

Memoria e modello digitale. La costruzione di un sistema informativo per la salvaguardia del patrimonio architettonico diffuso dell'Upper Kama

Anna Dell'Amico

DICAr - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Pavia, Italia

Abstract

Following the European guidelines, research in the architecture sector has been committed to seeking open systems, which can be implemented in stages for structuring methodological protocols applicable to digitization to enhance Cultural Heritage. The H2020-RISE-PROMETHEUS project, coordinated by the University of Pavia, aims to define a multi-scalar digital information system to safeguard the historical memory of the heritage and promote Cultural Heritage Routes. That allows the dissemination of the heritage architectural diffuse of the European Cultural Heritage Routes, starting from the pilot case of the Upper Kama territory (Russia). The languages of representation and the analysis processes of the elements result from an international collaboration between universities and companies in a critical, shared process of evaluating the criteria for optimizing infographic languages. The research results are explained in the information modeling protocol, structured based on an analytical approach of morphological, technological, and typological semantization, from the territorial level to the architectural scale, for the combined management of historical memory, information, and intervention on the work.

Keywords

HBIM, patrimonio diffuso, sistemi informativi, Cultural Heritage Routes, Upper Kama.

Non solo il contenuto delle più importanti biblioteche del mondo, degli archivi e dei musei, delle annate dei giornali d'ogni paese è già nelle nostre schede perforate, ma anche una documentazione raccolta ad hoc, persona per persona, luogo per luogo [...] è memoria centralizzata del genere umano quella che noi siamo intenti a costruire. (Calvino, 1997, pp. 203- 204).

Nella visione futurista proposta da Calvino la memoria si fa totalizzante quando ogni dettaglio viene registrato. Il sistema di condivisione dei dati è passato, da una visione *top-down* di rilevazione dei dati, a una visione *bottom-up* di aggregazione e diffusione (Ratti, 2017, p. 39). La raccolta informativa, che popola quotidianamente le reti digitali, confluisce nei database attraverso l'uso delle app e tecnologie di produzione e archiviazione digitale che sono sempre più aperte alla diffusione sensibile dei dati.



Il passaggio dal sistema reale del costruito al sistema digitale è diretto, sono le persone attraverso la propria ombra digitale a proiettare ed assumere un ruolo attivo nella raccolta e archiviazione di informazioni all'interno dello spazio digitale. Tale passaggio introduce una riflessione scientifica sulle sue modalità di documentazione e comunicazione del Patrimonio Culturale.

Nell'ultimo decennio, le tecniche di digitalizzazione hanno trasformato i metodi e gli strumenti della rappresentazione, determinando un enorme aumento della quantità e qualità di dati, e della varietà dei prodotti. Nel campo della progettazione *ex-novo*, l'utilizzo di sistemi BIM ha visto, un consolidamento nelle procedure e l'individuazione di metodologie standard. Rimane invece discussa l'efficacia dell'applicazione di un protocollo BIM nell'ambito del patrimonio architettonico costruito. Il bene costruito è caratterizzato da una propria unicità che rende difficoltoso immaginare l'applicazione di un protocollo nato per la replica e la standardizzazione dei processi di rappresentazione, in un'ottica che

Fig. 1
Vista della volta che ricopre la navata principale della chiesa del Convento della Natività di Giovanni Battista (Distretto di Solikamsk). La chiesa versa in condizioni strutturali critiche, attualmente sono in corso delle operazioni di messa in sicurezza della struttura e restauro degli ambienti.

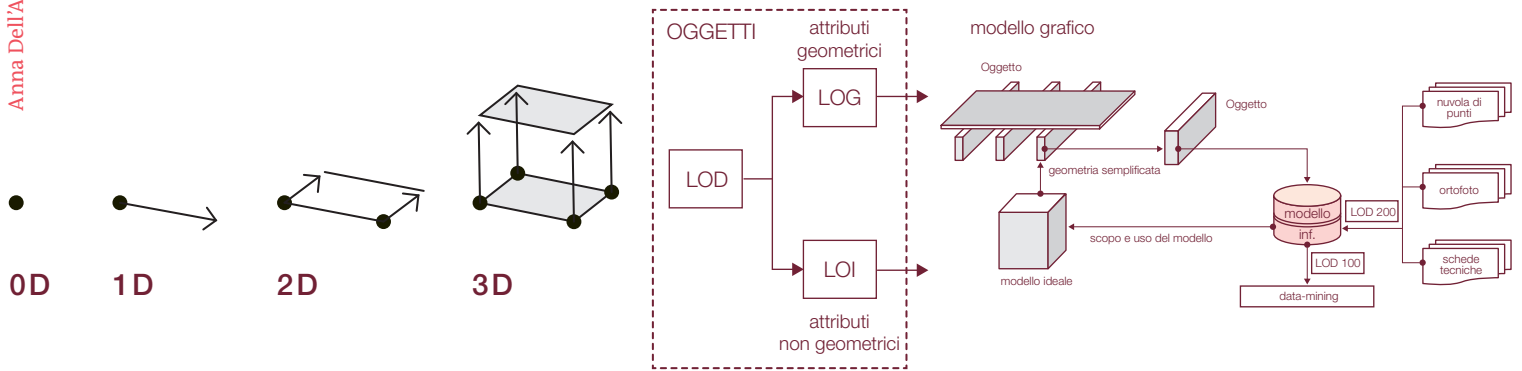


Fig. 2
Schematizzazione del concetto di modellazione informativa secondo cui, il modello tridimensionale oltre, ai componenti geometrici, viene arricchito della componente informativa raccolta durante le fasi di studio e acquisizione digitale che va a definire i diversi livelli di lettura informativa associati al modello parametrico.

riflette il periodo storico in cui il risparmio di tempo implica un risparmio di costo: per questo è oggetto di critiche e scetticismi sulla effettiva efficacia di utilizzo.

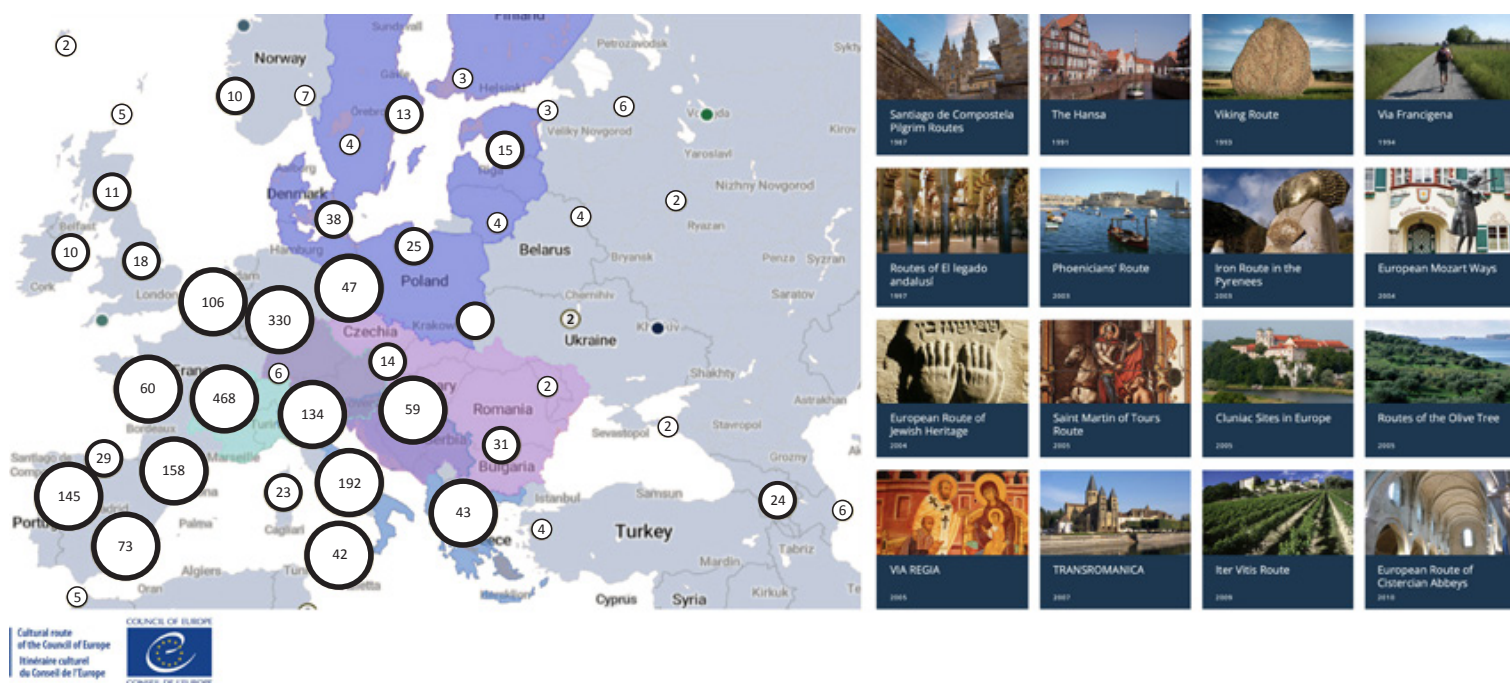
La rappresentazione del patrimonio architettonico esistente pone dei limiti che necessitano una riflessione implicita sulle finalità e i metodi di disegno. Attraverso la promozione di azioni di documentazione e digitalizzazione del patrimonio si popolano archivi digitali e banche dati 3D secondo il concetto latino di *conservatio* che corrispondeva all'esigenza primaria di proteggere e salvaguardare le risorse essenziali dell'uomo con l'impegno alla tutela e al rispetto del patrimonio collettivo o personale (*res sua*) (Bellini et al., 2005) (fig. 1).

La ricerca accademica nel settore del disegno e della rappresentazione ha il compito di indagare le possibilità e le metodologie di lavoro che possono avere un'applicazione valida nei sistemi di *Building Information Modeling*, all'interno della rivoluzione che sta avvenendo nelle pratiche di gestione della digitalizzazione degli edifici.

L'implementazione di significati nel contesto virtuale dell'espressione digitale implica dare una seconda vita alla dimensione dei luoghi, le cui leggi però necessariamente sono snaturate essendo dettate dal linguaggio informatico (Parrinello, 2019).

L'esplicitazione di significati implica un processo analitico di studio dell'opera che porta a una sostanziale semplificazione delle complessità che caratterizza lo spazio reale in modo che la costruzione dell'immagine sia in grado di replicare gli aspetti peculiari dell'opera e i prodotti elaborati diventino strumenti da cui poter accedere a informazioni semplificate e interpretate criticamente secondo sistemi di lettura multi-scalari (fig. 2).

Nella gestione del patrimonio architettonico, nonostante vi sia stata una consistente evoluzione tecnologica, il processo di informatizzazione non è omogeneamente distribuito ed è ancora poco integrato negli Enti Pubblici deputati al controllo. L'intercambio di dati avviene perlopiù tramite file in formati resi standard dal mercato che, a dispetto delle specifiche peculiarità di ognuno, sono utilizzati con eccessiva disinvoltura, trascurando la perdita qualitativa dell'informazione che può avvenire. Lo stato dell'arte a livello nazionale pone l'Italia tra i paesi più avanzati riguardo la regolamentazione della normazione dell'*Information Modeling* le innovazioni dei protocolli della gestione e della rappresentazione nelle modalità operative nel campo delle costruzioni e, più in generale, sui beni architettonici, porteranno alla definizione di procedure informatiche connesse al restauro e alla gestione del patrimonio costruito.



Nel caso specifico della gestione del patrimonio architettonico, sebbene le metodologie di catalogazione per la conservazione ed il riuso siano consolidate e sperimentate, raramente sono legate insieme e con efficacia le componenti geometriche, documentali ed iconografiche. Si avverte dunque la mancanza di una necessaria osmosi, fondamentale per la corretta trasmissione della conoscenza, tra gli ambienti più propriamente legati alla progettazione e all'esecuzione delle opere, per lo studio e il progetto di architettura e per i settori che operano nell'amministrazione, tutela e gestione dei beni culturali (Jordan et al., 2018).

Nel settore delle discipline del disegno e del rilievo architettonico, l'applicazione di una metodologia che possa rispondere alla necessità di un continuo aggiornamento del dato, attraverso la strutturazione di modelli digitali HBIM, è una riflessione in linea con l'innovazione dei protocolli di modellazione digitale che stanno diventando strumento di regolamentazione all'interno dei protocolli previsti dai quadri normativi nazionali ed internazionali.

L'azione promossa dal 1987 dalla Comunità Europea ha incoraggiato lo sviluppo di programmi di gestione e valorizzazione rivolti alla promozione della conoscenza multi-scala del Patrimonio Culturale esplicitando la connessione diretta tra territorio, architettura e comunità.

Particolare attenzione è stata rivolta alla classificazione degli Itinerari del Patrimonio Culturale, attraverso l'identificazione di rotte di congiunzione tra siti fisicamente distanti ma congiunti nei caratteri culturali (Bouchenaki, 2003).

Lo studio e l'identificazione di tali caratteri sono azioni ritenute necessarie per operare un processo volto alla gestione, alla salvaguardia e alla divulgazione degli stessi, identificando il patrimonio locale come uno specifico 'paesaggio culturale' (Salerno and Casonato, 2008, pp. 12-16)(fig. 3).

Fig. 3 Banca dati degli Itinerari Culturali sviluppata dal Consiglio d'Europa. Il programma promuove il dialogo interculturale e una migliore conoscenza e comprensione dell'identità culturale europea preservando e valorizzando il patrimonio naturale e culturale. Fonte online <<https://www.coe.int/en/web/cultural-routes>> (11/21).



Fig. 4
La maggior parte dei monumenti individuati lungo la rotta culturale oggi risulta abbandonata, con cedimenti strutturali e patologie di degrado diffuse su tutta la struttura. La perdita della memoria storica di questi edifici è inoltre minacciata dalla rigidità del clima invernale e dal rischio inondazione del fiume Kama, recentemente avvenute nel 2014 e nel 2020.

Tra le tematiche che legano i luoghi alle rotte i caratteri tipologici, visuali e costruttivi dell'architettura e del luogo sono ricercati e classificati come valori parametrici di sintesi e comprensione della specifica cultura territoriale.

Per questi motivi diventano elementi identitari del territorio e confluiscono in azioni rivolte allo studio e alla strutturazione di archivi digitali, gestiti come “biblioteche”, per la catalogazione e la preservazione dei caratteri costruttivi comuni del Patrimonio architettonico lungo i percorsi culturali.

Il progetto H2O2O PROMETHEUS¹, nasce con l'obiettivo di contribuire alla promozione degli Itinerari Culturali Europei, andando a definire nuovi protocolli di gestione per l'archiviazione digitale attraverso la strutturazione di modelli digitali informativi per la catalogazione dei caratteri costruttivi che permettano la divulgazione del patrimonio architettonico diffuso delle *European Cultural Heritage Routes*, a partire dal caso pilota del territorio dell'Upper Kama.

Un gruppo di ricerca interdisciplinare e internazionale formato da università e impresa indaga sulle opportunità dei Sistemi Informativi, dove al mero significato di “scatola” geometrica, viene affidato il compito di essere modello arricchito di significati.

Le competenze diverse dei soggetti coinvolti nella ricerca, contribuiscono alla scrittura una grammatica di forme basata sull'individuazione di varianti e invarianti di caratteristiche costruttive e territoriali, che definiscono elementi e un linguaggio architettonico multi-scalare utili a comunicare in maniera eterogenea i caratteri architettonici del patrimonio dell'Upper Kama (Fig. 4).



Descrittori territoriali e metodologia di censimento del patrimonio architettonico della Regione dell'Upper Kama

La preservazione dell'immagine storica del paesaggio è un argomento che in un contesto culturale, unico, come quello della regione dell'Upper Kama, risulta fondamentale. Attraversando la regione, è facilmente osservabile l'identità territoriale dettata dalla tradizione costruttiva dell'architettura in mattone del XVII secolo, simbolo di quando il territorio fu centro nevralgico del commercio del sale. Oggi risulta evidente il suo lento decadimento, iniziato con l'abbandono dei grandi sistemi edilizi, dopo la caduta della società borghese e l'apertura di nuove rotte commerciali, nel XX secolo ha colpito i distretti più grandi della regione: Solikamsk (1430), Cherdyn (1535) e Usolye (1606). Nell'immagine odierna dell'architettura monumentale dell'Upper Kama i segni del tempo appaiono come una caratteristica forte e identificativa, per quanto questi comportino un lento deperimento delle strutture che convergerà inevitabilmente nella scomparsa del patrimonio (Parrinello, 2020) (fig. 5).

Mentre nelle città, l'insieme caotico dei flussi ha rimescolato le tipologie architettoniche creando nuove mescolanze ed ibridazioni, nei villaggi l'immagine del luogo rimane incontaminata. In entrambi i casi rimane chiaro il fulcro identitario che trova la sua immagine nell'architettura religiosa ortodossa, la quale mantiene la sua individualità come luogo centrale di aggregazione e simbolo identificativo all'interno di nuove espansioni territoriali (Brumfield, 2008). I luoghi delle campagne russe sono il riflesso di quello che è stato uno degli aspetti più insidiosi del regime sovietico, il tentativo

Fig. 5
Inquadratura territoriale
dei distretti analizzati dal
progetto: Cherdyn, So-
likamsk, Usolye.



Fig. 6
Foto storiche dell'area del distretto di Cherdyn (1909-1910), Prokudin-Gorskii, Sergei Mikhailovich, 1863-1944. In quegli anni il fotografo russo ha viaggiato molto lungo il territorio al confine con i monti Urali, dove ha fotografato installazioni ferroviarie, fabbriche, ambienti urbani e paesaggi naturali. A partire da destra: vista del villaggio di Vilgort lungo la strada da Cherdyn al villaggio di Nyrob (1909-1910), il villaggio di Iskor in una ripresa dalla strada che connette il centro di Cherdyn al villaggio di Nyrob, vista della chiesa di San Nicola del villaggio di Nyrob (1909-1910), Il paesaggio del lato meridionale del villaggio di Nyrob (1909-1910) dal I. Coll. Prokudin-Gorskii, Library of Congress, Washington, <<https://www.prlib.ru/en/collections>>.

di cancellare la memoria culturale di un popolo. L'azione incisiva di smaterializzazione del ricordo è stata attuata in particolar modo verso il culto religioso e le sue forme di espressione. La massiccia distruzione di edifici e dell'arte sacra ha causato perdite indicibili nel bagaglio del patrimonio culturale russo (Brumfield, 1993).

William Brumfield², come storico e fotografo, fu uno dei pochi a studiare e documentare l'architettura vernacolare di questa regione creando un catalogo fotografico che potesse in qualche modo fermare in una diapositiva il ricordo dell'immagine storica. Le immagini analogiche diventano, così, delle forme documentali di natura soggettiva in grado di illustrare una riflessione critica della realtà non un muto ritratto di *lines et coloribus*, ma un intreccio risultato di un'azione di osservazioni e analisi condotte sul terreno, che consentono di distinguere quei caratteri tipologici che caratterizzano la dimensione verticale ed orizzontale del territorio (fig. 6).

Per la preservazione dell'immagine storico culturale del luogo appare necessaria l'individuazione e la definizione di quegli elementi propri del sistema naturale e del sistema antropico che vanno a caratterizzarlo preservandone le sue peculiarità (Botequilha, 2006).

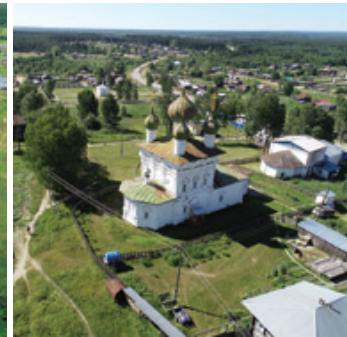
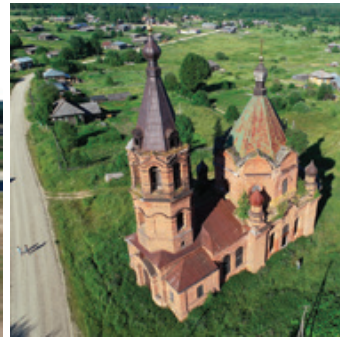
L'analisi paesaggistica di un ampio territorio come l'area coperta dai tre distretti oggetto del progetto, è stata fondata su percorso di conoscenza e di documentazione mirato all'individuazione di quei segni distinguibili all'interno del territorio volti a definire delle gerarchie definite tra macro e micro strutture territoriali (Martellucci, 2007). Attraverso la definizione di una grammatica di rappresentazione che permetta di descrivere e lasciare una traccia della lettura dell'immagine come memoria storica del territorio dell'Upper Kama, restituendo attraverso la rappresentazione grafica i rapporti di connessione che intercorrono tra territorio, città e luoghi di culto.



A tal fine serve definire, come in un linguaggio, quelle regole grammaticali atte a descrivere il paesaggio attraverso l'individuazione della totalità degli elementi che direttamente o indirettamente influenzano la sua immagine³ (Jakob, 2009).

La prima fase dell'indagine è stata mirata allo studio del rapporto che intercorre tra la rete delle chiese ortodosse presenti nella regione e i centri urbani che con il loro sviluppo hanno inglobato le strutture religiose, che sono così divenute punto focale della città. Lo spazio è stato indagato a differenti livelli individuando all'interno del territorio dell'Upper Kama una specifica struttura composta da sistemi e sottosistemi. L'analisi condotta sui tre distretti ha individuato i connotati descrittori comunitari del territorio in una scala descrittiva che da un primo livello d'indagine a scala territoriale fino a giungere un livello di studio approfondito del dettaglio dei diversi sistemi costruttivi e decorativi dei singoli monumenti presenti in ciascun distretto.

È stata operata una classificazione preliminare degli *Object of Cultural Heritage* (OCH) per la gestione territoriale della *Cultural Heritage Route* dell'Upper Kama: Monumento (*Monument*), Complesso (*Ensemble*) e Sito (*Site*) definiscono livelli di interazione e sviluppo di descrittori architettonici, paesaggistici ed infrastrutturali per l'analisi dei poli monumentali dell'Upper Kama. All'interno del sistema il singolo edificio religioso diventa un carattere segnico determinante per l'immagine del luogo, nella struttura della chiesa, l'osservatore ritrova un punto di riferimento e sistema di orientamento territoriale funzionale il luogo viene letto e ricordato in base alla presenza o meno di una struttura religiosa, se presente questa inevitabilmente lo tipizza. I centri monumentali individuati dal censimento contano un totale di 80 monumenti lungo la rotta di cui 34 monumenti nel Distretto di Cherdyn, 26 nel Distretto di Solikamsk, 20 nel Distretto di Usolye (figg. 7a, b, c).



sopra

Fig. 7a

Il distretto di Cherdyn e alcuni dei monumenti presenti lungo la rotta. Dall'alto: il centro di Cherdyn con la cattedrale; a sinistra la chiesa dell'Esaltazione della Santa Croce presso il villaggio di Bondjug, al centro la chiesa della Presentazione della Santa Vergine presso il villaggio di Kamgort; a destra la chiesa di San Nicola nel villaggio di Nyrob.

pagina a fronte (sopra)

Fig. 7b

Il distretto di Solikamsk e alcuni dei monumenti presenti lungo la rotta. Dall'alto: l'area monumentale posta nel centro storico della città; a sinistra la chiesa dell'Epifania che oggi ospita il museo della tradizione locale; al centro la Cattedrale dell'Esaltazione della Santa Croce. La struttura, oggi abbandonata, durante gli anni ha cambiato la sua destinazione d'uso ospitando per un periodo una fabbrica per la produzione della birra. A destra la vista dall'alto del Convento della Natività di Giovanni Battista.

pagina a fronte (sotto)

Fig. 7c

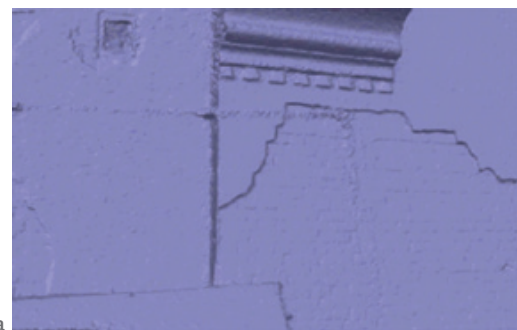
Il distretto di Usolye e alcuni dei monumenti presenti lungo la rotta. Dall'alto: la struttura urbana del centro storico di Usolye sviluppata lungo i due assi principali e l'area monumentale della città; a destra la chiesa di San Nicola oggetto di un recente restauro, al centro la chiesa di Rubeskaya che verte in condizioni di rudere a causa dei crolli della copertura; a sinistra la chiesa dei Santi Pietro e Paolo situata sull'isola di Taman.





Fig. 8
Vista di dettaglio del risultato dell'acquisizione laser scanner dell'interno della chiesa di Rubeskaya, Usolye. La colorazione RGB opportunamente calibrata permette una lettura diagnostica preliminare dei paramenti murari della chiesa.

Una volta individuati i casi studio il progetto ha avviato un iter metodologico che ha previsto da un lato lo studio delle fonti storico-documentali al fine di comprendere al meglio le strategie e le tecniche utilizzate per la costruzione delle fabbriche, dall'altro una strategia di rilievo integrato³ rivolto alla documentazione architettonica e strutturale utile alle indagini diagnostiche e allo studio dei caratteri degli elementi costruttivi (fig. 8). Il progetto delle fasi di acquisizione del dato digitale ha previsto l'utilizzo di diversi livelli di indagine strumentale a evidenza della necessità di una rinnovata attenzione alle metodologie di acquisizione e rappresentazione delle proprietà formali dei manufatti architettonici, in particolare in termini di corrispondenza tra strumento e tipologia di analisi e integrazione dati (Parrinello, De Marco, 2019) (figg. 9, 10). Tale strategia di rilievo integrato favorisce le possibilità offerte dalla trasposizione digitale nella scelta della tipologia dei contenuti sulla base di qualità e quantità di dati a seconda dello scopo di lettura. A supporto dell'analisi in loco, dello stato di conservazione degli edifici è stata progettata, dal gruppo interdisciplinare coinvolto nel progetto, una tipologia di schedatura idonea alla compilazione rapida attraverso l'utilizzo di dispositivi mobili come iPad che supportano l'applicazione di gestione delle schede censuarie e che permette oltre alla compilazione dei campi preliminarmente progettati, oltre alla possibilità di annessione di fotografie scattate direttamente durante l'analisi sul posto. Tale strumento è stato progettato per il censimento rapido delle informazioni che dovranno poi confluire all'interno del modello informativo (fig. 11). La schedatura è strutturata secondo diverse macro tematiche e raccoglie in un unico sistema di catalogazione strutturato: i dati generali sul monumento, informazioni storiche, aspetti di accessibilità, analisi tecnologico costruttive, patologie di degrado, e rapporto tra monumento e sistema territoriale (figg. 12a, b, c).



a



b



c

sopra

Fig. 9

Azioni di integrazione del dato attraverso acquisizione di tipo Close range per ottenere dei modelli ottimizzati, e texture utili alla lettura dei materiali e alle indagini diagnostiche delle fabbriche.

a sinistra

Fig. 10

a Vista di dettaglio del modello mesh generato a seguito dell'elaborazione fotogrammetrica.

b Vista di dettaglio del risultato dell'acquisizione laser scanner dell'interno della chiesa di Rubeskaya.

c Vista di dettaglio del modello mesh ottimizzato a seguito dell'elaborazione fotogrammetrica.

Sistema di catalogazione

Livello territoriale e architettonico

Macro temi

INFORMAZIONI GENREALI

ANALISI STORICA

ANALISI ARCHITETTONICA

ACCESSIBILITÀ

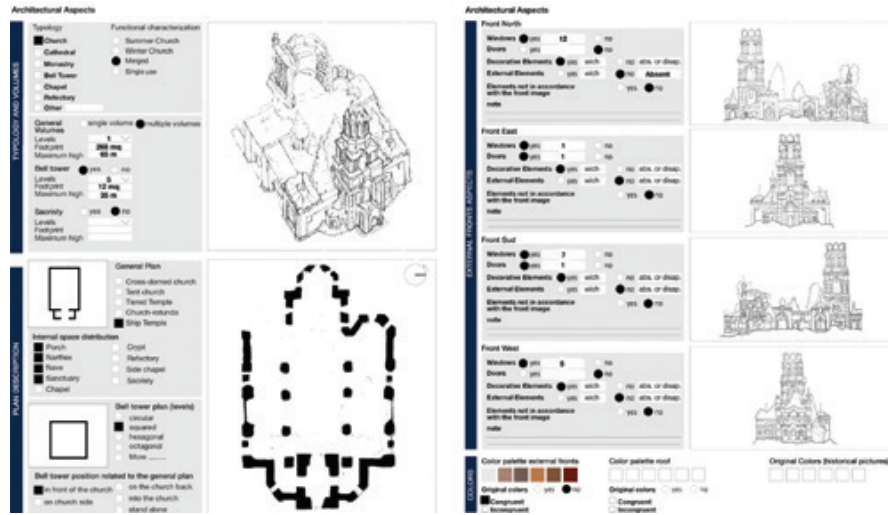
ANALISI TERRITORIALE

ANALISI TECNOLOGICA

ANALISI PATOLOGIE
DI DEGRADO

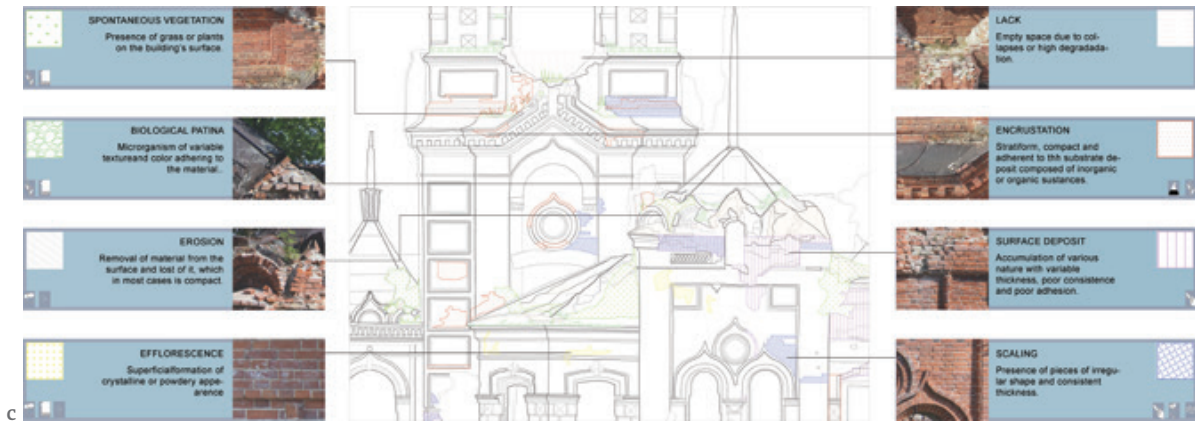


Livello architettonico



Attività di censimento





Figg. 12a, b, c
 Comparazione tra l'immagine storica, senza datazione, della chiesa dell'Annunciazione di Pokcha (Cherdyn District), e lo stato di fatto rilevato nel 2018. Si noti come sia profondamente cambiata l'immagine del monumento nel corso degli anni. I prodotti ottenuti dalla digitalizzazione sono stati utilizzati per lo sviluppo dell'analisi dei degradi e dei dissesti.

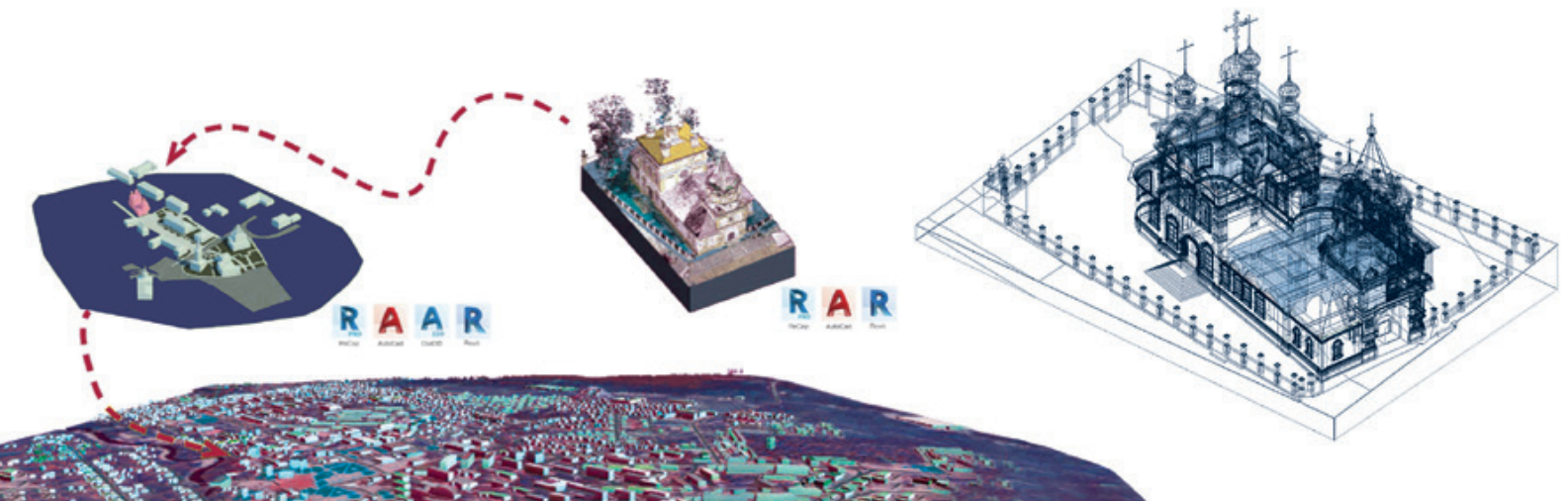
Criteria di modellazione condivisa: dal modello territoriale al modello di rappresentazione del monumento

L'applicazione dell'approccio metodologico dell'*Information Modeling* al settore Cultural Heritage apre un potenziale ventaglio di applicazioni, dando la possibilità di trasmissione di differenti quantità di dati e la possibilità di gestione grazie all'integrazione di dati da una scala territoriale a quella del singolo edificio, estendendosi dall'ambito dell'analisi architettonica a quello della progettazione e programmazione urbana, territoriale.

La metodologia adottata dal gruppo di ricerca è volta alla strutturazione di un modello informativo risultato dei dati del rilievo digitale 3D per la descrizione geometrica spaziale, e dall'altro possa essere implementato dei dati relativi al rilievo conoscitivo analitico e delle indagini diagnostiche raccolte all'interno delle schede censuarie (Santagati et al., 2019) (fig. 14). Dalla modellazione di tipo simbolico progettata per la descrizione del livello territoriale, il progetto prevede la realizzazione di modelli HBIM di alcuni specifici casi studi scelti per la categorizzazione degli elementi tipologici che caratterizzano i connotati identitari del territorio (De Marco and Dell'Amico, 2020). Il gruppo di ricerca sta sviluppando una strategia di rappresentazione tridimensionale nell'ottica di trasferire da un lato i dati di tipo gestionale territoriale all'interno del modello a scala semplificata e dall'altro di andare a descrivere all'interno di un unico modello i caratteri costruttivi e tecnologici dell'architettura tradizionale. Finalizzato ad avere un modello che possa divenire collettore informativo e possa essere la base conoscitiva su cui poter impostare futuri interventi di recupero e restauro (Lo Turco et al., 2017). Tale sistema di lettura multiscala attraverso il collegamento di strutture *hyperlink*, permette la descrizione di un paesaggio multidimensionale e offre risultati quantitativi tangibili attraverso la capacità di fruizione facilitata attraverso i network di trasmissione condivisa dell'informazione. Tali riflessioni sono i concetti alla base della progettazione di un modello responsivo, capace di descrivere aspetti quantitativi e descrittivi del territorio dell'Upper Kama tramite la definizione di sub-modelli che qualificati nella forma di simbolo concettuale siano descrittori di specifici valori qualitativi. La prima riflessione sulla strutturazione di un modello informativo di un patrimonio architettonico diffuso come il caso dei tre distretti presi in analisi sta nella definizione di una grammatica di linguaggio basato su specifiche tassonomie

Fig. 14

Il territorio nel Distretto di Solikamsk è stato scelto per la sperimentazione di una modellazione HBIM di tipo granulare dal livello territoriale al dettaglio architettonico. Scendendo ad una scala di rappresentazione il modello si arricchisce nella rappresentazione dei dettagli rendendo possibile la lettura delle componenti e del decoro delle chiese.



di rappresentazione. I caratteri territoriali vengono così gerarchizzati e tradotti in simboli specifici di rappresentazione. A tal fine risulta necessario un processo di analisi ed identificazione di diversi livelli di lettura del territorio, caratterizzati da un tipo di analisi a imbuto che dalla narrazione del sistema territoriale va ad approfondire la scala di analisi dei caratteri urbani per arrivare ad un tipo di narrazione descrittiva più specifica comprensiva dei caratteri tecnologici dei singoli monumenti. Sono stati definiti quattro livelli di lettura:

1. Livello Territoriale: in cui sono identificati attraverso un modello di ipersemplificazione geometrica i diversi centri presenti all'interno dei distretti, tale modello andrà a descrivere i caratteri di connessione e di accessibilità dei singoli monumenti, definendo i possibili percorsi di connessione tra i complessi religiosi.
2. Livello Urbano: in tale modello saranno identificate tutte le diverse attività e servizi presenti all'interno del singolo centro.
3. Livello Area Monumentale: all'interno del singolo centro urbano sarà approfondito il modello dell'area di pertinenza monumentale, al fine di identificare le differenti aree di salvaguardia del carattere storico dei singoli centri territoriali. A tal fine saranno descritti in un unico modello i caratteri paesaggistici dell'area individuata in relazione ai caratteri estetico monumentali all'interno della quale sarà possibile identificare i caratteri tipologici delle strutture monumentali presenti nell'area.
4. Livello Edificio Monumentale: i diversi edifici presenti nelle aree monumentali, individuate dal livello di analisi precedente, saranno approfonditi in questo livello di indagine dove verranno descritti singolarmente attraverso la costruzione uno specifico modello informativo HBIM di approfondimento in cui saranno rappresentati i caratteri decorativi e tecnologici dell'intero edificio.

Il protocollo di modellazione diviene lo strumento di specificazione delle linee guida a supporto delle future fasi di modellazione dei diversi monumenti presenti sul territorio. Tale protocollo prevede come prima azione la predisposizione di un abaco condiviso diversificato sulla base della definizione di differenti LOD (Level of Detail) di rappresentazione del modello per la differenziazione dei diversi livelli di indagine attraverso la codifica di ogni elemento in specifiche categorie di modello.

Il progetto, in accordo con i criteri di definizione LOD, prevede una modellazione a un dettaglio LOD 100 per la descrizione dei livelli a carattere territoriale, paesaggistico e urbano, in cui i volumi e gli ingombri degli edifici saranno modellati in forma concettuale di massa utile al fine di definire i caratteri dimensionali delle volumetrie di ingombro e dell'orientamento. I caratteri tecnologici e decorativi delle chiese saranno poi approfondite in un secondo livello di modellazione basato sul criterio LOD 200. L'idea è quella di strutturare un sistema a scatole cinesi in cui i modelli sono collegati tra loro in una struttura ramificata nella quale ogni modello va a specificare determinati elementi individuati nel precedente. La scelta metodologica è stata operata con la consapevolezza di strutturare un sistema che possa essere di facile lettura, adattabile e descrittore dei differenti caratteri spaziali e morfologici dell'ampio catalogo. È in fase di sviluppo un catalogo di indicatori di modello risultato della combinazione dei dati dell'analisi paesaggistica e dei dati di acquisizione strumentale del rilievo metrico. La strutturazione di un catalogo degli indicatori rappresenta un'azione fondamentale per la strutturazione rete informativa che andrà ad arricchire il modello virtuale di indagine territoriale. All'interno del modello i dati saranno distinguibili attraverso una diversificazione tra componenti di modello e componenti informative.

Le componenti di modello, saranno rappresentate da funzioni tangibili, aggiunte al modello come forma di linea-superficie-solido, in cui attraverso un simbolo specifico verranno distinti i caratteri fisici naturali (morfologia territoriale, idrologia, vegetazione), antropogenico-naturali (aree agricole, piantumazioni), e antropogenici (insediamenti urbani, rete stradale, infrastrutture, beni culturali, edifici, arredo urbano). Tali componenti di modello forniscono un vettore di rappresentazione per la lettura dei diversi livelli informativi associati ad essi.

Le componenti informative che andranno a qualificare i modelli, esito delle indagini di analisi e acquisizione strumentale delle attività di rilievo e dell'azione di compilazione delle schede tematiche, diventano i parametri di attribuzione alle categorie di modello compilabili per la strutturazione delle proprietà di modello dove poter archiviare dati alfanumerici, vettoriali, raster, rendendo possibili operazioni di interrogazione ed analisi delle componenti del sistema modellato (figg. 15-16).

Dalla modellazione a livello territoriale, quindi dal modello simbolico del monumento rappresentato come un involucro, una scatola bianca, il progetto prevede per alcuni casi studio scelti la qualificazione dei modelli dei monumenti scendendo ad una scala di rappresentazione al livello di dettaglio architettonico, in cui sarà possibile leggere le singole componenti e il decoro delle chiese. Ogni elemento modellato va a confluire all'interno di un abaco condiviso con l'obiettivo di costruire una prima libreria di elementi digitalizzati dei caratteri architettonici identificativi dei monumenti dell'Upper Kama.

La fase di modellazione dei monumenti è stata impostata in modalità *worksharing*⁴ applicando le tecniche di modellazione *Scan to BIM* utilizzando come base conoscitiva metrica il rilievo digitale. Tale processo passa da una fase preliminare di riconoscimento e scomposizione delle differenti componenti gerarchiche che costituiscono l'edificio (Dell'Amico, 2020). Elementi che sembrano ripetersi con ritmo standardizzato lungo le facciate dei monumenti, e quindi suggeriscono l'applicazione di un modello di famiglia parametrizzata, in realtà dopo un'attenta osservazione, gli elementi risultano tutti differenti, con seppur piccole differenze, che se tenute di conto in fase di modellazione dei parametri, richiederebbero un impiego di tempo maggiore, senza aver la garanzia del buon esito e del riutilizzo dell'elemento o nello stesso contesto o ancora più difficilmente in contesti differenti.

In fase di modellazione spesso risulta piuttosto conveniente la realizzazione di un modello di famiglia che anche se non parametrizzato può avere la possibilità di associazione della componente informativa, e rientrare a far parte del catalogo di elementi di caratterizzazione architettonica.

La complessità dell'apparato decorativo che avvolge le superfici murarie implica l'impostazione di un modello basato sulla lettura critica degli elementi, l'irregolarità geometrica delle strutture e dei decori, crea non poche difficoltà durante le fasi di modellazione. In tal senso il progetto sta andando nella direzione di utilizzo di criteri di scomposizione semantica sulla base di esplosi di modello, in da poter scomporre al massimo l'elemento nell'ottica di aumentare le possibilità di individuare i caratteri comuni a tipologie di elementi con la stessa conformazione geometrica. Ogni elemento individuato viene nominato attraverso un codice alfanumerico e confluisce all'interno di una libreria di elementi condivisa *on cloud* tra i diversi soggetti che operano nelle fasi di modellazione (Parrinello, Dell'Amico, 2021) (fig. 17).

*pagina a fronte
sopra*

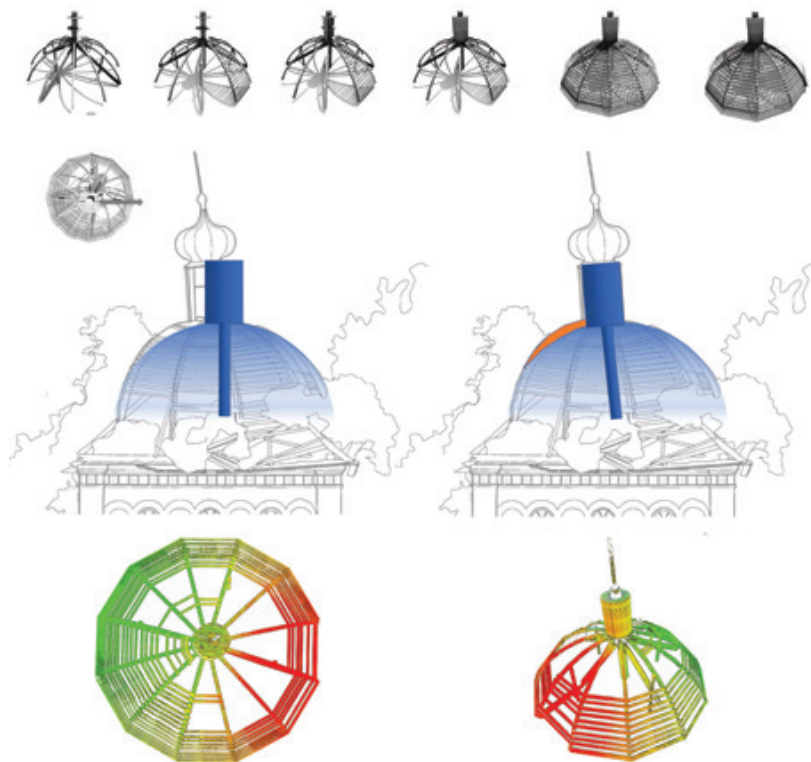
Fig. 15

I modelli possono essere utilizzati per esplicitare le analisi dei dissesti e dei sistemi fessurativi riscontrati dall'analisi dei dati forniti dall'elevation map della nuvola di punti.

sotto

Fig. 16

Analisi dei dissesti e studio della tipologia costruttiva del sistema voltato della chiesa dell'Esaltazione della croce di Bondgiug.



Conclusioni

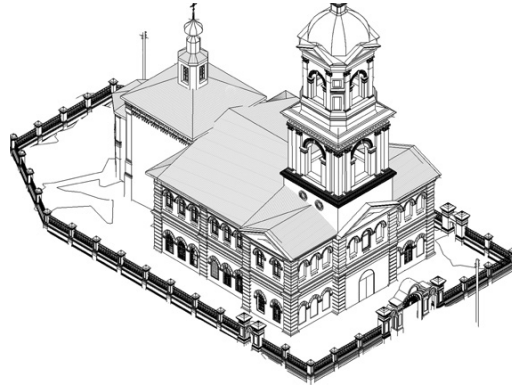
Questo lavoro di ricerca vuole inserirsi come un'indagine utile e una riflessione sulle diverse possibilità che lo strumento BIM può offrire alle metodologie di rappresentazione finalizzate alla documentazione e la valorizzazione del patrimonio storico. La ricerca, rimane una tematica in continua evoluzione e aperta a critiche e nuovi sviluppi, risulta evidente il necessario rapporto tra dato acquisito tramite tecnologie *reality based* e la natura contraddittoria tra carattere identitario ed unicità degli elementi appartenenti al patrimonio storico e la ricerca di un catalogo standardizzato di elementi propria del concetto di modellazione BIM. Il modello HBIM se impostato senza una riflessione critica basata sulla rielaborazione dei dati di affidabilità metrica, esito della



Fig. 17
Risultati della modellazione
della chiesa della Trinità del
Villaggio di Vilgort.

pagina a fronte

Fig. 18
Viste generali del modello
tridimensionale sviluppato
su Revit della chiesa della Tri-
nità del Villaggio di Vilgort.



messa in opera di un adeguato progetto di acquisizione di rilievo e su un'analisi critica degli elementi basata sull'individuazione semantica delle componenti che strutturano la forma del modello, rischia di diventare una replica anonima e acritica degli spazi, generando forme non congruenti al costruito che si rivelano poco utili nei diversi settori di utilizzo (fig. 18). Per la strutturazione di modelli digitali che possano avere carattere "universale" confluendo in abachi di elementi condivisi. La progettazione di un database di modelli a cui corrispondono tipologie architettoniche appartenenti a stili e culture differenti necessita di una futura riflessione sulla problematica della progettazione dei contenuti associati alle categorie di modello. L'aspirazione della ricerca è la strutturazione di un database di oggetti eterogenei, appartenenti a stili e culture differenti, che possa essere dizionario digitale a servizio del sistema di gestione culturale. A tal scopo si evidenzia la necessità di strutturare in maniera ordinata le specifiche dei modelli indicizzando le categorie di elementi. La scelta dei contenuti e dei parametri di associazione di un elemento che deve confluire in una specifica libreria *open source* deve prevedere voci strutturate su delle suddivisioni tematiche che devono risultare come in un diagramma ad albero implementabili specificando caratteristiche dettagliate secondo le diverse esigenze applicative (Willis and Aurigi, 2018). Questo per la strutturazione di protocolli di gestione, non più frammentati, ma estesi a intere aree culturali, che consentano di validare la collaborazione tra i partner, gli output ottenuti e di ottimizzare il metodo in funzione del contesto, delle nuove tecnologie e di un aggiornamento della relativa applicazione agli itinerari culturali. In questo modo, i risultati di PROMETHEUS sosterranno il riconoscimento e l'istituzione di aree "protette", complessi architettonici e paesaggistici all'interno di questi percorsi, contribuendo allo sviluppo e il progresso della conservazione architettonica e culturale all'interno del patrimonio europeo e mondiale.



Bibliografia

- BELLINI A. ET AL. 2005, *Che cos'è il restauro?*, Marsilio Editore, Venezia.
- BRUMFIELD W.C. 1993, *A history of russian architecture*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BRUMFIELD W.C. 2008, *The Architectural Heritage of Solikamsk and the Northern Districts of Perm Province*, in «Cahiers slaves», n. 10, Routes et chemins slaves, 2008, pp. 317-355.
- BORRMANN A., KÖNIG M., KOCH C., BEETZ J. 2018, *Building Information Modeling: Why? What? How? 1.4 State of BIM Adoption*, in A. BORRMANN ET AL., Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham, pp. 1-25.
- BOUCHENAKI M. 2003, *The interdependency of the tangible and intangible cultural heritage*, in AA.VV., 14th ICOMOS General Assembly and International Symposium: 'Place, memory, meaning: preserving intangible values in monuments and sites', ICOMOS Workshop, Victoria Falls, Zimbabwe.
- CALVINO I. 1997, *La memoria del mondo e le altre cosmicomiche*, Mondadori, Milano.
- DE MARCO R., DELL'AMICO A. 2020, *Connettere il territorio tra patrimonio e informazione: banche dati e modelli per le Cultural Heritage Routes*, in A. ARENA ET AL. (A CURA DI), CONNETTERE. Un disegno per annodare e tessere, Franco Angeli, Milano.
- DELL'AMICO A. 2020, *H-BIM: information flows and data digitization process*, «Dn», 7/2020, pp. 54-67.
- LO TURCO M., MATTONE M., RINAUDO F. 2017, *Dal rilievo metrico all'HBIM per l'analisi dello stato di conservazione della fabbrica*, in G. TUCCI, E.I. PARISI (A CURA DI), «Ananke Speciale GeoRes 2017», Altralinea Edizioni, Firenze.
- JORDAN I., TZORTZOPOULOS P., GARCÍA-VALLDECABRES J., PELLICER E. 2018, *Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modeling (HBIM)*, «Sustainability» 2018, 10, 908.
- JAKOB M. 2009, *Il paesaggio*, Il Mulino, Bologna.

Vista di dettaglio dall'interno della Chiesa dell'Annunciazione Pokcha, è possibile leggere la complessità della struttura muraria e del decoro che caratterizzava il monumento. Foto scattata dall'autore, Luglio 2019.



MARTELLUCCI S., 2007. *L'idea paesaggio. Caratteri interattivi del progetto architettonico e urbano*, Alinea, Firenze.

PARRINELLO S. 2019, *Preserving memory through image. Landscaper and digital databases for documentation*, in S. PARRINELLO (A CURA DI), *Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage*, Pavia University Press, Pavia, pp. 18-33.

PARRINELLO S. 2020, *La solitudine delle chiese russe nella regione dell'Upper Kama. Un immenso eremo un paesaggio culturale al confine con l'Europa*, in S. BERTOCCI, S. PARRINELLO (A CURA DI), *Architettura Eremitica. Sistemi progettuali e paesaggi culturali*, Atti del V Convegno Internazionale di studi, Edifir, Firenze, pp. 146-155.

PARRINELLO S., CIOLI F. 2018, *Un progetto di recupero per il complesso monumentale di Usolye nella regione della Kama Superiore*, «Restauro Archeologico», vol. 1/2018, Firenze University Press, Firenze, pp. 92-111.

PARRINELLO S., DE MARCO R. 2019, *Integration and modelling of 3D data as strategy for structural diagnosis in Endangered sites. The study case of Church of the Annunciation in Pokcha (Russia)*, in «2019 IMEKO tC-4 International Conference on Metrology for Archeology and Cultural Heritage Florence», Italy, 4-6 2019, pp. 223-228.

PARRINELLO S. ET AL. 2019, *Documenting the Cultural Heritage Routes. The creation of informative models of historical Russian churches on Upper Kama Region*, «Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.», XLII-2/W15, 2019, pp. 887-894.

PARRINELLO S., DELL'AMICO A. 2021, *From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management*, in C. BOLOGNESI, D. VILLA (A CURA DI), *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, Springer Tracts in Civil Engineering, Springer, Cham, pp. 89-107.

RATTI C., MATTHEW C., 2017, *La città del domani*, Passaggi Einaudi, Torino.

SANTAGATI C. ET AL. 2019, *HBIM for the surveying, analysis and restoration of the Saint John the theologian cathedral in Nicosia (Cyprus)*, «Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.», XLII-2/W11, pp. 1039-1046.

WILLIS KATHARINE S., AURIGI A. 2018, *Digital and Smart Cities*, Routledge, New York.

Note

¹ Il progetto PROMETHEUS è finanziato dal programma UE Horizon 2020-R & I-RISE-Research & Innovation Staff Exchange Marie Skłodowska-Curie. Coordinato dal prof. Sandro Parrinello (Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, dell'Università degli Studi di Pavia) vede la collaborazione di un team di ricerca internazionale composto da tre Università (Università degli Studi di Pavia, Italia, Università Politecnica di Valencia, Spagna, Perm National Polytechnic University Research, Russia) e due società di servizi. Questo progetto ha ricevuto finanziamenti dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito del Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 82187.

² William Craft Brumfield storico contemporaneo dell'architettura russa, ha vissuto in Russia per quindici anni svolgendo attività di ricerca presso l'Università statale di Mosca e di San Pietroburgo, viaggiando nella parte settentrionale della regione per documentare e ricercare l'architettura vernacolare russa. L'opera fotografica di Brumfield è raccolta presso il Department of Images Collections della National Gallery of Art, di Washington conta 12500 stampe fotografiche in bianco e nero, 40000 negativi e oltre 89000 file digitali.

³ Si fa riferimento al concetto di discorso del paesaggio dove con il termine discorso si prende a riferimento l'accezione foucaultiana. Cfr. Jakob M., *Il paesaggio*, Il Mulino, Bologna, p. 15.

⁴ Sono state utilizzate delle procedure di rilievo integrato che hanno visto l'impiego di diverse tipologie di strumenti per ottenere un database con differenti scale di lettura. Da quello di tipo estensivo utilizzando sistemi di ripresa aerei UAVs unitamente a tecnologie mobile laser scanner di acquisizione fast, alle riprese di dettaglio attraverso l'uso di laser scanner di tipo terrestre Serie S150 Faro e fotogrammetria close range. L'eterogeneità dei dati acquisiti hanno portato a un corpus documentale differenziato che attraverso la referenziazione dei monumenti e delle rotte di collegamento permette una migliore comprensione delle qualità di pianificazione e servizio del sistema territoriale, ma al tempo stesso richiama moli estese di dati di complessa gestione e manipolazione per l'analisi.

⁵ Il progetto utilizza le proprietà di condivisione *on cloud* dell'ambiente di progettazione del modello, attraverso il lavoro condiviso, i diversi utenti possono collaborare all'arricchimento della struttura del modello.