trasferire ai giovani e a gruppi locali con programmi dedicati (di architettura, archeologia, geomatica) l'opportuno know-how.

Tra le altre esperienze il progetto Mosul, realizzato grazie alla collaborazione del *The Economist* con il gruppo no profit Rekrei, che ha preso avvio dopo la distruzione di elementi significativi del patrimonio della città nel Nord dell'Iraq da parte di militanti islamici. Matthew Vincent e Chance Coughenour, due dottorandi di archeologia, hanno proposto la conservazione digitale del patrimonio scomparso tramite crowdsourcing di dati digitali per renderne condivisibile, su varie piattaforme, la ricostruzione, attraverso tecniche di fotogrammetria digitale (RecoVr Mosul)¹⁸. Migliaia di immagini sono state caricate da abitanti locali, turisti e persino soldati americani presenti nella zona di guerra, creando così un museo digitale “collaborativo” che ne serbasse la memoria.

In Nepal dopo il terremoto, pur senza conseguire lo stesso successo, si è aggiunto un altro tassello: le immagini in questo caso questa volta sono state acquisite con drone da parte del Centro nazionale per l'aeronautica e lo spazio di Berlino, utilizzando una camera MACS, mentre il modello 3D è stato realizzato dalla società Drones Imaging. Ne è scaturita comunque la consapevolezza di come il sistema per creare una memoria digitale di quanto scomparso sia applicabile su vasta scala.

Diversi gruppi di ricerca e documentazione, in accordo con la DGAM, stanno lavorando a Palmira per registrare lo stato quo ante e fornire ad esperti e studiosi un'accurata documentazione prima di ogni lavoro di pulizia, con la schedatura dei blocchi danneggiati e generando un modello 3D che sia di ausilio alla definizione degli interventi di restauro.

Tutte queste operazioni fanno sorgere nuovi interrogativi circa la possibilità che, sfuggendo ad un controllo critico, si sostituisca nell'immaginario collettivo un simulacro alla realtà del patrimonio monumentale. Sono almeno due gli aspetti che richiedono attente valutazioni: un aspetto culturale – il binomio

nuove per la ricerca, permettendo integrazioni e restauri virtuali (come quello delle policromie) con una precisione finora impensabile, come pure un'accessibilità e una fruizione globale e perfino un rilevamento così particolareggiato da fungere praticamente come 'copia di sicurezza' delle statue antiche”..

¹⁷ <http://www.cyark.org>

¹⁸ <http://www.doclab.org/2015/recovr-mosul-a-collective-reconstruction/>;
<http://www.economist.com/blogs/prospero/2016/05/virtual-reality>

virtuale/reale con le sue intrinseche insidie - e uno tecnico, legato alla certificazione dei dati che si vanno raccogliendo.

Se dalla scala architettonica passiamo alle collezioni museali, anche qui emergono nuovi trend, da considerare per le ricadute sul mercato del lavoro e segnatamente nel nostro settore. Il museo di oggi punta a un coinvolgimento emotivo e a favorire esperienze multiformi, capaci, stimolando i sensi e l'immaginazione del visitatore, di promuoverne un ruolo attivo e la socializzazione.

Chi sono quindi i protagonisti dell'odierno scenario museale?

I cosiddetti *smart e virtual objects*, (Romano et al., 2016) capaci di generare collegamenti e percorsi che oltrepassano le barriere fisiche e i limiti materiali degli orizzonti.

Vi sono sempre coloro che, in una esperienza di visita dinamica e dilatata nei tempi e negli spazi, interagiscono prima-durante-dopo, dentro-fuori i musei, nei bistrot, come anche nei più diversi *social space*.

I modelli digitali 3D rivestono un ruolo fondamentale, ma sono ancora una volta il risultato dell'aggregazione di più saperi, poiché il loro fine non si limita alla creazione di contesti spettacolari. Il ruolo, di noi "geomatici" non può restringersi a quello di acquisire i dati, ma deve prendere parte al progetto delle modalità di fruizione dei contenuti, fornendo così nuovi servizi e non solo dati.

Negli ultimi anni si è affermata l'idea che la tecnologia digitale e in particolare la modellazione tridimensionale possa contribuire alla "democratizzazione" della cultura. Spero che non sia una ennesima trovata di quella "industria culturale" tendente a mercificare anche ciò che non dovrebbe essere subordinato a logiche di profitto andando incontro alle aspettative dei consumatori per suscitare il consenso. Senza allinearsi alle appassionate denunce di Robert Hughes che contrappone l'elitarismo e lo snobismo a un siffatto processo, non si può tuttavia misconoscere che le premesse dell'Agenda Digitale per l'Europa postulavano l'esigenza di portare, attraverso la digitalizzazione, la cultura nelle case della gente a vantaggio dell'istruzione, del turismo e del tempo libero.

Una ricaduta dell'investimento nella digitalizzazione prometteva la nascita di nuove imprese e nuovi posti di lavoro (Morbidelli-Bartolini, 2016). Si stanno diffondendo iniziative di università americane che puntano sulla digitalizzazione di modelli 3D partendo dal fatto che molti paesi e musei regionali o università possiedono collezioni ubicate nei depositi, sottoutilizzate o difficilmente proponibili perché disperse in vari musei e quindi sconosciute; un archivio digitale rende fruibili queste collezioni sia da parte degli studiosi che delle comunità. Digitalizzare intere collezioni non è difficile negli Stati Uniti dove \$100,000 è il provento delle tasse di 25 famiglie destinato alle università¹⁹. Se negli Stati Uniti è possibile costruire un centro di tecnologie spaziali applicate e muoversi ovunque per digitalizzare opere d'arte avvalendosi delle risorse fornite dalle tasse per sostanziare una idea di "democratizzazione", penso che da noi non sussistano le premesse per collocarsi sullo stesso piano e occorra trovare un'altra strada. Tale strada, per i geomatici, non può essere che la verifica di qualità dei dati. E' essenziale proporsi come interlocutori e formatori in quanto il processo di immissione sul mercato di modelli 3D è di fatto inarrestabile. Per fornire un

¹⁹ Il Center for Virtualization and Applied Spatial Technologies. (CVASt) è stato costituito grazie al cospicuo cofinanziamento di una Fondazione e dell'Università del South Florida. <https://cvast.usf.edu/>

²⁰ La Regione con questi progetti ha inteso attivare e consolidare sempre più i rapporti con le istituzioni di ricerca per la valorizzazione del territorio e dei beni culturali, delle strutture didattiche e di ricerca, realizzare interventi di qualificazione e

contributo utile alla realizzazione dei modelli occorre divenire promotori di progetti e sviluppare linguaggi che permettano di interagire con altri settori disciplinari.

Un esempio di progetto pilota interdisciplinare è stato finanziato dalla Regione Toscana, nell'ambito del programma europeo POR CREO FESR²⁰, con l'obiettivo di recuperare e favorire la fruizione di un patrimonio culturale "nascosto", quello egeocipriota, conservato nei magazzini di musei principali o esposto in musei "minori" della Toscana.



Figura 10. Esempio di scheda di un oggetto tridimensionale della collezione Musint. *Rilievo Geco lab. 2011.*

Si è trattato sostanzialmente di ricomporre, in una realtà virtuale, le collezioni sparse nella Regione offrendo una visione completa di questo patrimonio con la storia della sua formazione, la ricostruzione delle fonti e dei contesti storici, geografici e culturali, dando anche al visitatore la possibilità interattiva di interrogare la presentazione e di approfondire la sua partecipazione secondo le proprie esigenze e le proprie curiosità culturali (Fig 10, 11).



Figura 11. Modello 3D di una tazza tronconica monoansata del Museo Archeologico di Firenze. Il modello fa parte della collezione Musint. *Rilievo Geco lab. 2011.*

La concezione di base del progetto Musint (Jasink et al., 2011; Tucci et al., 2012, Jasink et al., 2011b) è quella di rivolgersi ad un pubblico il più vasto possibile, dai cosiddetti visitatori "curiosity-driven" agli studenti, anche delle scuole primarie.

È stato questo il contesto che ha fornito l'occasione per ottimizzare la metodologia di digitalizzazione, conducendo alla stesura di linee-guida per la creazione di modelli 3D di reperti archeologici da esportare anche in ambiti diversi. Oggi in ambito museale si parla di partecipazione e coinvolgimento di pubblici diversi e i visitatori reclamano stili diversificati di visita e

sviluppo delle infrastrutture per l'aggregazione ottimale di funzioni e servizi, promuovere la costituzione di reti di ricerca e lo sviluppo e qualificazione di poli e centri di competenza.

Sostenendo la capacità regionale di produrre nuova conoscenza e raccordando il mondo della ricerca alle imprese, vorrebbe incentivare la diffusione di nuove professionalità e tecnologie e, anche per tale tramite, favorire la reindustrializzazione e la modernizzazione del sistema produttivo regionale.

modalità di apprendimento personalizzate per entrare in contatto tra di loro e con il museo.



Figura 12, 13. Stampe solide del Palazzo dei Priori di Perugia. La stampa, esplorabile anche negli spazi interni è nel percorso museale a supporto della comprensione degli spazi da parte di ipovedenti e a scopo didattico. *Elaborazione Geco lab. 2010.*

Anche in questi casi essa non può limitarsi a una replica “fotorealistica” dell’oggetto, scientificamente insignificante se non addirittura fuorviante, ma ha senso come strumento di esplorazione del manufatto in tutte le sue valenze e non può certo piegarsi a fornire dei surrogati della realtà per un consumo diffuso.

Gli “ecosistemi digitali” ci forniscono strumenti per compiere nuove letture tramite i Nuovi Media, ormai diventati attori della nostra quotidianità e dell’esperienza di visita. Mi riferisco anche alle riproduzioni fisiche per ipovedenti e a fini didattici²¹ realizzate mediante la stampa 3D (Fig 12, 13, 18, 19).

Per dotare il Museo di casa Martelli (Bietti et al., 2011) a Firenze, di supporti didattici e di accoglienza “atti a creare occasioni di visita, d’incontro o di ospitalità, come manifestazioni artistiche, letterarie e musicali” secondo la moderna ottica di fruizione, il Laboratorio GeCo²² ha sviluppato un progetto di comunicazione imperniato sulla realtà virtuale, “considerando le straordinarie potenzialità di strumenti che, in particolare attraverso il racconto visivo delle opere di scultura legate alla famiglia e al palazzo stesso, anche se non più presenti, contribuiscano alla restituzione di un contesto stratificato nel tempo”.

²¹ Nel 2007 è stata siglata una convenzione tra Amministrazione Comunale di Perugia e Università degli Studi di Firenze per il progetto di ricerca “Perugia da vedere e da toccare” che ha prodotto anche modelli tattili per ipovedenti e modelli didattici



Figura 14, 15. La disponibilità di un modello tridimensionale del fregio dello Spedale del Ceppo ha consentito di traslare sulle stampe solide le operazioni di ipotesi ricostruttive senza alterare l’opera. *Rilievo Geco lab. 2016.*

La ricomposizione virtuale risponde alla necessità di ampliare lo sguardo nel recupero di connessioni non più evidenti fra opere, luoghi e protagonisti della storia del palazzo. Il modello tridimensionale offre l’opportunità di entrare e percorrere lo spazio della Galleria così come la dovette pensare e realizzare il suo più recente ideatore Marco Martelli quando, agli inizi dell’Ottocento, delinò il bel catalogo illustrato dalla descrizione grafica delle sale e degli oggetti. Fra questi uno speciale posto occupava la statua del San Giovannino, oggi nella sala di Donatello al Bargello, la cui ricostruzione digitale in 3D, unitamente a quella del salone che lo ospitava, è uno dei principali approfondimenti tematici del progetto (Fig 16, 17).

La stampa 3D mostra però la sua forza di impatto se manifesta anche la propria valenza socioculturale. Animano infatti il 3D printing il mondo hacker, le comunità open source e il movimento maker che si riconosce nel motto *Do It Yourself*. Sono stati appunto gli *hacker* a dar luogo a un’esplosione di sperimentazioni. Si tratta di attori che intorno al *3D printing* stanno dando vita a quella che è stata definita la *Commons-based peer production*, un nuovo sistema produttivo in cui la creatività di una moltitudine di persone si coordina attraverso la rete in progetti estranei a logiche di organizzazione gerarchica e/o a processi di progettazione e di decisione centralizzati.

per la presentazione delle fasi di costruzione del Palazzo dei Priori e di Piazza IV Novembre;

<http://www.archeomatica.it/musei/perugia-da-vedere-e-da-toccare-grazie-a-modelli-tattili-3d>

²² <http://www.geomaticaeconservazione.it/>



Figura 16, 17. Modello 3D del San Giovannino (Museo del Bargello), originariamente parte della collezione di Casa Martelli. A destra una immagine durante le acquisizioni. L'obiettivo è quello di ripristinare l'integrità della collezione e di ricollocare una copia della scultura nella posizione originaria.

Stanno proliferando siti che mettono a disposizione gratuitamente progetti pronti per essere stampati o eventualmente modificati. Alcuni esempi: la rete mondiale dei Fab Lab; MyMiniFactory, un sito web dedicato alla condivisione libera di file 3D stampabili. Ogni oggetto disponibile sul sito è stato testato e stampato. Il database copre un largo range di oggetti differenti suddivisi in categorie.

Sempre sul fronte della comunicazione Alexander Armstrong and Dr Michael Scott negli ultimi documentari per la BBC, *Italy's Invisible Cities*²³, hanno definitivamente sdoganato l'uso dei modelli di punti per l'esplorazione e il racconto della storia delle città.

Secondo gli esperti di marketing siamo assolutamente nella norma: stiamo per assistere ad una fuga senza precedenti dall'identità tradizionale del SSD e nella fluidità tra etnie, generazioni, ruoli, professioni e settori disciplinari, dovranno venire ridefiniti, indirizzi, compiti e modi di partecipazione a quelle attività di digitalizzazione già in corso in tutto il mondo.

Open data, big data, crowdsourcing e partecipazione sociale per la costruzione del patrimonio digitale che non prevede più ruoli primari e ruoli ancillari e per cui si devono individuare nuovi servizi e nuove policy.

La velocità dei mutamenti economici non consente di sapere quali saranno i settori più promettenti su cui investire, ma gli indirizzi di Europa Digitale lanciano segnali non trascurabili dell'esigenza di aprirsi a nuove professionalità. È del 24 maggio 2016 la notizia²⁴ del bando per 500 posti a tempo indeterminato presso il MiBACT di funzionari da inquadrare nel settore Beni Culturali per una migliore tutela e valorizzazione del patrimonio.

²³ <http://bbc.in/2h4MZCx>



Figura 18, 19. Edicola del Santo Sepolcro di Gerusalemme. Modello solido eseguito a fini espositivi e comunicativi. *Rilievo ed elaborazioni Geco lab. 2010.*

4. QUALCHE RIFLESSIONE

Al termine di tanti interrogativi vorrei concludere con alcuni spunti di riflessione. Anche noi dovremmo ridefinire indirizzi, compiti e modi di partecipazione per “governare il mondo del lavoro” anziché subire gli effetti delle logiche di mercato.

Mi rifaccio all'esortazione di un editoriale di Geomedia (Carlucci 2015), dove si ricorda che la SIFET ha tra i suoi scopi principali proprio la difesa e diffusione delle nostre materie, non dimenticando che la ricostruzione 3D a partire da immagini non può che essere condotta attraverso metodi fotogrammetrici se vuole avere valore scientifico.

Un altro spunto mi è fornito dall'articolo a firma di Tomaso Montanari (“La Repubblica”, 6 giugno 2016) sull'intervento del Ministro Franceschini all'Assemblea di Confindustria di qualche settimana prima in cui il Ministro asseriva: «<< siamo un paese che ha investito tantissimo in tutela. Abbiamo fatto bene: abbiamo vinto quella battaglia, abbiamo punte di eccellenza. Ma non abbiamo investito altrettanto in valorizzazione>>». In realtà – osservava Montanari - ogni giorno in questo Paese ci troviamo di fronte all'evidenza del contrario e temo il danno di questa retorica che prelude all'avvento di una valorizzazione pigliatutto.

Come geomatici possiamo reinventare delle professionalità nella direzione della valorizzazione ma non dobbiamo rinunciare ad un ruolo attivo nella tutela per produrre una inversione di tendenza e chissà se un giorno anziché preoccuparsi di *app* per *Iphone* commissionati da esperti di marketing per i nostri musei non ci si

²⁴<http://www.governo.it/articolo/pubblicati-i-bandi-500-funzionari-del-ministero-dei-beni-culturali/4811>

trovi davvero di fronte a strutture capaci di produrre insieme difesa del territorio, ricerca, conoscenza e piacere diffuso, in grado di farci percorrere il nostro patrimonio non come clienti o consumatori, ma come pellegrini della conoscenza gratuita. Non come numeri da esibire a fini propagandistici, ma come persone alla ricerca di quel “pieno sviluppo della persona umana” (articolo 3 della Costituzione) che è il vero scopo di ciò che chiamiamo Patrimonio Culturale.

La tecnologia e i metodi della geomatica usati sapientemente per la valorizzazione devono essere il nostro contributo per il rilancio della tutela!

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2015. *Avvicinatevi alla bellezza, Il fregio dello Spedale del Ceppo*. Giorgio Tesi Editrice.
- Baudrillard, J., 2009. *La scomparsa della realtà. Antologia di scritti*, ed. it., Lupetti.
- Beacham, R., Denard, H., and Niccolucci, F., 2006. An Introduction to the London Charter, in Ioannides, M., et al (eds), *The e-volution of Information Communication Technology in Cultural Heritage: where hi-tech touches the past: risks and challenges for the 21st century*, Joint event CIPA/VAST/EG/EuroMed, Budapest: Archeo Lingua.
- Bietti M., Cini D., Fiorelli Malesci F., Tucci G., 2011. Il Museo di Casa Martelli a Firenze: progetto di ricomposizione e di estensione virtuale, in: Jasink A.M., Tucci G., Bombardieri L. (a cura di), *MUSINT. Le Collezioni archeologiche egee e cipriote in Toscana. Ricerche ed esperienze di museologia interattiva*, Firenze, Firenze University Press, ISBN 978-88-6655-083-9, pp. 271-276
- Brusaporci, S., Trizio, I., 2013. La Carta di Londra e il Patrimonio Architettonico: riflessioni circa una possibile implementazione, in *SCIRES-IT*, vol. 3, Issue 2, pp. 55-68
- Carlucci R., 2015. Topografia liquida e fotogrammetria solida, Editoriale di *Geomedia*, V. 19, n.6
- Carlucci, R., 2016. Dalla scomposizione della realtà alla memoria digitale preventiva, Editoriale di *Archeomatica - Tecnologie per i Beni Culturali*, N 1.
- Della Torre, S., a cura di, 2003. *La Conservazione Programmata del Patrimonio Storico Architettonico: linee guida per il piano di conservazione e consuntivo scientifico*, Milano, Guerini.
- Forte M., Williams R. (a cura di), 2001. *The reconstruction of archaeological landscapes through digital technologies: proceedings of the 1 Italy-United States Workshop*, Boston, Massachusetts, USA, November 1-3;
- Forte, M., 2002. I sistemi informativi geografici in archeologia, in *MondoGis*, Roma,
- Forte M. (a cura di), 2010. *Cyber-Archaeology*, Archaeopress, Oxford.
- Ippoliti E., Meschini A., (a cura di) 2011. *Disegnarecon, Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale*, Vol. 4, n. 8, ISSN 1828 5961
- Jasink, A. M., Tucci, G., Bombardieri, L., (a cura di) 2011. *MUSINT Le Collezioni archeologiche egee e cipriote in Toscana. Ricerche ed esperienze di museologia interattiva*. Firenze University Press, pp. 1-278
- Jasink A. M., Tucci G., Cini D., 2011b. MUSINT: A Virtual Habitat for Relocated Archaeological Artifacts, in: *Proceedings of the 16th Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, Vienna, Austria, November 14-16, Museen der Stadt Wien – Urban Archaeology, ISBN 978-3-200-02740-4, 2012, pp. 185-200 [ebook edition online: http://www.stadtarchaeologie.at/?page_id=5665 Sessions Part 1: http://www.stadtarchaeologie.at/wp-content/uploads/eBook_CHNT16_Part3.pdf (accessed 30/10/2012)].
- Morbidei G., Bartolini A., 2016. *L'immateriale economico nei beni culturali*. G Giappichelli editore.
- Romano M., Díaz P., Ignacio A., D'agostino P., 2016. Augmenting smart objects for cultural heritage: a usability experiment, in *Lecture notes in computer science*, Springer International Publishing, v. 9769 pp. 186-204.
- Stone, R. J., 1999. *Virtual Heritage*, Unesco World Heritage Review, Oct., n. 13, pp. 18-27.
- Tucci, G., Cini, D., Nobile, A., 2012. A Defined Process to Digitally Reproduce in 3D a Wide Set of Archaeological Artifacts for Virtual Investigation and Display. *Journal of earth science and engineering*, vol. 2, pp. 118-131, ISSN:2159-581X; <http://www.davidpublishing.com/davidpublishing/upfile/3/29/2012/2012032985861889.pdf>
- Tucci G., Bonora V., Conti A, Fiorini L., 2015. Benchmarking Range-Based and Image-Based Techniques for Digitizing a Glazed Earthenware Frieze, *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-5/W3, 2015, pp.315-322.