



Building Information Modeling, Data & Semantics

n.11 dicembre/december 2022





INDICE/INDEX

EDITORIALE

EDITORIAL

L. Inzerillo, S. Parrinello

4

INTELLIGENZA ARTIFICIALE, H-BIM E PIATTAFORME COLLABORATIVE PER L'ANNOTAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO DIGITALE

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, H-BIM AND COLLABORATIVE REALITY-BASED PLATFORMS FOR THE ANNOTATION OF DIGITAL ARCHITECTURAL HERITAGE

V. Croce

6

MODELLI DIGITALI PER LA RAPPRESENTAZIONE E GESTIONE DEL PATRIMONIO COSTRUITO

DIGITAL MODELS FOR BUILT HERITAGE REPRESENTATION AND MANAGEMENT

S. Cursi, L. Martinelli, F. Calcerano, M. Calvano, L. Cessari, E. Gigliarelli

14

REVIXIT AQUINUM. QUANTO POSSANO LE TECNOLOGIE NELLA VALORIZZAZIONE DI UN PATRIMONIO CULTURALE

REVIXIT AQUINUM. HOW TECHNOLOGIES CAN ENHANCE CULTURAL HERITAGE

T. Emler, V. Malakuczi, G. Murro

22

SISTEMI COOPERATIVI INFORMATIVI IN AMBIENTE HBIM PER LA GESTIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE

ENRICHED COOPERATIVE SYSTEMS IN HBIM PLATFORMS FOR THE MANAGEMENT OF CULTURAL HERITAGE

A. Sanseverino, S. Antinozzi, A. di Filippo

35

SERIALITÀ NON REGOLARI: RICORRENZE IMPERFETTE PER IL MODELLO HBIM

NON-REGULAR SERIALITIES: IMPERFECT RECURRENCES IN THE HBIM MODEL

G. M. Valenti, A. Martinelli

52

PROFONDITÀ DEL CONTENUTO INFORMATIVO NELLE PROCEDURE HBIM

DEPTH OF INFORMATION CONTENT IN HBIM PROCEDURES

E. D'Angelo, M. Calvano

61

Curatore del numero Editor in Chief

Laura Inzerillo, *Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy*

Sandro Parrinello, *Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy*

Direzione Scientifica Associated Editors

Cecilia Bolognesi, *Politecnico di Milano, Milano, Italy*

Tommaso Empler, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Massimiliano Lo Turco, *Politecnico di Torino, Torino, Italy*

Laura Inzerillo, *Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy*

Sandro Parrinello, *Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy*

Francesco Ruperto, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Cettina Santagati, *Università degli Studi di Catania, Catania, Italy*

Graziano Mario Valenti, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Comitato Scientifico Scientific Committee

Pietro Baraton, *Provveditore Interregionale per le OO.PP. Lombardia ed E.Romagna*

Angelo Ciribini, *Presidente ISTE, Università di Brescia, Brescia, Italy*

Bruno Daniotti, *Project Manager InnovAnce, Politecnico di Milano, Milano, Italy*

Alberto Pavan, *Coordinatore norma UNI 11337, Responsabile Scientifico InnovAnce, Politecnico di Milano, Milano, Italy*

Gregorio Cangialosi, *BIM Manager and BIM Strategist, Studio CABE, Torino, Italy*

Anna Dell'Amico, *Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy*

Emmanuel di Giacomo, *EMEA BIM & AEC Ecosystem Business, France*

Graziano Lento, *Anafyo Sgl, Ticino, Switzerland*

Paolo Galli, *Implementation Consultant BIM, Milano, Italy*

Diego Minato, *BIM Manager & Technical Consultant | BIM Strategist, Treviso, Italy*

Orges Lesh, *BIM Manager, SA Architects, Sdn Bhd, Kuala Lumpur, Malaysia*

Chiara Rizzarda, *Deputy BIM Manager at Antonio Citterio Patricia Viel, Milano, Italy*

Yoseph Bausola Pagliero, *VPL and BIM expert, Roma/ Torino, Italy*

Armando Casella, *Bimfactory, Brescia, Italy*

Filippo Daniele, *Setin Roma, Italy*
Yusuf Arayici, *Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Turkey*

Maarten Bassier, *University of Leuven, Leuven, Belgium*

Stefano Bertocci, *Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italy*

Carlo Bianchini, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Maurizio Bocconcino, *Politecnico di Torino, Torino, Italy*

Frédéric Bosché, *Heriot-Watt University, Edinburgh, United Kingdom*

Stefano Brusaporci, *Università degli Studi dell'Aquila, L'Aquila, Italy*

Clark Cory, *Purdue University, Indianapolis, USA*

Livio De Luca, *MAP/CNRS, Marseilles, France*

Antonella Di Luggo, *Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italy*

Stephen Fai, *Carleton University, Ottawa, Canada*

Pablo Lorenzo Eiroa, *Cooper Union, New York, USA*

Andrea Giordano, *Università degli Studi di Padova, Padova, Italy*

Antonio Gómez-Blanco Pontes, *Universidad de Granada, Granada, Spain*

Sorin Hermon, *Cyprus Institute, Nicosia, Cyprus*

Arto Kiviniemi, *University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom*

Giovanna Massari, *Università degli Studi di Trento, Trento, Italy*

Maurice Murphy, *Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland*

Anna Osello, *Politecnico di Torino, Torino, Italy*

Francesco Livio Rossini, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Livio Sacchi, *Università degli Studi "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara, Italy*

Andrew Sanders, *Penn University, Philadelphia, USA*

Alberto Sdegno, *Università degli Studi di Trieste, Trieste, Italy*

Jose Pedro Sousa, *Universidade do Porto, Porto, Portugal*

Massimo Stefani, *Harpacas*
Fabio Bianconi, *Università degli Studi di Perugia, Perugia, Italy*

Comitato Editoriale Editorial Committee

Journal Manager:

Alexandra Fusinetti, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Adriana Caldarone, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Graziana D'Agostino, *Università degli Studi di Catania, Catania, Italy*

Anna Dell'Amico, *Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy*

Fausta Fiorillo, *Politecnico di Milano, Milano, Italy*

Raissa Garozzo, *Università degli Studi di Catania, Catania, Italy*

Elisabetta Caterina Giovannini, *Politecnico di Torino, Torino, Italy*

Federico Mario La Russa, *Università degli Studi di Catania, Catania, Italy*

Alessandro Martinelli, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Francesca Picchio, *Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy*

Maria Laura Rossi, *Sapienza Università di Roma, Roma, Italy*

Andrea Tomalini, *Politecnico di Torino, Torino, Italy*

La valutazione dei contributi pubblicati è avvenuta con la modalità del double blind review.

Papers are published under double blind review mode.

Editore

Direttore responsabile: Giuseppe Rufo

Progetto grafico: Ottavia Menzio, Alexandra Fusinetti. Copyright DEI Tipografia del Genio Civile, numero 1/2017 Direzione, Redazione e Pubblicità tel. 06/4416371 Ufficio Abbonamenti tel. 06/44163767 - 06/4416371 Fax 06/4403307 Periodico semestrale: Abbonamento annuo (2 numeri) 30,00 €: c/cp n. 65047003 intestato a: DEI Srl Tipografia del Genio Civile, via Cavour 179/A 00184 Roma Bonifico bancario: IT 91 O 03127 050110 0000 0019585 Unipol Banca. La Redazione è grata a tutti coloro che vorranno collaborare. I manoscritti, anche se non pubblicati, non si restituiscono. Le opinioni espresse dagli Autori non impegnano la rivista. Eventuali errori o imprecisioni non comportano responsabilità della Casa Editrice e della Direzione che ha posto comunemente la massima cura nella revisione dei testi e nella realizzazione dell'opera.

www.dienne.org



Profondità del contenuto informativo nelle procedure HBIM

Depth of information content in HBIM procedures

Elena D'Angelo, Michele Calvano

ISPC Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, Consiglio Nazionale delle Ricerche

e-mail: elena.dangelo@ispc.cnr.it, michele.calvano@ispc.cnr.it

Abstract

Il contributo propone strumenti per rappresentare le distinte condizioni morfologiche e semantiche degli edifici storici (materiali e tecnologie, modelli di degrado e danni) in un processo HBIM, avanzando possibili soluzioni anche in risposta alle complesse indicazioni normative sul fabbisogno informativo degli oggetti digitali.

Key Words

HBIM, ruderi, *mesh*, *texture*, rilievo.

Introduzione

Il contributo presenta i primi risultati di una ricerca condotta sulle possibilità applicative di procedure HBIM a servizio dei beni culturali. Tra gli intenti vi è la volontà di comprendere come questi sistemi di gestione possano essere concreto supporto agli operatori di Enti Pubblici, nel tentativo di facilitare la conoscenza sul costruito storico, fattore propedeutico a qualsiasi intervento di tutela.

In primo luogo, si è ritenuto necessario assumere come presupposto il principio secondo cui l'architettura conserva un'intrinseca dualità: forma e contenuto. Da una parte, dunque, si è tentato di comprendere il significato di "trascrizione" delle informazioni relative ai Beni Culturali nei processi informatici; dall'altra, è stato necessario selezionare gli strumenti e i sistemi maggiormente efficaci per rappresentare e visualizzare il dato geometrico di oggetti architettonici con elevata complessità morfologica.

Stato dell'arte

Il concetto di "trascrizione" delle informazioni è deducibile da UNI 11337 "Edilizia e opere di ingegneria civile –

Abstract

The contribution proposes tools to represent the distinct morphological and semantic conditions of historical buildings (materials and technologies, decay patterns and damages) in an HBIM process, advancing possible solutions also in response to what the standard defines as information needs.

Key Words

HBIM, ruins, mesh, texture, survey.

Introduction

The contribution presents the first results of a research on the applicative possibilities of HBIM to represent the morphological complexity and information depth of historical buildings beyond the features of the most common BIM authoring tools. One of the goals is to understand how these management procedures can support the operators of Public Entities, in an attempt to facilitate the knowledge of the historical built environment, a propaedeutic factor for any protection intervention.

Ideal subjects of the research are architectural ruins, for which digitisation cannot disregard the accurate survey of the signs produced by the passing of time: a condition that proposes a multiple information stratification and therefore a new way of instructing a relational database for architecture (Cursi et al., 2022). It was assumed the principle that architecture retains an inherent duality: form and content. On the one hand, an attempt was made to understand the meaning of "transcription" of information related to Cultural Heritage in digital processes; on the other hand, it was necessary to select the most effective tools to represent and visualise the geometric data of architectural objects with high morphological complexity.

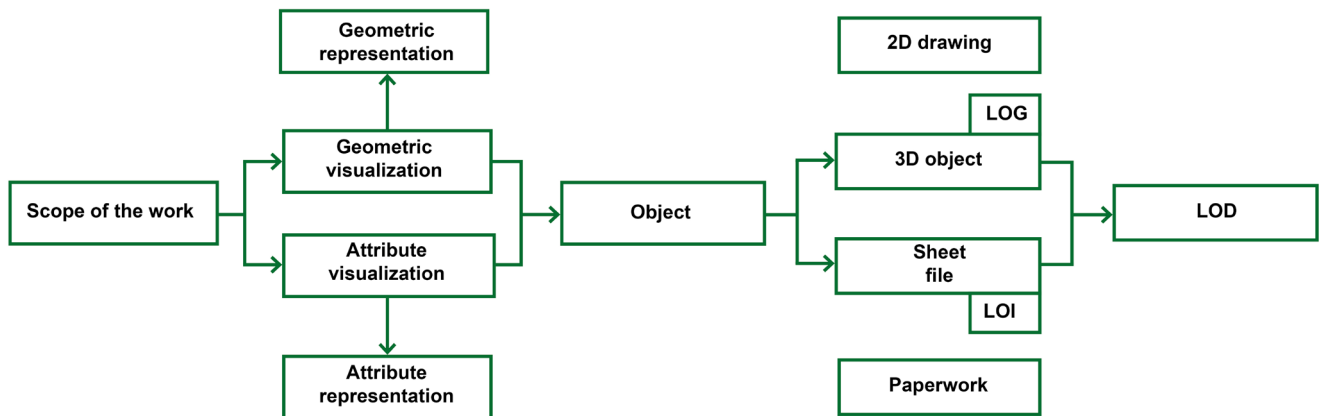


Fig. 1 – Sistemi di legame informativo tra entità dell'opera oggetti digitali e loro livello di sviluppo LOD

Fig. 1 – Information of link systems between work entities, digital objects and their Level of Development (LOD)

Gestione dei processi informativi delle costruzioni” (UNI 11337:2017, in sostituzione della UNI 11337 del 2009). Questa norma dirime gli aspetti generali della gestione digitale dei processi informativi nel settore delle costruzioni e, per anni, è stato tra i principali riferimenti nel settore. Nelle prescrizioni si riscontra la volontà di definire il flusso di informazioni da riversare all'interno dei sistemi digitali: un oggetto digitale, rappresentativo di un bene reale, è tanto più capace di comunicare informazioni quanto più è “profondo” il suo livello di sviluppo. Viene dunque introdotto, il concetto di *Level of Detail/Development*¹ (LOD) come “livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle informazioni degli oggetti digitali che compongono il modello”². Il livello di approfondimento viene poi suddiviso in *Level of Geometry*, inteso come livello di approfondimento degli “attributi geometrici degli oggetti digitali” e *Level of Information*³, in riferimento agli attributi non geometrici (fig.1), corrispondente alla già citato principio di dualità inerente all'architettura.

In aggiunta, la normativa riporta una vera e propria scala graduata, definita da lettere in ordine alfabetico, presupponendo un livello di dettaglio crescente che si articola dal LOD-A e termina con il LOD-G. La UNI fornisce quindi indicazioni sulle caratteristiche che gli oggetti digitali devono possedere per appartenere a un preciso *step* della scala dei LOD.

In riferimento al costruito storico la norma introduce la nozione di “LOD per il restauro”⁴. Fin dal principio viene dichiarato il fatto che i primi livelli della scala (dal LOD-A fino al LOD-E) risultano insufficienti e poco significativi alla

□ Recent solutions

The concept of “transcription” of information can be inferred from UNI 11337 “Construction and civil engineering works - Management of construction information processes” (UNI 11337:2017), replacing UNI 11337 of 2009. This standard covers the general aspects of digital information process management in the construction sector and, for years, has been among the main references in the field. When investigated from the point of view of information flow, the norm indicates that a digital object, representative of a real asset, is all the more capable of communicating information the “deeper” its level of development. Thus, the concept of “Level of Detail/Development”¹ (LOD) is introduced as the “level of depth and stability of the data and information of the digital objects that constitute the model”². LOD is then divided into “Level of Geometry”, defined as the level of depth of “geometric attributes of digital objects,” and “Level of Information”³, referring to non-geometric attributes (fig. 1), corresponding to the aforementioned principle of inherent duality in architecture.

The standard also provides a graduated scale, defined by letters in alphabetical order, assuming an increasing LOD from LOD-A to LOD-G. UNI provides guidance on what characteristics digital objects must possess to belong to a specific step on the LOD scale.

As regards historical architecture, the standard introduces the notion of “LOD for restoration”⁴. It stated that the “lower steps” of the LOD scale for restoration (from LOD-A up to LOD-E) are insufficient and inconsequential for the description of built heritage (fig. 2), while F and G are deemed necessary and sufficient. To assign a LODG or F to the digital objects of the model, they must

1_ UNI 11337: Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti, gennaio 2017

2_ *Ibidem*

3_ *Ibidem*

4_ *Ibidem*

1_ UNI 11337: Construction and civil engineering works – Digital management of construction information processes – Part 4: Evolution and information development of models, documents and objects, January 2017

2_ *Ibidem*

3_ *Ibidem*

4_ *Ibidem*

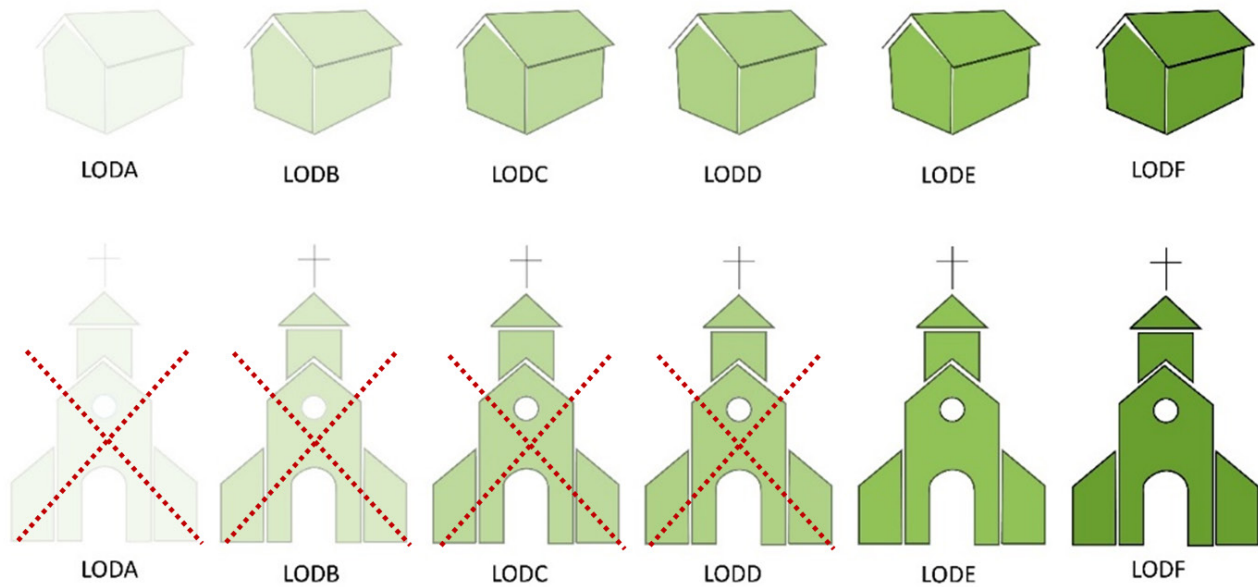


Fig. 1 – LOD e LOD per il restauro: secondo la norma UNI11337, 2017 i LOD dalla A alla D.

descrizione dell'architettura esistente (fig.2). Di contro F e G sono livelli di approfondimento necessari e sufficienti ad esprimere la profondità dello sviluppo degli oggetti digitali. Perché sia possibile ascrivere le componenti digitali del modello all'interno di un LODG o F, gli oggetti digitali devono esprimere "la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di una entità in un tempo definito" oltre a conservare la "rappresentazione storicizzata dello scorrere della vita utile di uno specifico sistema aggiornato rispetto a quanto trattato o installato in un precedente intervento"⁵. Inoltre, "le caratteristiche quantitative e qualitative (dimensione, forma, ubicazione, orientamento...)" devono essere "aggiornate rispetto a un precedente stato di fatto"⁶. All'interno delle componenti è necessario "annotare ogni singolo (e significativo) intervento di gestione, manutenzione, riparazione e sostituzione eseguito nel tempo"; allo stesso modo devono essere "registrate le forme di degrado eventualmente in essere"⁷.

Poiché la UNI 11337 è stata recepita dall'Italia ed entrata in vigore il 26 gennaio 2017, è bene sottolineare che la comunità scientifica nazionale ha denunciato l'insufficienza sostanziale dei cosiddetti "LOD per il restauro". Tra le risposte a quanto riportato nella normativa, di particolare interesse è il concetto espresso nel 2018 da Bianchini e Nicastro che, in risposta al *Level of Detail/Development*, propongono la codifica dell'ormai noto *Level Of Reliability* inteso come "livello di coerenza globale del processo di definizione di un qualsivoglia oggetto digitale" (Bianchini & Nicastro, 2018),

5_ *Ibidem*

6_ *Ibidem*

7_ *Ibidem*

Fig. 2 – LOD e LOD for restoration, according to UNI11337-parte 4, 2017.

depict "the updated virtualisation of the current state of an element at a defined time" as well as preserve the "historicised representation of the flow of the service life of a specific system, updated with respect to what was treated or installed in a previous intervention"⁵. In addition, "quantitative and qualitative characteristics (size, shape, location, orientation, etc.)" must be "updated from a previous state"⁶. Within the components, it must be "annotated every single (and significant) operation, maintenance, repair and replacement performed over time"; likewise, "any forms of degradation that may be in place" must be recorded.

As UNI 11337 was transposed by Italy and entered into force on January 26, 2017, it is worth noting that the national scientific community has denounced the substantial insufficiency of the so-called "LODs for restoration". Among the responses to this legislation, of particular interest is the concept expressed in 2018 by Bianchini and Nicastro who propose the codification of the Level Of Reliability, defined as "level of global coherence of the process defining each element or the model as a whole" (Bianchini & Nicastro, 2018) estimated according to a weighted average between different parameters.

In 2018, the first part of ISO 19650 was published and it introduced the concept of Level of Information Need, replacing the inadequate LOD. This concept was furthered by the European regulation EN 17412 of 2020 "Building Information Modelling. Level of Information Need. Concepts and principles" (EN 17412:2020), transposed by the Italian legislative context in January 2021. This development was deemed appropriate to make a change in per-

5_ *Ibidem*

6_ *Ibidem*

7_ *Ibidem*

SHEET 1					SHEET 2					SHEET 3				
1	A	B	C	D	1	A	B	C	D	1	A	B	C	D
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				

Scheda dello stato di conservazione Spreadsheet 1: State of conservation
Scheda delle caratteristiche tecnologiche Spreadsheet 2: technology and materials characters
Scheda della conoscenza storica Spreadsheet 3: historical information

Fig. 3 – Le tre schede contenenti la profondità del contenuto informativo

Fig. 3 – The three spreadsheets representative of the depth of information content

definito secondo una media ponderata tra parametri di giudizio differenti più o meno influenti.

Nel novembre del 2020 è stata introdotta, in Europa, una forma di aggiornamento sul concetto di livello di approfondimento delle informazioni (“attributi” geometrici e non) riferite agli oggetti digitali di un modello. Viene dunque diffuso, dalla UNI EN 17412, recepita dal contesto legislativo italiano nel gennaio del 2021, il *Level of Information Need* (in sostituzione del poco efficace LOD) ovvero il livello di fabbisogno informativo. Un’evoluzione che, conscia dei limiti derivanti dalle prescrizioni sul LOD, ha ritenuto opportuno apportare un cambio di prospettiva in merito al contenuto informativo degli oggetti digitali. Il livello di fabbisogno informativo viene dunque definito come giusto livello di informazioni necessarie in un determinato momento⁸. Tra gli scopi di questa precisazione, l’inserimento di una “quantità necessaria” di informazioni, intende impedire la distribuzione di una sovrabbondanza di informazioni affinché il numero e la tipologia dei dati contenute nel modello siano limitate a quelli effettivamente significative. Inoltre, si riscontra la volontà di andare oltre al principio della standardizzazione delle richieste informative da parte dei soggetti cui fa capo la redazione dei capitolati, definendo il livello in funzione del progetto e, in particolare, riprendendo una tripartizione largamente condivisa, la quantità, la qualità e la “granularità” delle informazioni stesse, che, una volta stabilite, rappresentano il punto di riferimento per l’intero progetto.

Da queste prime riflessioni è stato subito chiaro che, se l’intento è quello di proporre strumenti digitale a servizio del patrimonio culturale, non è possibile prescindere dal principio del cosiddetto “caso per caso”. Infatti, ogni bene, inserito in un preciso contesto, possiede caratteri e condizioni che non possono essere ascritte a categorie predefinite:

spective regarding the information content (“attributes” geometric and otherwise) of digital objects.

The Level of Information Need is thus defined as “the right level of information needed at a given time”⁸. Among the purposes of this clarification is the inclusion of a “necessary amount” of information, so that the information content of the model is limited to what is actually meaningful. Moreover, it also indicates a desire to go beyond the principle of standardising information requirements, moving closer to the “case-by-case” logic that characterises the built heritage.

These new regulatory conditions allow to draft more fitting technical specifications, adapting the level of information to the building by defining the quantity, the quality and the “granularity” of the information, which, once established, represent the reference point for the entire restoration project.

The contribution proposes digital tools that allow to represent the distinct conditions of historical buildings (materials and technologies, decay patterns and damages), advancing possible solutions also in response to what the standard defines as information needs.

□ Proposed solution

According to the aforementioned assumption that architecture possesses a dual valence or “instance”, the historical and the aesthetic (Brandi & Basile, 2005), digital objects should be capable of expressing the factors that are significant for the evaluation of the characters preserved over time. Moreover, they should convey the most correct representation of the morphological aspects of the historical building.

Consequently, we must attempt to solve two facets of the same problem: on the one hand, to establish the quantitative and qualitative level of notions derived from historical, archival, cartographic research and direct and diagnostic investigation, and, on the other hand, the representation of the building.

non è dunque possibile applicare i presupposti della standardizzazione o della ripetibilità, tanto cari al campo del *Building Information Modelling*. Rimane comunque valido, allo stesso tempo, in concetto secondo cui è utile tentare di fornire indicazioni metodologiche da riprodurre in situazioni dissimili e distanti tra loro.

□ Soluzione proposta

Secondo il presupposto già citato secondo cui l'architettura possiede una duplice valenza o "istanza", quella estetica e quella storica (Brandi & Basile, 2005), gli oggetti digitali devono essere capaci, da un lato, di esprimere le nozioni significative alla valutazione dei caratteri che, attraversando il tempo, sono giunti fino alla contemporaneità e allo stesso tempo trasmettere la più corretta manifestazione degli aspetti morfologici del manufatto storico. Di conseguenza, è necessario tentare di risolvere due ordini dello stesso problema: da una parte, stabilire il livello quantitativo e qualitativo delle nozioni che derivano dalla ricerca storica, archivistica, cartografica, dall'indagine diretta e diagnostica e dall'altra la rappresentazione (attributi geometrici) del Bene.

INFORMAZIONI

Il primo aspetto riguarda i dati riferiti ai caratteri non geometrici del manufatto. Si sono dapprima considerati gli aspetti relativi alle fonti storiche che, sistematizzate, sono in grado di fornire un quadro conoscitivo dell'architettura nel suo passaggio nel tempo; in secondo luogo, le informazioni afferenti alle tecniche costruttive e alle qualità materiche; infine, le informazioni relative allo stato di conservazione del manufatto (fig.3).

L'utilizzo di schede descrittive per la catalogazione e la valutazione delle informazioni è strumento ampiamente utilizzato dall'Amministrazione Pubblica. Molteplici sistemi di organizzazione dei dati sono stati formulati negli ultimi anni dagli enti del settore pubblico. Si pensi ad esempio ai Sistemi Informativi Territoriali o alla Carta del rischio⁹ o ancora a Vincoli in Rete¹⁰. Tutti questi strumenti fanno parte di un processo di digitalizzazione delle informazioni che tende alla semplificazione dei processi di valutazione e conoscenza del patrimonio culturale nazionale. Nel presente studio, tra i principali riferimenti utilizzati per organizzare le schede sopra citate vi è lo schema di catalogazione assunto dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione del Ministero della Cultura che suddivide e definisce cate-

9_ Il sistema informativo delle Carta del Rischio, Direzione generale Sicurezza del Patrimonio Culturale, prevenzione dei rischi, sicurezza e salvaguardia del patrimonio culturale, Ministero della Cultura: <https://dgspatrimonioculturale.beniculturali.it/attivita-direzione-generale-sicurezza-del-patrimonio-culturale/il-sistema-informativo-della-carta-del-rischio/>

10_ Sistema informativo Vincoli in Rete, Ministero della Cultura: <http://vincolinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login>

INFORMATION

The first aspect concerns the data to be collected to provide a complete description of the non-geometrical features of the building. We first considered the data related to historical sources (cartographic, archival, bibliographic, etc.) that, if systematised, can provide a cognitive framework of the architecture in its passage through time. Secondly, we took into account the information pertaining to construction techniques and material qualities; finally, the information related to the state of preservation.

These reflections produced the organization of three different types of "spreadsheet" files, formulated to describe the depth of information content in relation to the qualities intended to be associated with the digital model (fig. 3).

Descriptive sheets for cataloguing and evaluating information are a tool already used by the Public Administration. Multiple systems of data organization have been formulated in recent years by public entities, for example, the Geographical Information Systems, the Italian Carta del Rischio⁹ or Vincoli in Rete¹⁰. All these tools are part of a process of digitisation of information that tends to simplify the evaluation and documentation of the Italian cultural heritage. In this research, among the main references used to organise the aforementioned sheets is the cataloguing scheme of the Central Institute for Catalogue and Documentation of the Ministry of Culture (Legislative Decree 42/2004)¹¹. In addition to this reference, other documents consulted and taken as examples include the "Illustrated glossary on stone deterioration patterns" formulated by ICOMOS-ISCS, which presents an illustrated glossary of the forms of deterioration affecting the wall surfaces of historical buildings.

MORPHOLOGY

The second aspect, or "instance," refers to the representation of the building. Built heritage preserves distinct characters that need to be visualised in order to understand its nature. Chromatic information, for example, is often revealing of pathologies or material compositions; likewise, being able to visually verify the masonry texture and configuration allows to convey precise considerations on the state of conservation. It should also be noted how important

9_ Sistema informativo delle Carta del Rischio, Direzione generale Sicurezza del Patrimonio Culturale, prevenzione dei rischi, sicurezza e salvaguardia del patrimonio culturale, Ministero della Cultura: <https://dgspatrimonioculturale.beniculturali.it/attivita-direzione-generale-sicurezza-del-patrimonio-culturale/il-sistema-informativo-della-carta-del-rischio/>

10_ Sistema informativo Vincoli in Rete, Ministero della Cultura: <http://vincolinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login>

11_ "National cataloguing is regulated by Article 17 of the Code of Cultural Heritage and Landscape, which defines the ways to establish, increase and update the national catalog of cultural property. [...] As early as 2001, with the State-Regions Agreement, the concept of a national cataloguing system was affirmed, which is formed around the objective of ensuring the growth, enhancement and public enjoyment of information on cultural heritage [...]. The General Catalog of Cultural Heritage is managed by the ICCD through the SIGECweb platform, and represents the most effective working tool to ensure the identification of asset, the quality and updating of information, as well as a secure method for the integrated management of data on the territory, as a unified information system and transversal between different types of assets, different subjects and territorial contexts". Taken from the ICCD website: <http://www.iccd.beniculturali.it/>



Fig. 4 – Dalla realtà passando per il rilievo strumentale fino alla mesh

Fig. 4 – From reality via instrumental survey to mesh

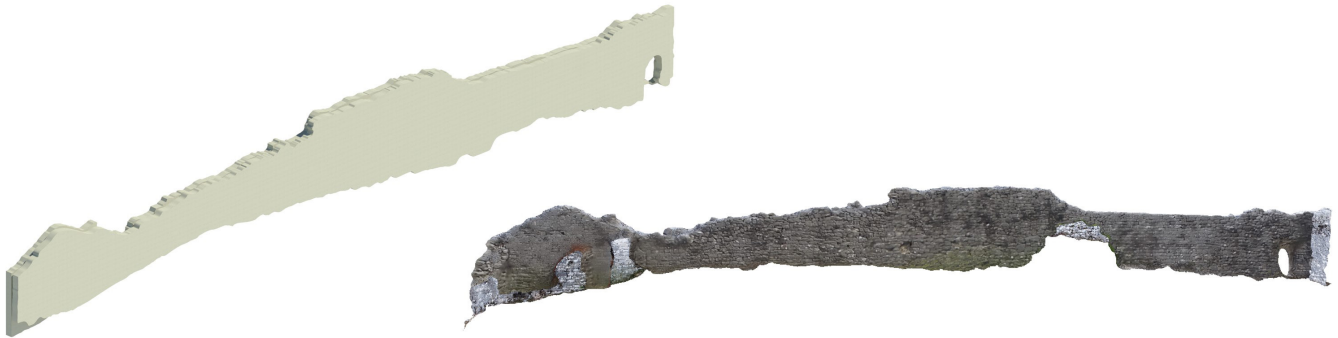


Fig. 5 – Differenza tra modellazione semplificata e modello mesh texturizzato

Fig. 5 – Difference between BIM modeling and textured mesh modeling

rie di informazioni (secondo le prescrizioni del d.lgs 42/2004 s.m.i.). Ulteriore documento di riferimento è stato quello formulato dall'ICOMOS-ISCS *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*¹¹ con il quale viene presentato un glossario illustrato relativo alle forme di degrado che colpiscono i paramenti murari del costruito storico.

MORFOLOGIA

Il secondo aspetto, o “istanza” fa riferimento alla rappresentazione dell'edificio storico edificio. Il patrimonio costruito conserva caratteri distintivi che necessitano di essere visualizzati affinché se ne possa comprendere la natura. La componente cromatica, ad esempio, è spesso rivelatrice di patologie o composizioni materiche; essere in grado di verificare visivamente la struttura e la configurazione della muratura consente di trasmettere precise considerazioni sullo stato di conservazione dei manufatti. Va inoltre sottolineato quanto sia significativo preservare una rappresentazione digitale dell'oggetto reale che sia il più fedele possibile alla realtà per il riconoscimento di lacune o parti mancanti che, se

it is to preserve a representation as faithful to reality as possible for the recognition of gaps or missing parts that, if well depicted, can be quantified by the operators that manage and interpret the digital models (figs. 5-6). This aspect is solved through the use of surveying methodologies based on images, mainly contemporary digital photogrammetry methods that employ Structure from Motion processes (Bianco et al., 2018). The detailed survey obtained by photogrammetry complements the massive surveys carried out by UAV or laser scanner methodologies. The proposed solution involves the generation of textured mesh objects from survey, capable of preserving the morphological complexity, distinct material characters and colour component, thanks to the texture quality.

SEMANTIC APPROACH

As each element of an architectural complex possesses different qualities (e.g., the heterogeneity of masonry surface or stratigraphy), it is necessary to inform each part of the building with specific parameters. After obtaining the textured mesh model, in order to handle portions of the same masonry separately, associating different information, semantic segmentation must be implemented. Using specific tools dedicated to mesh management, segmentation is carried out by parcelling the masonry into units with homogeneous technological characteristics, directly recognizable on

11_ International Council on monuments and sites (ICOMOS-ISCS), *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*, 2008.

ben descritte, possono essere quantificate dagli operatori che gestiscono e interpretano i modelli digitali (figg.4-5).

Questo aspetto viene risolto attraverso l'uso di metodologie di rilevamento *image-based*, ovvero metodi di fotogrammetria digitale che impiegano i processi *Structure from Motion* (Bianco et al., 2018). Il rilievo dettagliato ottenuto dalla fotogrammetria viene integrato all'acquisizione massiva di dati ottenuti tramite metodologie UAV o TLS. La soluzione proposta prevede la generazione di oggetti *mesh* texturizzati ottenuti dal rilievo strumentale, capaci di conservare la complessità morfologica, i caratteri materici e la componente cromatica.

APPROCCIO SEMANTICO

Poiché ogni elemento di un complesso architettonico possiede differenti qualità (ad esempio, l'eterogeneità della superficie muraria o stratigrafia), è necessario informare ogni parte dell'edificio con specifici parametri. Dopo aver ottenuto il modello di *mesh* texturizzato, si attua su di esso un processo di segmentazione semantica con l'intento di gestire porzioni della stessa muratura separatamente, associando informazioni diverse a seconda dell'oggetto considerato. Usando strumenti specifici dedicati alla gestione della *mesh*, la segmentazione viene effettuata individuando sulla muratura unità omogenee secondo le caratteristiche tecnologiche, direttamente riconoscibili sul modello digitale. Le modalità di segmentazione dovranno essere sempre stabilite in base alle necessità contingenti.

□ Risultati conseguiti

Il processo è stato inizialmente applicato al caso di studio del complesso archeologico di Santa Maria a Goranxi, Albania (fig.9). Questo sito vede la presenza di uno dei monasteri più grandi del Dropull inferiore, anche noto per la sua ricchezza architettonica e decorativa. La chiesa e il monastero sorgono su un ampio altopiano, a circa 6 chilometri dal paese di Goranxi, isolati e in posizione panoramica rispetto alla vallata sottostante. Il sito costituisce un caposaldo della viabilità storica locale oltre a rappresentare un punto di riferimento culturale e religioso. La chiesa è quasi completamente conservata, mentre le strutture del monastero sono parzialmente in stato di rudere a causa di progressi terremoti ed eventi bellici. Grazie all'ausilio di sopralluoghi e sondaggi realizzati secondo metodi tradizionali nel 1981 in aggiunta alle foto risalenti allo stesso periodo, è stato possibile ricostruire l'impianto e la distribuzione planimetrica del complesso monastico prima dell'ultimo crollo. Come detto, lo stato attuale del complesso monastico è caratterizzato da una serie di ruderi situati intorno alla chiesa, che si conserva per intero anche grazie all'attività di manutenzione spontanea, senza pianificazione. Ad oggi il sito è parzialmente ri-



Fig. 6 – Sito archeologico della Chiesa di Santa Maria e del Monastero, Goranxi, Albania

Fig. 6 – Archaeological site of the Church of St. Mary and Monastery, Goranxi, Albania

the digital model. The segmentation methods should be based on contingent needs. Among the difficulties encountered, there is the non-compatibility of textured meshes with BIM modelling applications. Textured meshes, in fact, are generally not recognized by common BIM modellers as components belonging to their "environment". The problem can be overcome by writing a process in a Visual Programming Language (VPL), creating a link between the information collected in the sheets and the morphology of the acquired mesh.

After the segmentation process, data is connected to the segmented meshes from the three sheets, which contain respectively: historical information; information on the state of conservation; information on technological and material characters. Each masonry unit is assigned an identification code (ID) for the hierarchy and correlation between the identified elements, and a subsequent convergence of the information on each unit. This operation enables the distribution and organization of information by defining the depth of content. The process of indexing, correlation and semantic enrichment of the parts is implemented using VPL to automate the procedure by setting up an implementable and modifiable model.

□ Experimental results

The process was firstly applied to the case study of the St. Mary's complex in Goranxi, Albania (fig. 6). It is one of the largest monasteries in the lower Dropull, known for its architectural and decorative richness. It stands on a large plateau, about 6 kilometres from the village of Goranxi, isolated and in a panoramic position overlooking the valley below. It constitutes a cornerstone of the local historical road network and a religious landmark. The church is almost completely preserved, while the structures of the monastery are partially in a state of ruins because of earthquakes and war damage. With the help of surveys made with traditional

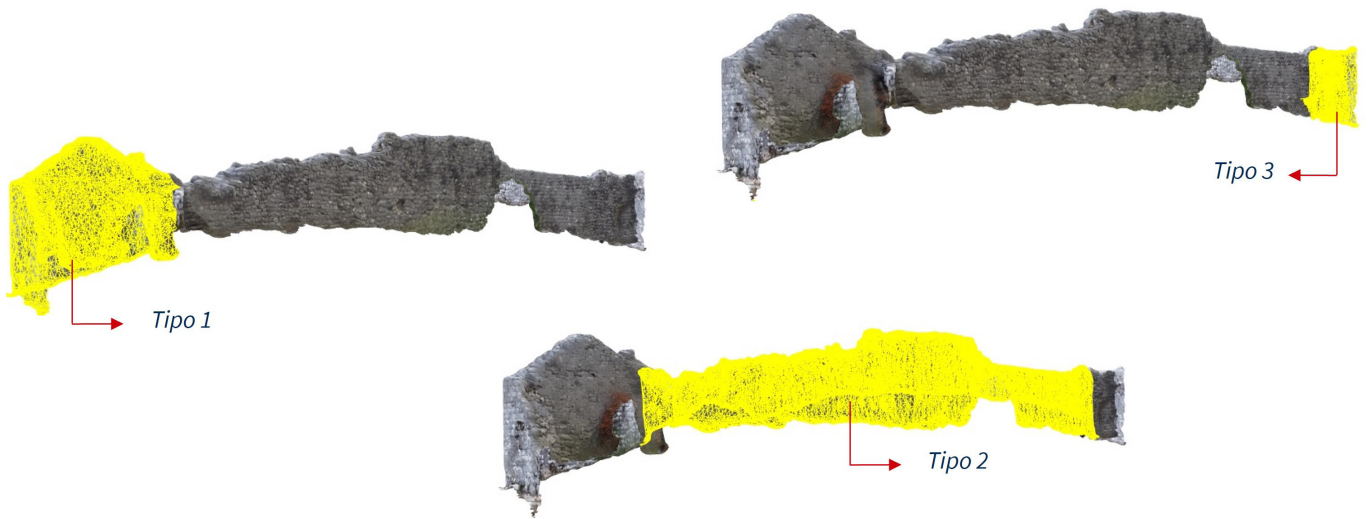


Fig. 7 – Segmentazione semantica della mesh texturizzata

Fig. 7 – Semantic segmentation of the textured mesh

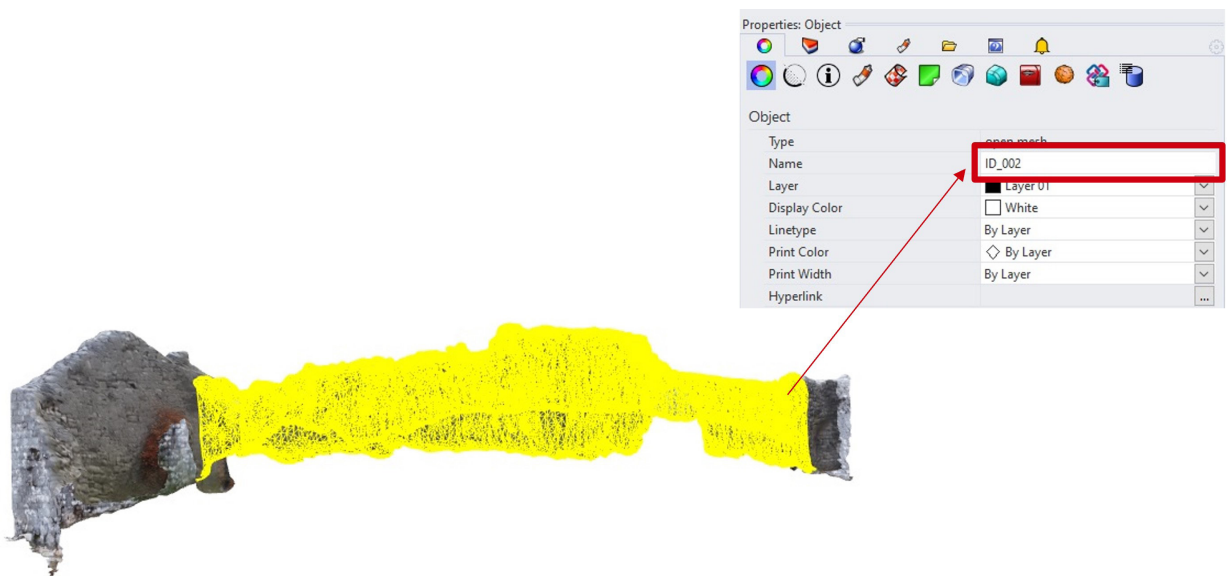


Fig. 8 – Assegnazione di un codice ID a una porzione di mesh texturizzata

Fig. 8 – Assigning an ID code to a textured portion of the mesh

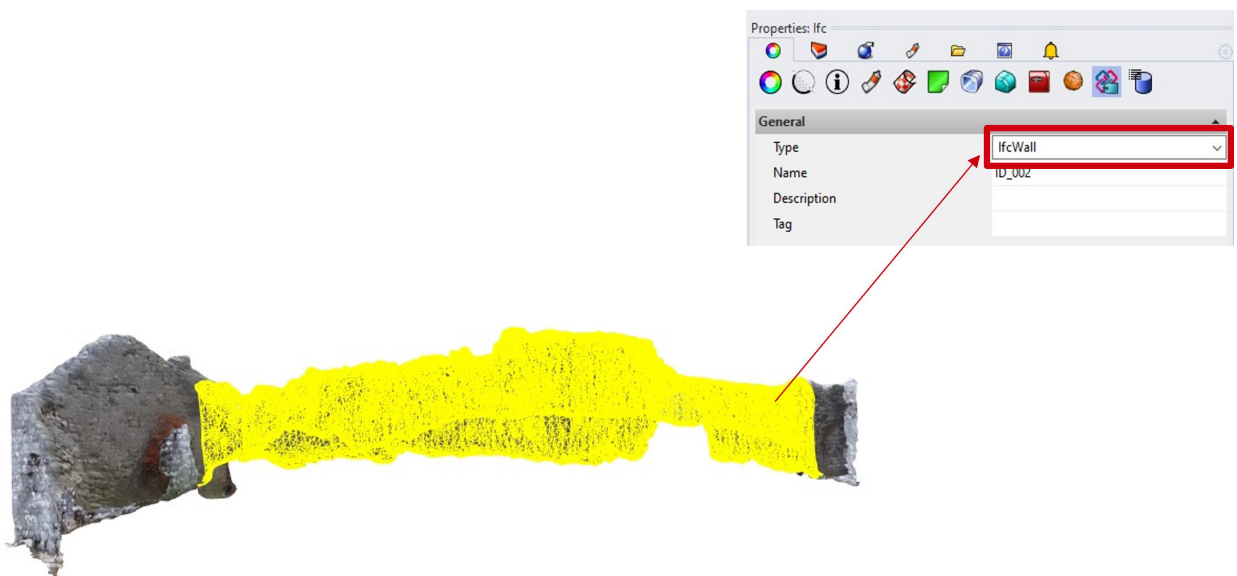


Fig. 9 – Gerarchizzazione dell'oggetto mesh texturizzato segmentato

Fig. 9 – Hierarchization of the segmented digital object

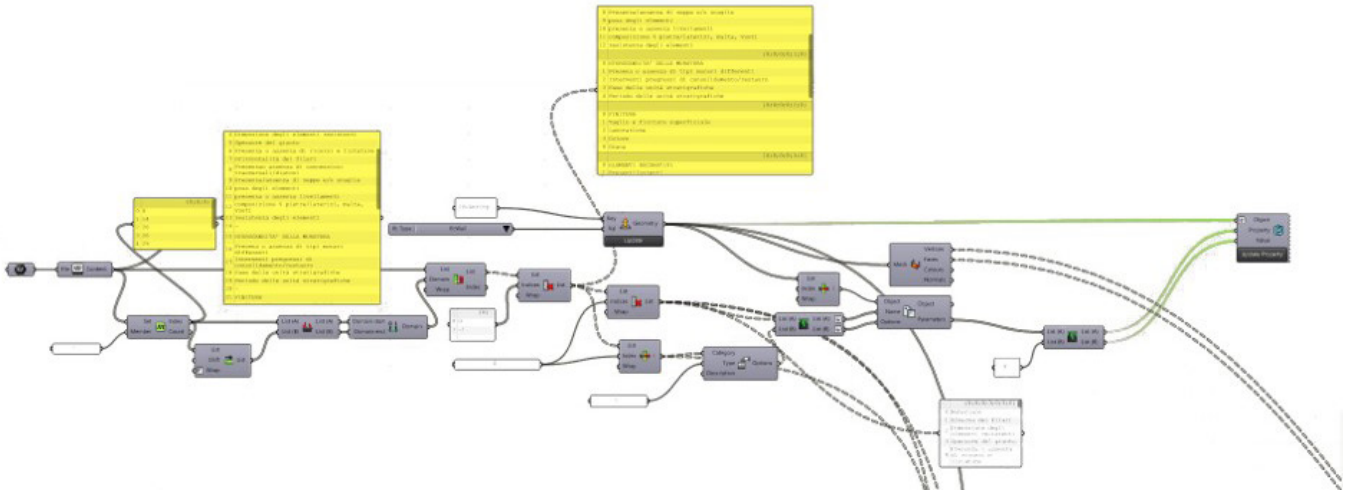


Fig. 10 – Struttura del codice VPL per la connessione tra repository e modello mesh texturizzato

Fig. 10 – VPL code structure for the connection between repository and textured mesh model

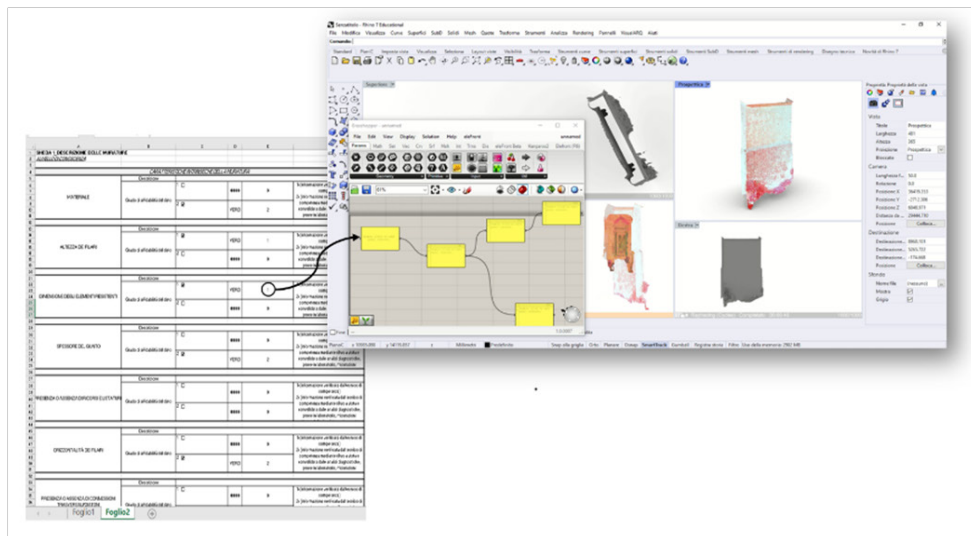
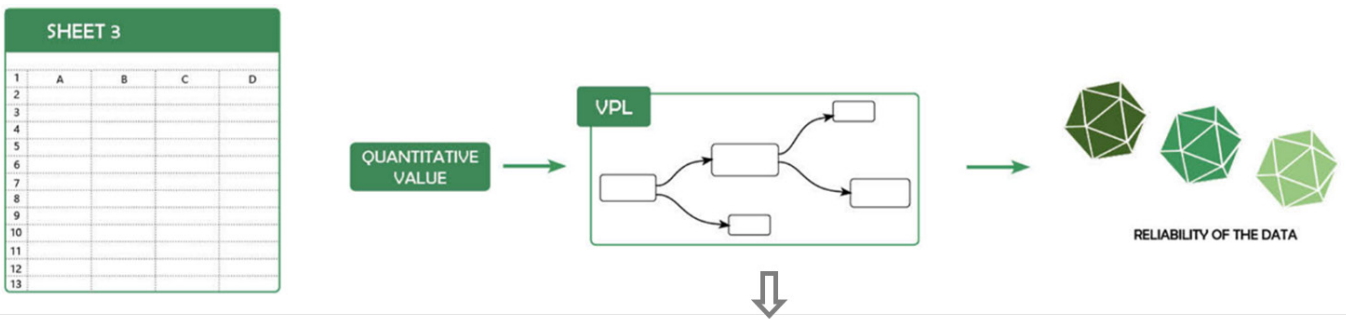


Fig. 11 – Collegamento biunivoco tramite VPL tra schede esplicative della profondità del contenuto informativo e modello mesh texturizzato

Fig. 11 – Linking via VPL between information content depth representative sheets and textured mesh model

coperto da vegetazione e cumuli di macerie, e dunque difficilmente documentabili con le tradizionali tecniche di rilievo; da qui la necessità di operare con tecniche di acquisizione 3D in grado di superare i problemi dovuti alla complessa fruizione. Dato lo stato dei luoghi, si è ritenuto opportuno applicare il metodo citato flusso di lavoro alle murature del monastero a causa della sua complessità morfologica e dello stato di conservazione.

methods in 1981 and the presence of a few photos from the same period, it was possible to reconstruct the layout and plan distribution of the monastic complex before the collapse. The current condition of the monastic complex is characterised by a series of ruins located around the church, which is instead preserved through spontaneous maintenance activities, without planning. Today, the site is difficult to visit because it is overgrown by vegetation and piles of rubble, and difficult to document using traditional survey

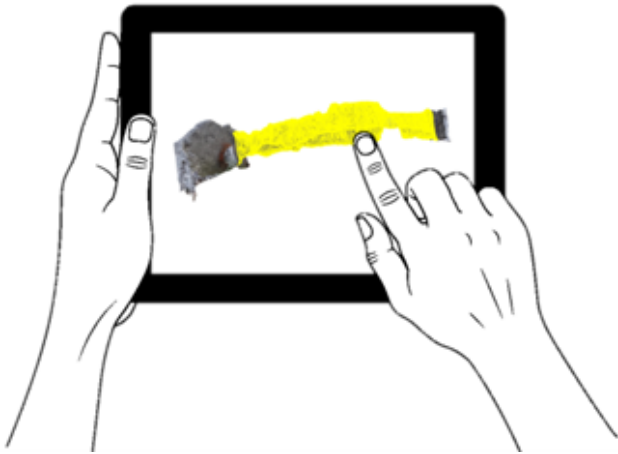


Fig. 12 – Creazione di tools per la semplificazione del processo di segmentazione semantica della nuvola di punti

Fig. 12 – Creation of tools for the simplification of the semantic point cloud segmentation process

Pertanto, si è proceduto al rilievo dell'intero complesso mediante aerofotogrammetria. Le immagini ottenute sono state elaborate utilizzando il *software* Agisoft Metashape, che consente di restituire un modello *mesh* texturizzato a partire dalle scansioni fotografiche. Si è poi deciso di concentrare l'attenzione sulla parete nord del Monastero, sulla quale sono state identificate porzioni di muro omogenee e riconoscibili. In questo modo è stato possibile assegnare informazioni specifiche a ogni porzione, in base al tipo di composizione muraria e tecnica costruttiva. Il modello *mesh* texturizzato è stato importato all'interno di McNeel Rhino 7, *software* in grado di gestire, visualizzare e segmentare questo tipo di oggetto digitale. La muratura è stata dunque suddivisa in tre unità omogenee (fig.7).

A ciascuna unità è stato assegnato poi un codice identificativo (ID01, ID02, ID03) (fig.8), così che potesse essere distinta da nozioni ad essa riferite. Questa operazione ha permesso la gerarchizzazione delle componenti, facilitando la convergenza delle informazioni.

Successivamente, ciascuna delle porzioni segmentate è stata classificata secondo la "categoria" IFC-Wall. Questa operazione ha consentito il riconoscimento da parte del *software* dell'oggetto *mesh* texturizzato quale "muro", esportabile in formato aperto IFC (fig.9).

Il processo di indicizzazione, correlazione e arricchimento semantico delle unità viene eseguite utilizzando Grasshopper, il linguaggio di programmazione visuale di Rhinoceros (fig.10). È stato dunque sviluppato uno *script* all'interno di Grasshopper per automatizzare la procedura di collegamento tra le unità segmentate e le informazioni contenute nelle schede (fig.11).

techniques; hence the need to experiment with new 3D acquisition techniques capable of overcoming said issues.

Given the state of the site, it was deemed appropriate to apply the workflow to the monastery wall because of its morphological complexity and state of preservation. Therefore, we proceeded with the survey of the entire complex by aerophotogrammetry. The images obtained were processed using Agisoft Metashape, which returns a textured mesh model from the photographic scans. It was decided to focus on the north wall of the monastery, where portions of homogeneous and recognizable wall structures were identified. Specific information could be assigned to each portion, based on the type of masonry composition and architectural technique. This textured mesh model was imported in McNeel Rhino 7, a software able to manage, visualise and segment this type of digital object. The masonry was divided into three homogeneous units (fig.7).

Each unit was assigned an identification code (ID01, ID02, ID03) (fig.8), to be distinguished and assigned different information. This operation allowed the hierarchization of the components, facilitating the convergence of information. Next, we classified each of the segmented portions according to the IFC category "IFC-Wall", which allowed the mesh to be recognised by the software as a "wall" exportable in open IFC format (fig.9).

The process of indexing, correlation and informational enrichment of the units is performed using Grasshopper, the VPL of Rhinoceros (fig.13). We developed a script in Grasshopper to automate the procedure for connecting the segmented meshes with the information collected in the sheets (fig.10).

□ Conclusion

The article aims to propose an HBIM method to support the protection actions of the Public Administration, which can be shared and disseminated to a wider community of technicians working in the field of cultural heritage. To structure such procedure, it is necessary to identify a level of information need depending on model uses. It is not always practical to use the most common BIM modeller, as they are not designed to handle complex geometries. For the management of the historical built environment, their use could be complemented by other interoperable tools.

Among the possible perspectives of this research is to develop a platform to visualise textured mesh models, for Public Administrations and the other actors involved in protection actions on cultural heritage (fig.12). In addition, the creation of tools capable of automating procedures, such as the semantic segmentation of the textured mesh, would facilitate the process. A further field of investigation relates to the extraction, transfer and 3D visualisation of data from diagnostic surveys (fig.13).

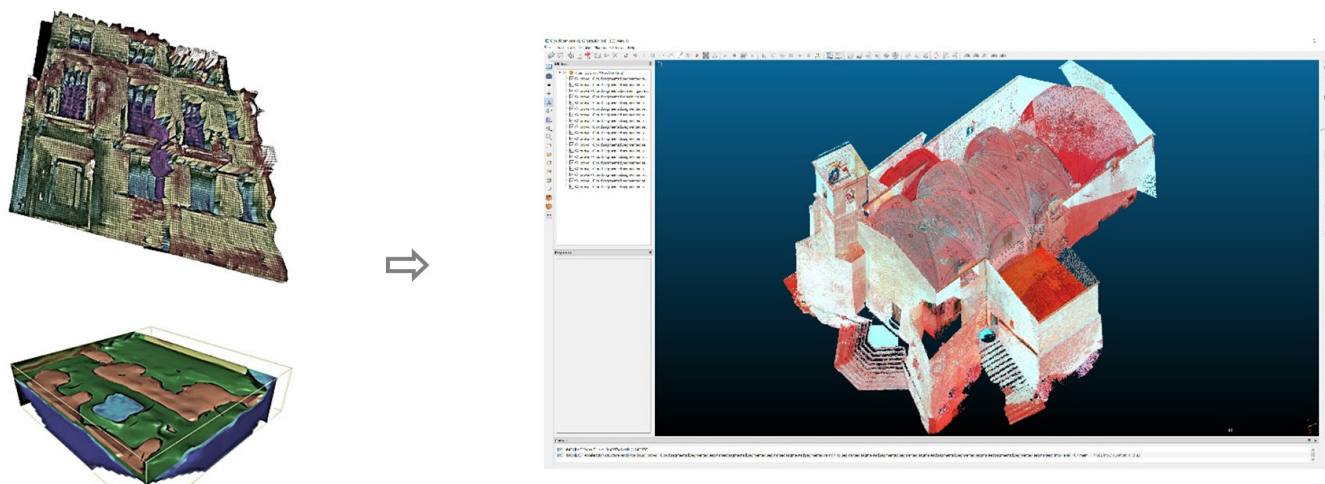


Fig. 13 – Inserimento del dato diagnostico all'interno della procedura HBIM, visualizzabile tridimensionalmente

Fig. 13 – Input of the diagnostic data into the HBIM procedure, which can be visualized in three dimensions

□ Conclusioni

Il contributo intende proporre una procedura HBIM a supporto delle azioni di tutela sul costruito storico avanzate dalla Pubblica Amministrazione, affinché le informazioni possano essere condivise e divulgate ad una più ampia comunità di tecnici che operano nel settore. Per strutturare il metodo, è necessario identificare un livello sufficiente di informazioni riferito allo scopo del modello. Non è sempre agevole servirsi dei più comuni BIM modeler, ideati per la gestione di oggetti morfologici poco complessi. Nel campo del costruito storico, l'uso di *software* BIM può dunque essere integrato grazie all'interoperabilità di diversi strumenti.

Le prospettive future della presente ricerca vedono lo sviluppo di una piattaforma in grado di visualizzare modelli *mesh* texturizzati, messa a servizio delle Pubbliche Amministrazioni e degli attori coinvolti nelle azioni di protezione del patrimonio culturale (fig.12).

Inoltre, si prospetta la realizzazione di *tools* in grado di automatizzare procedure, quali la segmentazione semantica della *mesh* texturizzata, per facilitare l'intero processo. Ulteriore campo di indagine riguarda l'estrazione, il trasferimento e la visualizzazione 3D dei dati diagnostici ottenuti dalle indagini (fig.13).

□ Bibliografia / References

[1] GIGLIARELLI, Elena; CALCERANO, Filippo; CESARI, Luciano, (2016) Implementation Analysis and Design for Energy Efficient Intervention on Heritage Buildings. In Proceedings of the Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection; Springer, Cham, October 31; pp. 91–103.

[2] BRANDI, Cesare; BASILE, Giuseppe. Theory of Restoration; Arte e restauro; Istituto centrale per il restauro; Nardini: Roma, Firenze, 2005; ISBN 978-88-404-4089-7.

[3] MARTINELLI, Letizia; CALCERANO, Filippo; GIGLIARELLI, Elena, (2022) Methodology for an HBIM Workflow Focused on the Representation of Construction Systems of Built Heritage. J. Cult. Herit., 55, 277–289, doi: 10.1016/j.culher.2022.03.016.

[4] Istituto Centrale per il catalogo e la Documentazione ICCD - A - Architettura 3.00 Available online: http://www.iccd.beniculturali.it/it/ricercanormative/44/a-architettura-3_00.

[5] BIANCHINI, Carlo, NICASTRO, Saverio (2018). La definizione del level of Reliability. Un contributo alla trasparenza dei processi di historic-BIM. DN, 45-59.

[6] VERGÈS-BELMIN, 2008. Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns. [Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre.] ICOMOS and (ISCS) International Scientific Committee for Stone, Paris. http://international.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/

[7] D'ANGELO, Elena, MARINI, Federica, MORRONE, Paola, NATALUCCI, Andrea, PONZETTA, (2019), Alessandra Il Giardino di Ninfa: un'applicazione BIM per la conservazione dei ruderi. pp. 214-233. Intervento presentato al convegno Workshop 3DModeling&BIM. Modelli e soluzioni per la digitalizzazione tenutosi a Roma.