

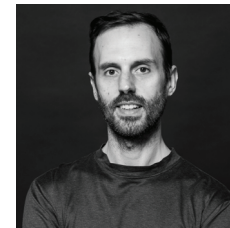
Towards a Relational Representation of Architecture: From Geometry to Semantic Modeling in Computational Graphic Sciences

BIM models are increasingly used also for the representation and management of Cultural Heritage (CH). However, while BIM models effectively integrate geometric, technical, and material data, they still struggle to represent more interpretive historical information derived from archival research. This is essential when representing architectural elements whose meaning extends beyond their physical and material features. This paper explores the use of Semantic Web technologies to experiment with structuring and connecting historical information and interpretive relations and correlations to BIM models. The methodology is tested on the case of the balcony frescoes of the First IRE Building in Padua, designed by the architects Francesco Mansutti and Gino Miozzo during the post-war reconstruction period. The results show how directly observable data, contextual relations, and interpretive information can be flexibly

structured within semantic graphs and linked to BIM elements by converting both into the same data model. The experiment demonstrates the potential of these technologies in enriching the semantic nature of Heritage BIM models (HBIM), making explicit different epistemological levels of historical information, from directly observable data to documentary evidence, contextual relationships, and the resulting interpretations. The study concludes that semantic technologies can extend traditional HBIM-based representations, opening new perspectives for a more critical digital representation of the historical, cultural, and interpretive dimensions of architecture.



Sharon Giammetta
Sharon Giammetta holds a degree in Architecture from IUAV University of Venice and is currently a Ph.D. candidate in Civil, Environmental, and Architectural Engineering at the University of Padua. Her research focuses on the post-war architecture of Francesco Mansutti and Gino Miozzo, combining digital models and semantic technologies to support architectural heritage research and preservation.



Paolo Borin
Professore Associato al DICA-TAM dell'Università di Brescia. Si occupa di standard aperti per BIM e infrastrutture, geometrie avanzate per l'ambiente costruito e storia dei metodi di rappresentazione legati alla fabbricazione strutturale. Dal 2023 è Responsabile del Comitato Tecnico e Scientifico di buildingSMART Italia e dal 2022 Responsabile Scientifico del master Progettare Digitale BIM IUAV.

Keywords:
Representation; Semantic Modelling; Ontologies; BIM; Architectural Heritage;

1. INTRODUCTION

Graphic sciences are undergoing a profound transformation. Architectural representation has always exceeded the mere figurative description of form, relying on codes, symbols, conventions, and implicit generative procedures to convey semantic content. What changes with the advent of digital technologies is not the informational nature of representation itself, but the possibility of making such information more explicit, structured, queryable, and interoperable. In this sense, drawings and digital models increasingly act not only as visualizations of geometry, but as information systems capable of organizing and linking data, supporting knowledge processing. With the adoption of Building Information Modeling (BIM) and the Industry Foundation Classes (IFC) standard, architectural representation has taken on a hybrid character, combining graphical representation and structured data within interoperable information models (Domer & Bernardello, 2023). These approaches are now widely employed in both contemporary architecture and the representation of historical heritage (Borin et al., 2019). However, such models remain primarily focused on geometric, technical, and material data. As highlighted in the literature, BIM systems were originally developed for the design of new constructions and are therefore based on organizational structures and classification systems grounded in this assumption. This makes it difficult to represent historical architectural elements that do not fit within predefined standard categories (Bernardello R.A. & Montecchio M., 2021). This limitation becomes even more evident when the object of study is a historical building or an architectural element with a strong cultural dimension, where historical and interpretive aspects, such as values, design intentions, and historical meanings, are difficult to express within current BIM data structures. It is precisely within this gap between the technical representation and the cultural content of architecture that the need for a further level of formalization emerges. In this context, Semantic Web and Linked Data

technologies such as the Resource Description Framework (RDF), RDF Schema (RDFS), and the Web Ontology Language (OWL) provide tools for describing the nature of an object to a computer with greater precision, representing data through explicit relational structures based on subject-predicate-object triples (W3C, 2003). Unlike procedural programming languages, which describe sequential instructions telling the computer how to process data step by step, these declarative semantic languages represent meaning through the modeling of identities, properties, and relations, providing a partial description of the world being modeled (Mylopoulos, 1981). As Halpin observes, «no identity is an island, all identity is relational» (Halpin, 2008), meaning that an entity can only be understood through its context, that is, through the relations that connect it to other entities. In this way, it becomes possible to state, without relying on complex BIM modeling strategies that impose excessive information requirements, that a ceiling contains a specific decoration, executed using a particular painting technique and attributed to a specific artist within a defined historical and cultural context. Computational semantics thus makes it possible to model aspects that cannot be expressed through geometry alone, enabling the representation of a deeper meaning of objects. From this perspective, digital models can therefore be understood as architectures of meaning, in which geometric elements, materials, technical data, and historical data are integrated through formalized relations that are both machine-readable and understandable, while remaining accessible to human interpretation. This contribution proposes a theoretical and methodological reflection on this evolution, illustrated through a case study of the First IRE Building in Padua, designed in the post-war period by Francesco Mansutti and Gino Miozzo for the I.R.E. company (Fig. 1). By integrating BIM and RDF-based semantic modeling, this work explores and experiments with the formalization of historical information and interpretive relations and their connection to a BIM model, translating both into a



Fig. 1 - The First IRE Building. Historical photograph (Archivio del '900, Man.-Mio.3.3.46.1.1.9).

common semantic graph. The aim is not to build an ontology, but rather to demonstrate the potential of the RDF model in semantically enriching Heritage BIM models. The focus is placed on specific façade elements, particularly the frescoes decorating the ceilings of the balconies on the main elevation, attributed to the painter Antonio Morato (Fig. 2). The case study is significant because the analysis of archival sources revealed a series of clues suggesting that these decorations are not simply ornamental, but rather the result of conscious design choices embedded within a broader cultural context linked to a specific vision

of reconstruction. Thus, the building emerges as an example in which construction components, design intentions, and cultural meanings are deeply intertwined, demonstrating how the identity of architecture cannot be fully captured through geometric and technical representation alone. Therefore, the focus of this contribution is not the BIM reconstruction of the building, but the computational formalization of historical information and interpretive relations that are part of the reconstructed historical knowledge.



Fig. 2 - Detail of the fresco decorations attributed to Antonio Morato on the balcony ceilings (Archivio del '900, Man.-Mio.3.3.46.1.1.3).

2. BETWEEN QUANTITATIVE AND QUALITATIVE REPRESENTATION: THE GAP IN HISTORICAL INFORMATION MODELING

Digital representation of architecture tends to privilege measurable, technical data, that is, quantitative information. While digital models are highly effective in representing these aspects, the understanding of historical architecture also requires qualitative information, related to historical context and interpretive processes. As noted by Rowland J. Mainstone in "Structural Analysis, Structural Insights, and Historical Understanding", quantitative analysis and qualitative understanding should not be considered alternatives, but rather complementary approaches, both necessary for the comprehension of a historical building (Mainstone, 1997). In his work on both modern and historical structural forms and their evolution over time, Mainstone emphasized how factors such as construction processes, transformations over time, and material conditions significantly influence structural behavior, making it difficult to achieve exhaustive representations through purely numerical models, even in fields strongly dominated by quantitative data.

This consideration can be extended to the broader field of architectural heritage representation. One of the reasons for the growing interest in BIM in the Cultural Heritage (CH) field lies in its ability to integrate geometries and structured data within a single model. This approach, commonly referred to as Heritage BIM (HBIM), was first introduced by Maurice Murphy (Murphy et al., 2009) and applies BIM methodologies to the documentation and management of historical buildings, incorporating survey data such as laser scanning and photogrammetry into the modeling process. Within this domain, numerous projects have subsequently addressed the challenge of representing complex and non-standard architectural elements (Bernardello R.A. & Montecchio M., 2021; Bruno et al., 2018), with a primary focus on advanced geometric and parametric modeling (Saygi et al., 2013). Despite

these advancements, such approaches remain largely limited to the representation of technical and constructive information, while qualitative, historical, and interpretive data are still managed separately from the models themselves.

For this reason, in recent years, several Digital Humanities projects have shifted their focus toward information management, exploring alternative ways of organizing and integrating knowledge. The Visualizing Venice project [1], for instance, aimed to integrate BIM, GIS, and digital technologies to support heritage analysis and conservation, using the BIM model as a central information repository (Ferrighi, 2012; L. Huffman & Giordano, 2019). Similarly, initiatives such as Venice's Nissology (VeNiss) [2] have proposed infrastructures based on semantic graphs and Linked Open Data, oriented toward polycentric representations of knowledge, where sources, actors, events, and artifacts are connected within a broader system (Galeazzo et al., 2024). As a result, the BIM model is no longer positioned as the central component of the information system, but rather as one node within a wider network of information.

On the one hand, BIM models centralize data around the building, primarily support the integration of technical, constructive, and material data. On the other hand, approaches based on Semantic Web technologies offer new possibilities for integrating heterogeneous data from different domains. In this context, RDF provides a relational data model through which entities can be connected within shared semantic graphs (W3C, 2003). These possibilities have also attracted attention in the AEC sector, in which the conversion of BIM models into RDF (Bonduel et al., 2018; Pauwels & Deursen, 2012), which led to the development of ontologies for the building domain such as ifcOWL and BOT (Henry et al., 2025), has enabled BIM models to extend beyond the boundaries of a single classification system such as the IFC schema, transforming them into more open, flexible, and interoperable semantic graphs. These approaches have demonstrated their potential particularly in relation to

contemporary buildings and technical use cases, such as lifecycle management, maintenance, and performance analysis (Rasmussen et al., 2020). In the historical domain, however, such technologies have so far been mainly applied to the integration of large-scale datasets, connecting models, sources, actors, and events within extended information networks. The possibility of applying these approaches at a finer level of granularity remains largely unexplored, particularly about the formalization of detailed historical information and interpretive relations. From this perspective, Semantic Web technologies not only extend the integration of heterogeneous data, but also enhance its semantic richness, enabling the representation of qualitative data.

3. A METHODOLOGY FOR INTEGRATING BIM AND SEMANTIC REPRESENTATIONS OF HISTORICAL INFORMATION

The proposed methodology integrates a basic BIM model, understood as an information model with a graphical extension, with a targeted computational semantic modeling approach based on RDF. Unlike traditional approaches, where the BIM model constitutes the starting point of the process, the methodological workflow here begins with the semantic modeling of selected historical data and interpretive relations derived from archival sources. In this context, historical knowledge is understood as the interpretive synthesis of the most relevant information selected from such sources, in which relations and meanings emerge through processes of organization, correlation, and interpretation. This process enables the reconstruction of relations between actors, cultural contexts, design choices, and architectural elements. Therefore, sources are not treated as simple containers of data, but as evidence supporting the historical reconstruction (Ginzburg, 1986, 2019).

This contribution is based on previous historical studies, from which relevant interpretive information to understanding the identity of

the architectural element under investigation, namely, the frescoes decorating the balconies of the building, have been developed. The aim is not to provide an exhaustive representation of the context, but to represent the relations that support a specific interpretation, while maintaining links to the sources that ensure traceability.

The methodology is structured into three main phases. First, the selected historical information and interpretive relations are structured according to the RDF data model, modeling both directly observable data and interpretive information as triples, and distinguishing relations according to their degree of derivation from sources and interpretive elaboration. Second, the BIM model is converted from IFC into RDF using the IFC-to-RDF converter [3], allowing architectural elements to be represented within the same data structure and thus integrated into a unified graph. Finally, such structured semantic historical graph is linked to the corresponding BIM elements, enabling the integration of geometric, technical and cultural data within a unified semantic representation. This approach highlights the expressive potential and flexibility of RDF for structuring and linking historical information and interpretive relations, even in the absence of a fully defined ontology. The use of existing ontologies in this contribution is limited to supporting the integration between the IFC-RDF graph and the historical semantic graph.

4. THE CASE OF THE FIRST IRE BUILDING FAÇADE FRESCOS

In the case study of the First IRE Building (Fig. 1), built in Padua during the postwar reconstruction, a design dimension emerges that goes beyond purely technical and constructive aspects. The project was developed by Francesco Mansutti and Gino Miozzo within the framework of the I.R.E. company (Impresa Ricostruzione Edilizia), established in 1946 as a partnership between the architects and the Grassetto construction company. I.R.E. was founded with the aim of intervening in the reconstruction process by

integrating design and construction according to a building industry concept, giving rise to an experimental construction site based on the scientific organization of the building process (Svaldud & Zaggia, 2026). However, the presence of fresco decorations (Fig. 2 - Fig. 3) appears to constitute an element of discontinuity with this industrialized logic. Consequently, the analysis focused on these decorative elements. The examination of archival sources revealed a series of clues that, considered in relation to each other, contributed to the construction of a historical interpretation of these elements.

Within the documentation related to the activities of the Famiglia Artistica Padovana (F.A.P.), an association active in the promotion of art and culture, in which the architect Mansutti was an active member, the presence of the same actors involved in the construction of the building clearly emerges, together with an explicit interest in the integration of art, architecture, and industry. A letter dated February 19, 1946, probably written by Mansutti himself, attests to the establishment of the F.A.P. at a time immediately preceding both the foundation of I.R.E. and the beginning of the building project. The association's statute lists Mansutti, Miozzo, Antonio Morato, and Ivone Grassetto among its members, highlighting a continuity between the associative and operational context of the IRE building. In an earlier draft of the same letter, the F.A.P. is defined as "the union of the spiritual activities and ideal aims of its individual members for a more effective creative activity [...] that may [...] foster social renewal". This suggests an intention to promote art as an active component in the reconstruction of the city and collective life, indicating that artistic activity was conceived from the outset as part of a broader program of social renewal. This vision had already been articulated in the minutes of another organization, the V Section of the Commission for the Reconstruction of Padua, once again led by Mansutti, which outlined an idea of Reconstruction not only as a building process, but also as a cultural, spiritual, and moral endeavor. Further evidence emerges from the F.A.P. statute,

which identifies among its practical objectives the intention to “engage civic institutions, local authorities, industries, and private actors in enhancing and ennobling [...] their constructions [...] through works of art.”

Considering this context, the presence of Morato’s frescoes suggests a design choice that is not simply ornamental, but also conceptual. The intersection of these sources has made it possible to formulate the interpretation that, in the First IRE Building, the frescoes can be understood as an expression of the vision of Reconstruction promoted both by the V Section and by the F.A.P., in which construction, art, and industry are closely intertwined. This interpretation does not derive from a single source but emerges from the correlation of multiple documentary evidence read in relation to one another. According to this hypothesis, the decorations are not merely material attributes of specific building elements but rather points of convergence of broader historical relations involving actors, associations, cultural programs, intentions, and design choices, documented across heterogeneous sources. It is precisely these types of data and interpretive information, synthetic and interrelated, that this work aims to structure and connect to the BIM model. To represent it in a machine-readable and semantically structured form, it was necessary to move from a discursive description to an explicit formalization in RDF triples, allowing it to be modeled as a semantic graph (Fig. 4).

The formalization process was carried out by experimenting both with the use of Protégé ontology editor, employed as a graphical interface for modeling ontologies and semantic graphs, and with textual formalization in VS Code using the Turtle syntax. In both cases, the result is a file in Turtle format (.ttl). The triples were organized by distinguishing different levels or degrees of derivation and elaboration from the source. A first level corresponds to directly observable data, such as the presence of the fresco, attributed to Morato, on the balcony. A second level refers to the historical context, in which relations between actors, associations, and cultural programs are



Fig. 3 - Detail of the fresco decorations attributed to Antonio Morato on the balcony ceilings. Photograph by Marco Lumini.

```
1 :Fresco(target) :isAttributedTo :AntonioMorato .
2 :Fresco(target) :expresses :ArtArchitectureIndustry
  Integration
```

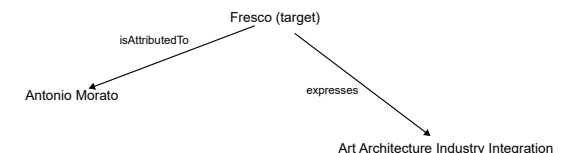


Fig. 4 - Example of an RDF triple, shown both in its serialized textual form using the Turtle (TTL) syntax and in its corresponding visualization as a semantic graph.

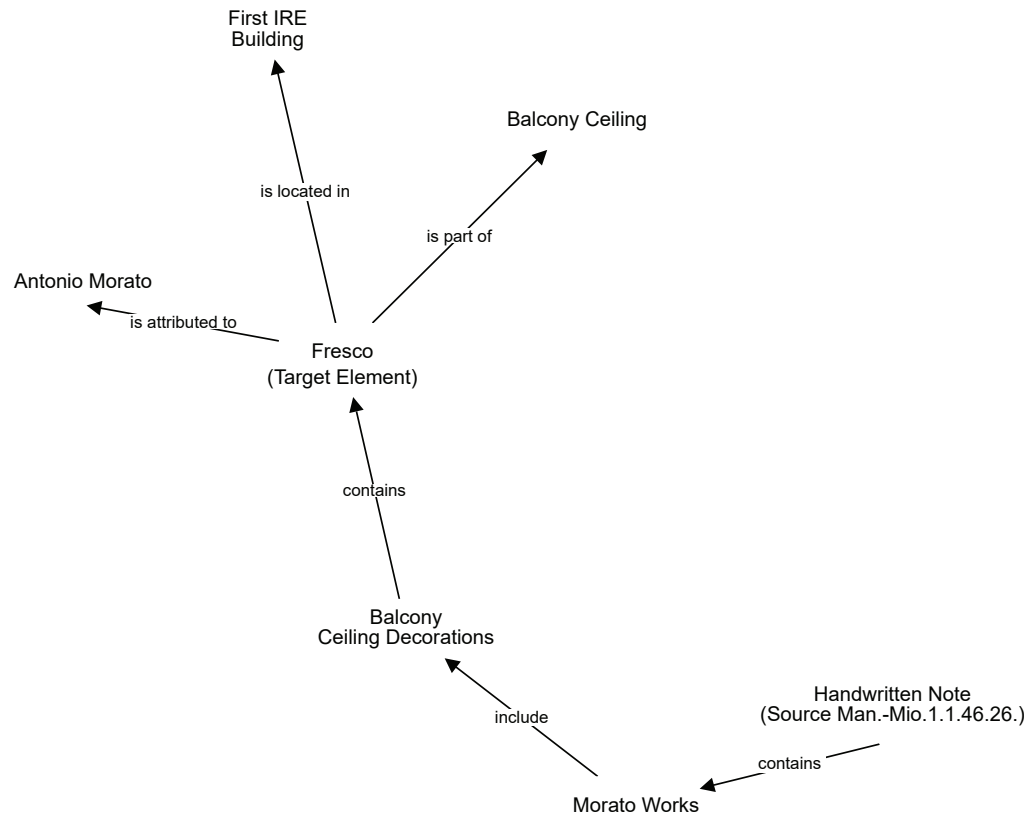


Fig. 5 - Graph-based representation of first-level RDF triples focused on the fresco, illustrating directly observable data and the relations between the architectural element, its attribution and the related documentary evidence.

modeled. Finally, a third level corresponds to the interpretive dimension, where relations emerge from the correlation of information derived from the previous levels. In this way, the discursive form of expression is translated into a graph-based relational representation, in which the identified relations and correlations are made explicit. At the first level, for instance, several triples were formalized with the fresco decoration as the subject (Fig. 5).

The centralization of triples around the fresco, considered as the focal point of the investigation, allowed to limit the modeling process to the relationships relevant to the specific interpretation proposed, avoiding the extension of the graph to further entities and information not directly relevant to the objectives of the study. The subsequent level, triples were made explicit regarding historical and cultural contextual information, previously discussed, and considered relevant for supporting and tracing the interpretation of the object's identity. Although these elements are not directly associated with the architectural component, they are indirectly related to it. Given that identity is inherently relational (Halpin, 2008) its understanding requires the integration of broader contextual information, always grounded in documentary sources. These include, for example:

Francesco Mansutti → participates in → Famiglia Artistica Padovana (FAP) ;

Antonio Morato → participates in → Famiglia Artistica Padovana (FAP) ;

Famiglia Artistica Padovana (FAP) → promotes → Integration of Art-Architecture-Industry ;

FAP Statute (Source) → contains → Integration of Art-Architecture-Industry ;

Finally, at the third level, interpretive triples were formalized:

Social Renewal → is related to → Social and

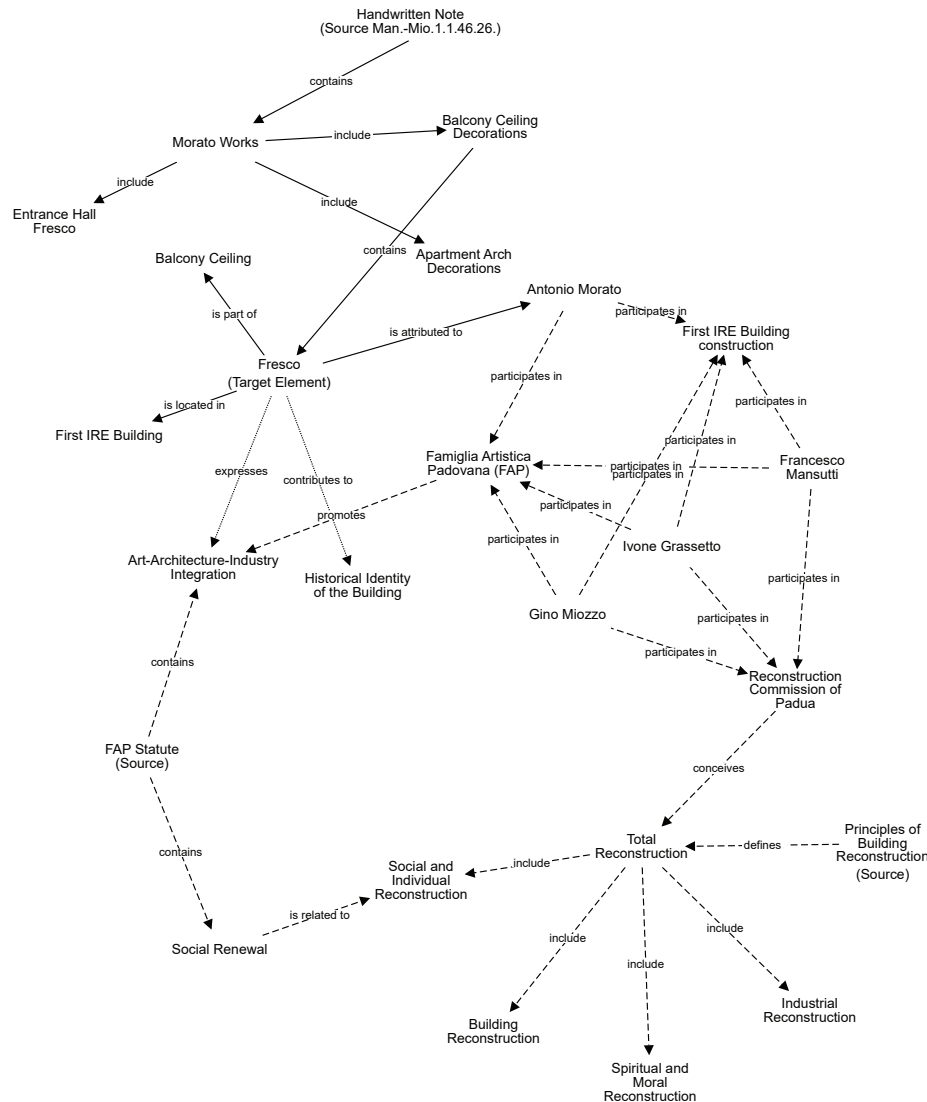


Fig. 6 - Graph-based reconstruction of the historical context associated with the fresco (target element). Different line styles represent varying types of relations and epistemological levels of historical information.

Individual Reconstruction ;

Fresco → expresses → Integration of Art-Architecture-Industry ;

Fresco → contributes to → Historical Identity of the Building ;

Through the combination of direct relations and indirect correlations, the interpretive triples can be traced back to the original sources that support their construction, ensuring the traceability of the interpretive process (Fig. 6).

At this stage, the aim was not to develop a fully defined ontology, but rather to demonstrate how even a basic RDF formalization can be used to represent and connect historical information and interpretive relations in a more explicit relational structure (Fig. 6). To this end, some semantic relations functional to the structuring of historical and interpretive information have been defined, conceived as a basis for future developments aimed at integration with established ontologies such as CIDOC-CRM, the reference ontology for the semantic modeling of CH, developed by the International Committee for Documentation (CIDOC) of the International Council of Museums (ICOM) (Bekiari et al., 2021).

The historical semantic graph was developed independently from the BIM model (Fig. 7), assuming a conceptual distinction between the historian's interpretive process and the construction of the digital model. Thus, the BIM model was considered, only at a later stage, as an additional information node which, as a geometric-technical-semantic representation, can be further enriched through the anchoring of qualitative information, thereby expanding its informational content.

To integrate the BIM model with the historical semantic graph, it was first necessary to export the model in IFC format and subsequently convert it into the RDF data model, transforming it into a semantic graph serialized in Turtle format (Fig. 8). For this purpose, the Java-based IFC-to-RDF converter was used.

To illustrate the translation of one of the frescoed

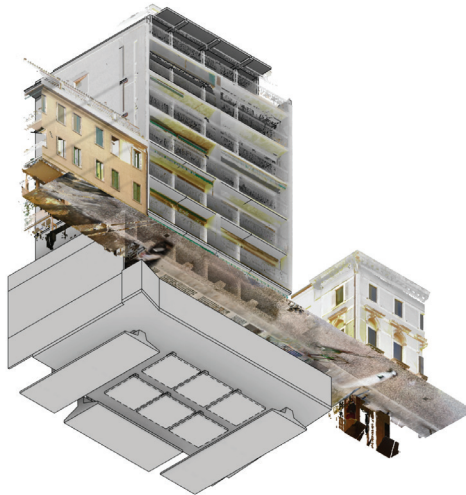


Fig. 7 - BIM model of the First IRE Building under reconstruction, with the superimposed point cloud highlighting the balcony decorations on the main façade along Altinate Street. Survey data acquired by P. Borin and S. Giammetta and processed by G. De Biasio.

ceilings, modeled as an instance of the IfcCovering class with a user-defined object type "FRESCOED_CEILING", and converted into RDF, its serialization in Turtle format is reported in Fig. 9.

In this way, architectural elements also become instances that can be linked to other RDF resources through explicit relations. The historical triples defined earlier were integrated into the resulting graph, linking the semantic resource representing the frescoed ceiling to its corresponding BIM element inst:IfcCovering_3610. At the same time, the First IRE Building RDF resource was connected to its BIM representation inst:IfcBuilding_22. From a semantic perspective, the BIM model is considered a possible digital representation of the real building. As a consequence, the link between the real-world entity and its representation was formalized using the "P138 represents" property from the CIDOC-CRM ontology (Fig. 10), which allows the relation between an object and its

```

1 # baseURI: http://linkedbuildingdata.net/ifc/resources20260412\_234304/
2 # imports: http://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4\_3/RC1/OWL
3
4 @prefix ifc: <http://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4\_3/RC1/OWL#> .
5 @prefix inst: <http://linkedbuildingdata.net/ifc/resources20260412\_234304/> .
6 @prefix list: <https://w3id.org/list#> .
7 @prefix express: <https://w3id.org/express#> .
8 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
9 @prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
10 @prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
11
12 inst: rdf:type owl:Ontology ;
13 owl:imports ifc: .
14
15 inst:IfcOrganization_1
16   rdf:type ifc:IfcOrganization .
17
18 inst:IfcLabel_3660 rdf:type ifc:IfcLabel ;
19   express:hasString "Autodesk Revit 2026 (ENU)" .
20
21 inst:IfcOrganization_1
22   ifc:name_IfcOrganization inst:IfcLabel_3660 .
23
24 inst:IfcApplication_2
25   rdf:type ifc:IfcApplication ;
26   ifc:applicationDeveloper_IfcApplication inst:IfcOrganization_1 .
27
28 inst:IfcLabel_3661 rdf:type ifc:IfcLabel ;
29   express:hasString "2026" .

```

Fig. 8 - Initial excerpt of the Turtle (.ttl) serialization generated by converting the BIM model into RDF according to the ifcOWL ontology.

```

inst:IfcCovering_3610
  rdf:type ifc:IfcCovering .
inst:IfcGloballyUniqueId_6804
  rdf:type ifc:IfcGloballyUniqueId ;
  express:hasString "0Y93QR8Xr3D9fKp3S5hVXg" .
inst:IfcCovering_3610
  ifc:globalId_IfcRoot inst:IfcGloballyUniqueId_6804 ;
  ifc:ownerHistory_IfcRoot inst:IfcOwnerHistory_6 ;
  ifc:name_IfcRoot inst:IfcLabel_6587 ;
  ifc:objectType_IfcObject inst:IfcLabel_6588 ;
  ifc:objectPlacement_IfcProduct inst:IfcLocalPlacement_3474 ;
  ifc:tag_IfcElement inst:IfcIdentifier_6589 ;
  ifc:predefinedType_IfcCovering ifc:USERDEFINED .
inst:IfcLabel_6588 rdf:type ifc:IfcLabel ;
  express:hasString "FRESCOED_CEILING" .

```

Fig. 9 - RDF/Turtle serialization of a BIM element representing a frescoed ceiling, modeled as an instance of IfcCovering with the user-defined object.

representation to be explicitly defined. Finally, the resulting graph (Fig. 11), obtained through the integration of the BIM model graph and the historical semantic graph, no longer frames the BIM model as a closed system, but rather as a node within a broader network.

5. FROM INFORMATION MODELS TO RELATIONAL SEMANTIC REPRESENTATION

The case study demonstrates how a BIM model can be enriched with heterogeneous and qualitative information, while also highlighting the structural limitations of traditional information models. BIM models, based on the IFC schema, organize information according to predefined classifications, effective in managing technical and construction data, but constrained within a relatively closed domain. The introduction of the RDF model enables the adoption of a more flexible data structure, through which ontological schemas from different knowledge domains can be formalized, allowing the integration of data from heterogeneous sources. Through this transformation, the BIM model can thus become more open, interoperable, and semantically enriched, without specific interventions or effort from BIM modelers. This is made possible by the expressive power of declarative semantic languages, which not only allows the flexible representation of relations but also, potentially, support inference mechanisms based on formal logic, an aspect that will be further explored in future developments. This shift is not simply technological, but epistemological. It marks a transition from a model-centered representation, where the model acts as a container of data, to a relational semantic representation, which makes explicit some of the relations and meanings associated with the historical building. From a representational point of view, the integration of qualitative information enriches the identity of architectural elements, introducing historical, cultural, and design-related aspects that are difficult to express within traditional BIM models.

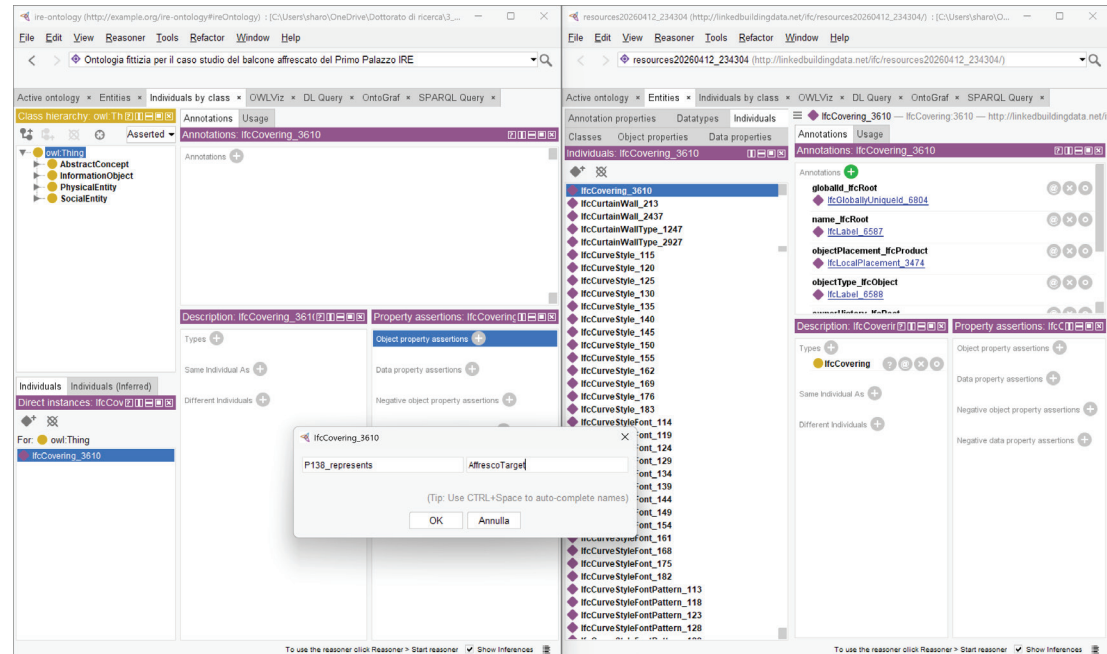


Fig. 10 - Linking the real-world entity and its BIM representation using the CIDOC-CRM property P138 represents.

In the case study, for instance, the fresco can be adequately described through the categories of the IFC schema only as a technical element, without capturing its artistic, historical, or symbolic value. From a historical perspective, anchoring relevant information to a spatial model allows the structured organization and correlation of sources, data, and interpretations, opening new possibilities for querying. At the same time, RDF formalization helps make more explicit some of the interpretative connections that make up the path that, starting from the source, leads to interpretation, maintaining the link between documentary evidence and the construction of meaning. The results also highlight how historical information selected for

representation is not a homogeneous set of data, but rather a layered structure characterized by multiple epistemological levels, ranging from more directly deducible data to contextual relations connecting actors and phenomena, and interpretations emerging from their correlation. Semantic modeling allows us to represent this articulation, while requiring a conscious selection of the relations to be represented, depending on the specific knowledge objectives.



The shift from hierarchical models to semantic graphs makes it possible to represent not only architectural elements, but also the relations that define their historical and cultural meaning. In this sense, architectural representation evolves from a 3D digital information model to a relational semantic system, capable of supporting interpretation and the critical exploration of architecture. This contribution highlights the need to move beyond a 3D-centric perspective, recognizing the role of semantic technologies in integrating heterogeneous domains and in representing historical information as a relational network. However, several key issues remain open. First, the question of granularity, that is, defining the appropriate level of detail for representing historical information, avoiding both excessive simplification and excessively detailed modeling with respect to the knowledge objectives. Second, the importance of distinguishing between different epistemological levels of historical information has emerged. Explicitly linking directly observable data, contextual relations, and interpretive relations within the same semantic structure constitutes a first attempt to make this stratified interpretive process more transparent and therefore traceable. The future integration of more expressive existing ontologies and the exploration of advanced aspects of computational semantic modeling, such as axioms and inference mechanisms, will enable the development of richer knowledge representations, potentially capable of generating new information. In conclusion, computational semantics does not replace graphical language, but extends it, offering new forms of critical representation of architecture.

Fig. 11 - Unified semantic graph integrating the BIM model with directly observable data, contextual historical information, and interpretations through explicit semantic relations.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is part of a PhD research project supported by the National Recovery and Resilience Plan (PNRR) and by the Archivio del '900 of the Museum of Modern and Contemporary Art of Trento and Rovereto (MART). At the same time, we particularly thank Michele Mallia (CNR-ILC) and Fahad Khan (CNR-ILC) for their support and valuable discussions on semantic technologies and semantic modeling.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

S. Giammetta is the author of Sections 2, 3, 4, 5 and 6. P. Borin authored Section 1 and revised the remaining sections. Both authors approved the final version of the manuscript.

NOTE

[1] See <https://www.visualizingvenice.org/visu/>.

[2] See <https://veniss.eu/>.

[3] See <https://github.com/pipauwel/IFCtoRDF>.

REFERENCES

Bekiar, C., Bruseker, G., Doerr, M., Ore, C.-E., Stead, S., & Velios, A. (2021). Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model v7.1.1 (Versione v7.1.1). The CIDOC Conceptual Reference Model Special Interest Group. <https://doi.org/10.26225/FDZH-X261>.

Bernardello R.A. & Montecchio M. (2021). Information ontology for historical analysis: Survey and BIM model of the San Trovaso Church in Venice. <https://doi.org/10.20365/DISEGNARECON.26.2021.8>.

Bonduel, M., Oraskari, J., Pauwels, P., Vergauwen, M., & Klein, R. (2018, giugno). The IFC to Linked Building Data Converter-Current Status.

Borin, P., Gazzetta, A., Bernardello, R. A., & Monteleone, C. (2019). Hypothetical Engineering: Dal disegno al modello BIM del progetto dei Musei Civici di Padova di Maurizio Sacripanti = Hypothetical Engineering: From drawing to BIM-based simulation for the Civic Museums in Padua by Maurizio Sacripanti. [UID per Il Disegno: 2019]. <http://digital.casalini.it/10.36165/1037>.

Bruno, S., De Fino, M., & Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: Performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. *Automation in Construction*, 86, 256–276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.009>.

Domer, B., & Bernardello, R. (2023). Interoperability: An introduction to IFC and buildingSmart standards, integrating infrastructure modeling. EPFL Press.

Ferrighi, A. (2012, dicembre 5). Visualizing Venice: New technologies for urban history. *Visualizing Venice: New Technologies for Urban History*, 12.

Galeazzo, L., Grillo, R., & Spinaci, G. (2024). A Geospatial and Time-based Reconstruction of the Venetian Lagoon in a 3D Web Semantic Infrastructure. *Proceedings of the 20th Conference on Information and Research Science Connecting to Digital and Library Science (Formerly the Italian Research Conference on Digital Libraries)*, 3643.

Ginzburg, C. (1986). Miti, emblemi, spie: Morfologia e storia. In Miti, emblemi, spie: Morfologia e storia. Giulio Einaudi. <https://www.adelphi.it/libro/9788845938139>.

Ginzburg, C. (2019). Il formaggio e i vermi: Il cosmo di un mugnaio del '500. Adelphi.

Halpin, H. (2008). The Principle of Self-Description: Identity Through Linking. *IRSW*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:2606607>.

Henry, A., Adeyemi, A., Valerian Vanessa, T., & Joseph, T. (2025). BIM ontology for information management (BIM-OIM). *Journal of Building Engineering*, 107, 112762. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112762>.

L. Huffman, K., & Giordano, A. (2019). Visualizing Venice to Visualizing Cities—Advanced Technologies for Historical Cities Visualization. In *Research and Education in Urban History in the Age of Digital Libraries* (p. 17). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-93186-5>.

Mainstone, R. J. (1997). Structural Analysis, Structural Insights, and Historical Interpretation. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 56(3), 316–340. <https://doi.org/10.2307/991244>.

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, 27(4), 311–327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>

Mylopoulos, J. (1981). An overview of Knowledge Representation. *ACM SIGART Bulletin*, (74), 5–12. <https://doi.org/10.1145/960128.806869>.

Pauwels, P., & Deursen, D. (2012). IFC-to-RDF: Adaptation, Aggregation and Enrichment. Workshop Report for the 1st International Workshop on Linked Data in Architecture and Construction, 1–3.

Rasmussen, M. H., Lefrançois, M., Schneider, G. F., & Pauwels, P. (2020). BOT: The building topology ontology of the W3C linked building data group. *Semantic Web*, 12(1), 143–161. <https://doi.org/10.3233/SW-200385>.

Saygi, G., Agugiaro, G., Turan, M., & Remondino, F. (2013). EVALUATION OF GIS AND BIM ROLES FOR THE INFORMATION MANAGEMENT OF HISTORICAL BUILDINGS. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W1, 283–288. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-283-2013>.

Svalduz, S., & Zaggia, S. (2026). Francesco Mansutti Gino Miozzo Padova la città che cresce. LetteraVentidue Edizioni.

W3C. (2003, ottobre 10). Resource Description Framework (RDF):

Verso una rappresentazione relazionale dell'architettura: dalla geometria alla modellazione semantica nelle scienze grafiche computazionali

1. INTRODUZIONE

Le scienze grafiche stanno attraversando una profonda trasformazione. La rappresentazione architettonica da sempre supera la mera descrizione figurativa della forma, affidandosi a codici, simboli, convenzioni e procedure generative implicite per trasmettere contenuti semantici. Ciò che cambia con l'avvento delle tecnologie digitali non è la natura informativa della rappresentazione in sé, ma la possibilità di rendere tali informazioni più esplicite, strutturate, interrogabili e interoperabili. In questo senso, disegni e modelli digitali agiscono sempre più non solo come visualizzazioni geometriche, bensì come sistemi informativi capaci di organizzare e collegare dati, supportando l'elaborazione della conoscenza.

Con l'adozione del Building Information Modeling (BIM) e dello standard Industry Foundation

Classes (IFC), la rappresentazione architettonica ha assunto un carattere ibrido, combinando rappresentazione grafica e dati strutturati all'interno di modelli informativi interoperabili (Domer & Bernardello, 2023). Tali approcci sono oggi largamente impiegati sia per l'architettura contemporanea che per il patrimonio storico (Borin et al., 2019). Tuttavia, tali modelli rimangono incentrati, in prevalenza, su dati geometrici, tecnici e materiali. Come evidenziato in letteratura, i sistemi BIM sono stati sviluppati per la progettazione di nuove costruzioni, presentando pertanto un'organizzazione e un sistema di classificazione basati soprattutto su tale presupposto, rendendo complessa la rappresentazione di elementi architettonici storici che non rientrano nelle categorie standard predefinite (Bernardello R.A. & Montecchio M., 2021). Questo limite diventa ancora più evidente quando l'oggetto di studio è un edificio storico

o un elemento architettonico con una forte componente culturale, in cui aspetti di natura storica e interpretativa, come valori, intenzioni progettuali e significati storici, difficilmente posso essere espressi all'interno delle strutture informative BIM attuali. È proprio in questo divario tra rappresentazione tecnica e contenuto culturale dell'architettura che nasce l'esigenza di un ulteriore livello di formalizzazione.

In questo contesto, le tecnologie del Web semantico e dei Linked Data, come il Resource Description Framework (RDF), l'RDF Schema (RDFS) e il Web Ontology Language (OWL), offrono strumenti in grado di descrivere a un computer, con maggiore precisione, la natura di un oggetto, rappresentandone le informazioni attraverso strutture relazionali esplicite, basate su triple soggetto-predicato-oggetto (W3C, 2003).

A differenza dei linguaggi di programmazione procedurali, che descrivono istruzioni sequenziali

indicando al computer come elaborare i dati passo dopo passo, tali linguaggi semantici, definiti dichiarativi, rappresentano il significato attraverso la modellazione di identità, proprietà e relazioni, fornendo una descrizione parziale del mondo che viene modellato (Mylopoulos, 1981). Come osserva Halpin, «no identity is an island, all identity is relational» (Halpin, 2008), il che significa che un'entità può essere compresa solo attraverso il suo contesto, ossia attraverso le relazioni che la collegano ad altre entità. Sarà così possibile dichiarare, senza ricorrere a elaborate strategie di modellazione BIM che impongono requisiti informativi eccessivi, che un soffitto contiene una decorazione specifica, realizzata con una particolare tecnica pittorica e attribuita a un determinato artista in uno specifico contesto storico e culturale. La semantica computazionale permette, in tal modo, di modellare aspetti che la sola geometria non può esprimere, consentendo la rappresentazione del significato più profondo degli oggetti. I modelli digitali diventano così architetture di significato, in cui elementi geometrici, materiali, dati tecnici e storici possono essere integrati attraverso relazioni formalizzate, che sono al contempo leggibili e più comprensibili alle macchine, pur mantenendo una forma comprensibile per l'uomo.

Questo contributo propone una riflessione teorica e metodologica su tale evoluzione, illustrata attraverso un caso di studio relativo al primo palazzo IRE di Padova, progettato nel Secondo dopoguerra da Francesco Mansutti e Gino Miozzo per conto della società I.R.E (Fig.1). Integrando BIM e modellazione semantica basata su RDF, questo lavoro esplora e sperimenta la formalizzazione di informazioni storiche, relazioni interpretative e la loro connessione a un modello BIM, traducendo il tutto in un grafo semantico unificato. L'obiettivo non è costruire un'ontologia, bensì dimostrare il potenziale del modello dati RDF nell'arricchimento semantico dei modelli BIM per l'Heritage. L'attenzione è rivolta ad alcuni elementi della facciata, in particolare agli affreschi che decorano i soffitti dei balconi del prospetto principale, attribuiti al pittore Antonio

Morato (Fig. 2). Il caso studio è significativo poiché, dall'analisi delle fonti, sono emersi indizi che suggeriscono come tali decorazioni non costituiscano un semplice elemento ornamentale, ma siano riconducibili a scelte progettuali consapevoli e a un più ampio contesto culturale legato ad una precisa visione della Ricostruzione. Il palazzo si configura così come un esempio in cui componenti costruttive, intenzioni progettuali e significati culturali risultano intrecciati, rendendo evidente come l'identità dell'architettura non emerga del tutto dalla sola rappresentazione geometrica e tecnica. Il focus del contributo, non è dunque la ricostruzione BIM dell'edificio, bensì la rappresentazione computazionale delle informazioni storiche e delle relazioni interpretative che sono parte della conoscenza storica ricostruita.

2. TRA RAPPRESENTAZIONE QUANTITATIVA E QUALITATIVA: IL GAP NELLA MODELLAZIONE DELLE INFORMAZIONI STORICHE

La rappresentazione digitale dell'architettura tende a privilegiare dati misurabili, tecnici, ossia di natura quantitativa. Se da un lato i modelli digitali consentono di rappresentare in modo efficace tali aspetti, la comprensione dell'architettura storica richiede dall'altro anche informazioni di natura qualitativa, legate al contesto storico e ai processi interpretativi. Come osservò Rowland J. Mainstone in "Structural Analysis, Structural Insights, and Historical Understanding", l'analisi quantitativa e la comprensione qualitativa non possono essere considerate alternative, ma devono essere integrate, poiché entrambe sono necessarie alla comprensione di un edificio storico (Mainstone, 1997). Egli si occupò infatti, dello studio delle forme strutturali sia moderne che storiche e della loro evoluzione nel tempo, sostenendo che fattori quali i processi costruttivi, le trasformazioni subite nel tempo e le condizioni materiali incidessero in modo significativo sul comportamento strutturale, rendendo difficile costruire rappresentazioni esaustive attraverso i soli modelli numerici,

anche in un ambito fortemente dominato dai dati quantitativi.

Tale considerazione può essere estesa al campo più ampio della rappresentazione dell'architettura storica. Il Building Information Modeling (BIM) si è affermato anche nel campo della rappresentazione digitale del patrimonio storico (Borin et al., 2019), grazie alla sua capacità di integrare informazioni geometriche e dati strutturati all'interno di un unico modello. Tale approccio ha assunto l'appellativo di Heritage BIM (HBIM), introdotto per la prima volta da Maurice Murphy (Murphy et al., 2009), e applica la metodologia BIM alla documentazione e gestione degli edifici storici, integrando dati di rilievo digitale, come laser scanning e fotogrammetria, nel processo di modellazione. All'interno di questo ambito, numerosi progetti hanno, in seguito, affrontato il problema della rappresentazione di elementi architettonici complessi e non standardizzati (Bernardello R.A. & Montecchio M., 2021). Per lo più, l'attenzione si è concentrata sulla modellazione geometrica e parametrica avanzata (Saygi et al., 2013). Nonostante questi avanzamenti, tali approcci rimangono limitati alla rappresentazione di informazioni tecniche e costruttive, mentre i dati di natura qualitativa, storico-interpretativa, vengono gestiti ancora separatamente rispetto ai modelli stessi.

Per questa ragione, negli ultimi anni, alcuni progetti di Digital Humanities hanno rivolto in maggior misura la loro attenzione alla gestione informativa, esplorando modalità alternative di organizzazione e integrazione della conoscenza. Il progetto Visualizing Venice [1] ha puntato, ad esempio, a integrare BIM, GIS e tecnologie digitali per supportare l'analisi e la conservazione del patrimonio, utilizzando il modello BIM come repository informativo centrale (Ferrighi, 2012; L. Huffman & Giordano, 2019), mentre iniziative come Venice's Nissology (VeNiss) [2] hanno proposto infrastrutture basate su grafi semantici e Linked Open Data, orientate a rappresentazioni policentriche della conoscenza, in cui fonti, attori, eventi e manufatti vengono messi in relazione all'interno di un unico sistema più ampio (Galeazzo

et al., 2024). Come conseguenza, il modello BIM non costituisce più il centro del sistema informativo, ma piuttosto uno dei nodi all'interno di una rete informativa più ampia.

Se da un lato, i modelli BIM centralizzano le informazioni attorno al manufatto, consentendo di integrare soltanto dati tecnici, costruttivi e materiali, dall'altro, gli approcci basati sulle tecnologie del Web semantico sembrano promettenti poiché offrono nuove possibilità, favorendo l'integrazione di dati eterogenei provenienti da domini differenti. RDF, in tal senso, fornisce un modello di dati relazionale attraverso il quale le entità possono essere connesse all'interno di grafi semantici condivisi (W3C, 2003). Queste potenzialità hanno attirato anche l'attenzione del settore AEC., dove la conversione dei modelli BIM in RDF (Bonduel et al., 2018; Pauwels & Deursen, 2012), che ha portato allo sviluppo di ontologie per i processi edilizi come ifcOWL e BOT (Henry et al., 2025), ha reso possibile estendere i modelli BIM oltre i confini del singolo schema IFC, trasformando i modelli stessi in grafi semantici più aperti, flessibili e interoperabili. Questi approcci hanno dimostrato il loro potenziale soprattutto in relazione a edifici contemporanei e a casi d'uso di natura tecnica, quali la gestione del ciclo di vita, la manutenzione e l'analisi prestazionale (Rasmussen et al., 2020). In ambito storico, per quanto ne sappiamo, tali tecnologie sono state fino ad ora impiegate per integrare soprattutto set di dati su ampia scala, collegando modelli, fonti, attori ed eventi all'interno di reti informative estese. La possibilità di applicare questi approcci a un livello di granularità più fine rimane in gran parte ancora inesplorata, in particolare per quanto riguarda la strutturazione di informazioni storiche dettagliate e relazioni interpretative. In quest'ottica, le tecnologie del Web semantico non solo estendono la possibilità di integrare dati di domini differenti, ma consentono anche di arricchirne la semantica, rendendo possibile la rappresentazione di dati di natura più qualitativi.

3. UNA METODOLOGIA PER L'INTEGRAZIONE DI BIM E RAPPRESENTAZIONI SEMANTICHE DI INFORMAZIONI STORICHE

La metodologia proposta integra una modellazione BIM di base, intesa come modello informativo con estensione grafica, con una modellazione semantica computazionale mirata basata su RDF. A differenza degli approcci tradizionali, in cui il modello BIM costituisce il punto di partenza del processo, il flusso di lavoro metodologico assume come primo step la modellazione semantica di dati storici precisi e relazioni interpretative. Tale conoscenza è qui intesa come sintesi interpretativa delle informazioni ritenute più significative selezionate dalle fonti, in cui relazioni e significati emergono attraverso un processo di riordino, correlazione e interpretazione, permettendo di ricostruire relazioni tra attori, contesti culturali, scelte progettuali ed elementi architettonici. Le fonti non sono quindi considerate semplici contenitori di dati, ma piuttosto evidenze a supporto della ricostruzione storica (Ginzburg, 1986, 2019).

Questo contributo si basa su precedenti studi storici, dai quali sono state selezionate informazioni interpretative rilevanti per la comprensione dell'identità dell'elemento architettonico oggetto di studio, ossia gli affreschi che decorano i soffitti dei balconi del palazzo. L'obiettivo non è rappresentare in modo esaustivo il contesto storico, ma formalizzare solo le relazioni che sostengono una specifica interpretazione, mantenendo al contempo i collegamenti con le fonti originarie e garantendo dunque la tracciabilità del processo interpretativo. La metodologia si articola in tre fasi principali. In prima battuta, le informazioni storiche selezionate vengono strutturate secondo il modello dati RDF, rappresentando sia i dati direttamente osservabili che le informazioni interpretative sotto forma di triple e distinguendo le relazioni in base al loro diverso grado di derivazione dalle fonti e rielaborazione interpretativa. In seconda battuta, il modello BIM viene convertito dal formato IFC in RDF tramite l'applicativo IFC-to-RDF [3], di modo

da rappresentare anche gli elementi costruttivi modellati secondo la stessa struttura dati. Infine, in terza battuta, il grafo semantico storico così strutturato vengono collegate ai corrispondenti elementi del modello BIM convertiti, consentendo di integrare dati geometrici, tecnici e culturali in una rappresentazione semantica unificata. Questo approccio evidenzia il potenziale espressivo e la flessibilità di RDF per strutturare e collegare informazioni storiche e relazioni interpretative, anche in assenza di un'ontologia completamente definita. Il ricorso a ontologie esistenti, in questo contributo, è limitato a supportare l'integrazione tra il grafo IFC-RDF e il grafo semantico storico.

4. IL CASO DEGLI AFFRESCHI DELLA FACCIATA DEL PRIMO PALAZZO IRE

Nel caso studio del Primo Palazzo IRE (Fig. 1), sorto a Padova nel contesto della ricostruzione nel Secondo dopoguerra, emerge una dimensione progettuale che va oltre gli aspetti puramente tecnici e costruttivi. Il progetto fu sviluppato da Francesco Mansutti e Gino Miozzo nell'ambito della Società I.R.E. (Impresa Ricostruzione Edilizia), costituita nel 1946 dal sodalizio tra i progettisti e l'impresa di costruzioni Grassetto. L'I.R.E. nacque con lo scopo di intervenire nel processo di ricostruzione edilizia integrando progettazione e costruzione secondo un'idea di industria edilizia, dando vita a un cantiere sperimentale basato sull'organizzazione scientifica dell'opera edile. In questo contesto, tuttavia, la presenza di decorazioni affrescate (Fig. 2 - Fig. 3) sembra costituire un elemento di discontinuità rispetto a tale logica industriale. L'analisi si è concentrata, di conseguenza, su tali elementi decorativi. Dall'analisi delle fonti sono emersi una serie di indizi che, messi in relazione tra loro, hanno contribuito alla costruzione di un'interpretazione storica.

Nella documentazione relativa alle attività della Famiglia Artistica Padovana (F.A.P.), un'associazione attiva nella promozione dell'arte e della cultura, in cui l'architetto Mansutti risultò membro attivo, emerge infatti

la presenza degli stessi protagonisti coinvolti nel cantiere del palazzo, così come un esplicito interesse per l'integrazione tra arte, architettura e industria. Una lettera del 19 febbraio 1946, verosimilmente redatta dallo stesso Mansutti, attesta la costituzione della F.A.P. in un momento immediatamente precedente alla nascita della I.R.E. e all'avvio del progetto del palazzo. Nello statuto dell'associazione tra gli aderenti compaiono Mansutti, Miozzo, Antonio Morato e Ivone Grassetto, evidenziando una continuità tra il contesto associativo e quello operativo del palazzo IRE. In una bozza precedente della stessa lettera, la F.A.P. viene definita come «l'unione delle attività spirituali e dei fini ideali dei singoli membri per una più efficace attività creativa [...] che sia [...] fecondatrice della rinascita sociale». Ciò sembra suggerire quasi la volontà di promuovere l'arte come elemento attivo nella ricostruzione della città e della vita collettiva, suggerendo come l'attività artistica fosse da subito pensata in relazione a un più ampio programma di rinnovamento sociale, già esplicitato in precedenza nelle minute della V Sezione della Commissione per la Ricostruzione di Padova, guidata ancora una volta dallo stesso Mansutti, che delineano un'idea di ricostruzione per la città patavina non solo edilizia, ma anche culturale, spirituale e morale. Lo statuto della F.A.P. fornisce anche ulteriori indizi, indicando tra i suoi obiettivi pratici la volontà di «interessare le istituzioni cittadine, gli enti locali, le industrie, i privati ad illustrare, nobilitare [...] le loro costruzioni [...] con opere d'arte». Alla luce di questo contesto, la presenza degli affreschi di Morato suggerisce una scelta progettuale che non è solo ornamentale, ma è anche concettuale. L'incrocio di queste informazioni ha permesso dunque di formulare l'interpretazione secondo cui, nel Primo Palazzo IRE, gli affreschi possono essere letti come espressione di quella visione di Ricostruzione espressa dalla Commissione e nell'associazione della F.A.P., in cui costruzione, arte e industria si intrecciano fra loro. Tale interpretazione non deriva da una singola fonte, ma emerge dall'incrocio di più evidenze documentarie lette

in relazione tra loro. Secondo questa ipotesi, le decorazioni non costituiscono soltanto un attributo materiale di specifici elementi edilizi, bensì il punto di convergenza di relazioni storiche più ampie, che coinvolgono attori, associazioni, programmi culturali, intenzioni e scelte progettuali, documentate in fonti eterogenee. Sono precisamente questi tipi di dati e informazioni interpretative, sintetiche e tra loro correlate, che si intendono strutturare e collegare al modello BIM. Per rappresentare tali informazioni in una forma leggibile dalla macchina, è stato necessario passare dalla loro forma discorsiva alla loro rappresentazione esplicita in triple RDF che ha consentito di modellarle in un grafo semantico (Fig. 4). La formalizzazione è avvenuta, sperimentando sia l'utilizzo dell'editor ontologico Protégé, come interfaccia grafica semplificata di modellazione di ontologie e grafi semantici, sia la formalizzazione in forma testuale in VSCode secondo la sintassi Turtle. In entrambi i casi, il risultato è un file in formato Turtle (.ttl). Le triple sono state organizzate distinguendo diversi livelli o gradi di derivazione ed elaborazione dalla fonte: un primo livello corrisponde a dati direttamente osservabili, come la presenza dell'affresco, attribuito a Morato, sul balcone; un secondo livello, relativo al contesto storico, in cui vengono modellate relazioni tra attori, associazioni e programmi culturali; e, infine, un terzo livello, di natura interpretativa, in cui le relazioni emergono dalla correlazione delle informazioni dei livelli precedenti. In questo modo dalla forma di espressione discorsiva si è passati a una forma di rappresentazione grafico-relazionale, in cui le relazioni e correlazioni emerse sono rese esplicite. Al primo livello, ad esempio, sono state formalizzate diverse triple aventi come soggetto la decorazione affrescata (Fig. 5). L'accentramento delle triple, considerando come punto focale l'affresco, in qualità di oggetto dell'indagine, ha permesso di circoscrivere la modellazione alle relazioni pertinenti alla specifica interpretazione proposta, evitando l'estensione del grafo a ulteriori entità e informazioni non direttamente pertinenti

agli obiettivi conoscitivi dello studio. Al livello successivo sono state esplicitate triple relative alle informazioni di contesto storico-culturale tra loro concatenate, esposte in precedenza, in quanto ritenute rilevanti per sostenere e tracciare l'interpretazione dell'identità dell'oggetto. Tali informazioni, pur non essendo direttamente associate all'elemento architettonico, risultano ad esso correlate in modo indiretto. Considerando che l'identità è intrinsecamente di natura relazionale (Halpin, 2008) la sua comprensione richiede l'integrazione di informazioni contestuali più ampie, sempre tuttavia fondate sulle fonti. Tra queste vi sono ad esempio:

Francesco Mansutti → **partecipa a** → **Famiglia Artistica Padovana (FAP)** ;

Antonio Morato → **partecipa a** → **Famiglia Artistica Padovana (FAP)** ;

Famiglia Artistica Padovana (FAP) → **promuove** → **Integrazione arte-architettura-industria** ;

StatutoFAP (Fonte) → **contiene** → **Integrazione Arte-Architettura-Industria** ;

Infine, al terzo livello, sono state formalizzate le triple più interpretative:

Rinascita Sociale → **è correlata a** → **Ricostruzione Sociale e Individuale**;

Affresco → **esprime** → **Integrazione Arte-Architettura-Industria** ;

Affresco → **contribuisce a** → **Identità Storica dell'Edificio** ;

Attraverso la concatenazione di relazioni dirette e correlazioni indirette, le triple interpretative possono essere ricondotte alle fonti originarie che ne supportano la costruzione, garantendo la tracciabilità del processo interpretativo (Fig. 6). In questa fase, l'obiettivo non è stato sviluppare un'ontologia completa e ben definita, ma mostrare

come anche una formalizzazione RDF di base possa essere utilizzata per rappresentare e connettere informazioni storiche e relazioni interpretative in una struttura relazionale più esplicita (Fig. 6). A tal fine, sono state definite alcune relazioni semantiche funzionali alla strutturazione delle informazioni storiche e interpretative, concepite come base per futuri sviluppi orientati all'integrazione con ontologie esistenti, quali CIDOC-CRM, l'ontologia di riferimento per la modellizzazione semantica del patrimonio culturale, sviluppata dall'International Committee for Documentation (CIDOC) dell'International Council of Museums (ICOM) (Bekiari et al., 2021). Il grafo semantico storico è stato sviluppato indipendentemente dal modello BIM (Fig. 7), assumendo una potenziale separazione tra il processo interpretativo dello storico e la costruzione del modello digitale. Il modello BIM è stato quindi considerato, solo in una fase successiva, come snodo informativo aggiuntivo che, in qualità di rappresentazione geometrico-tecnico-semantic, può essere ulteriormente arricchito attraverso l'ancoraggio di informazioni qualitative, ampliandone così il contenuto informativo.

Per integrare il modello BIM con il grafo semantico storico, è stato necessario, in una prima fase, esportare il modello in formato IFC e, in seguito, convertirlo nel modello dati RDF, trasformandolo in un grafo semantico serializzato in formato Turtle (Fig. 8). A tal fine, è stato utilizzato l'applicativo Java IFC-to-RDF.

Per illustrare la traduzione in RDF di una delle superfici affrescate, modellata come istanza della classe `IfcCovering` e caratterizzata dall'object type user-defined "FRESCOED_CEILING", è riportata in Fig. 9 la sua serializzazione Turtle.

In questo modo, gli elementi architettonici diventano anch'essi istanze collegabili ad altre risorse RDF attraverso relazioni esplicite. Le triple storiche definite in precedenza sono state integrate nel grafo risultante, collegando la risorsa semantica che rappresenta il soffitto affrescato alla corrispondente rappresentazione BIM `inst:IfcCovering_3610`. Contestualmente,

anche la risorsa RDF del First IRE Building è stata collegata alla sua rappresentazione BIM `inst:IfcBuilding_22`. Dal punto di vista semantico, il modello BIM è considerato una possibile rappresentazione digitale dell'edificio reale, di conseguenza il collegamento tra l'entità reale e la sua rappresentazione è stato formalizzato mediante la proprietà "P138 represents" dell'ontologia CIDOC-CRM (Fig. 10) che consente di esplicitare la relazione tra un oggetto e la sua rappresentazione.

Infine, il grafo risultante (Fig. 11), ottenuto integrando il grafo del modello BIM e il grafo semantico storico, non configura più il modello BIM come un sistema chiuso, ma come un nodo all'interno di una rete informativa più ampia.

5. DAL MODELLO INFORMATIVO ALLA RAPPRESENTAZIONE SEMANTICA RELAZIONALE

Il caso studio mostra come un modello BIM possa essere arricchito con informazioni eterogenee e qualitative, evidenziando al contempo i limiti strutturali dei modelli informativi tradizionali. I modelli BIM, basati sullo schema IFC, consentono di organizzare le informazioni secondo una classificazione predefinita, efficace nella gestione di dati tecnici e costruttivi, ma vincolata a un unico dominio relativamente chiuso.

L'introduzione del modello RDF consente invece di adottare un modello dati più flessibile attraverso cui è possibile formalizzare schemi ontologici in diversi domini di conoscenza, permettendo di integrare informazioni eterogenee. Attraverso la traduzione secondo questa struttura dati, il modello BIM può essere quindi reso più aperto e interoperabile, ma anche più ricco, senza interventi o sforzi specifici da parte dei modellatori BIM. Ciò è reso possibile dalla potenza espressiva dei linguaggi semantici dichiarativi, che non solo consentono una rappresentazione flessibile delle relazioni, ma potenzialmente supportano anche meccanismi di inferenza basati sulla logica formale, un aspetto che verrà ulteriormente esplorato negli sviluppi futuri. Questo

cambiamento non è soltanto tecnologico, ma epistemologico. Si passa da una rappresentazione centrata sul modello come contenitore di dati a una rappresentazione semantica relazionale, che permette dunque di rendere esplicite alcune delle relazioni e dei significati associati all'edificio storico. Da un punto di vista rappresentativo, l'integrazione di informazioni qualitative consente di arricchire l'identità degli elementi architettonici, introducendo aspetti legati al contesto storico, culturale e progettuale, difficilmente esprimibili all'interno dei modelli BIM tradizionali. Nel caso studio, ad esempio, l'affresco può essere descritto adeguatamente attraverso le categorie dello schema IFC solo come elemento tecnico, senza la possibilità di esprimerne il valore artistico, storico o simbolico. Dal punto di vista storico, l'ancoraggio di informazioni rilevanti a un modello spaziale consente l'organizzazione e la correlazione strutturata di fonti, dati e interpretazioni, aprendo nuove possibilità di interrogazione. Allo stesso tempo, la formalizzazione RDF permette di rendere più espliciti alcuni nessi interpretativi che compongono il percorso che, a partire dalla fonte, conduce all'interpretazione, mantenendo il legame tra evidenze documentarie e costruzione del significato. I risultati evidenziano inoltre come le informazioni storiche selezionate per la rappresentazione non costituiscano un insieme omogeneo di dati, bensì una struttura stratificata caratterizzata da molteplici livelli epistemologici, che spaziano dai dati direttamente osservabili, alle relazioni contestuali che collegano attori e fenomeni, e alle interpretazioni che emergono dalla loro correlazione. La modellazione semantica ci permette di rappresentare questa articolazione, pur richiedendo una selezione consapevole delle relazioni da rappresentare in funzione degli obiettivi conoscitivi.

6. VERSO UNA RAPPRESENTAZIONE SEMANTICA RELAZIONALE

Il passaggio da modelli gerarchici a grafi semantici consente di rappresentare non solo gli elementi

architettonici, ma anche le relazioni che ne costituiscono il significato storico e culturale. In questo senso, la rappresentazione architettonica evolve da un modello digitale informativo tridimensionale a sistema semantico relazionale, capace di supportare l'interpretazione e l'esplorazione critica dell'architettura. Il contributo ha messo in evidenza la necessità di superare una prospettiva 3D-centrica, riconoscendo il ruolo delle tecnologie semantiche nell'integrazione di domini eterogenei e nella rappresentazione delle informazioni storiche come una rete relazionale. Restano tuttavia aperte alcune questioni rilevanti. In primo luogo, la questione della granularità, ovvero la definizione del livello di dettaglio appropriato per rappresentare le informazioni storiche, evitando sia un'eccessiva semplificazione sia una modellazione eccessivamente dettagliata rispetto agli obiettivi conoscitivi. In secondo luogo, è emersa l'importanza di distinguere tra diversi livelli epistemologici di informazione storica. Collegare esplicitamente dati direttamente osservabili, relazioni contestuali e interpretative all'interno della stessa struttura semantica costituisce un primo tentativo di rendere questo processo interpretativo stratificato più trasparente e dunque più tracciabile. La futura integrazione di ontologie esistenti più espressive e l'esplorazione di aspetti avanzati della modellazione semantica computazionale, come assiomi e meccanismi di inferenza, consentiranno lo sviluppo di rappresentazioni della conoscenza più ricche, potenzialmente in grado di generare nuove informazioni. In conclusione, la semantica computazionale non sostituisce il linguaggio grafico, ma lo estende, offrendo nuove forme di rappresentazione critica dell'architettura.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è parte di un progetto di ricerca di dottorato finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e dall'Archivio del '900 del Museo di Arte Moderna e Contemporanea di Trento e Rovereto (MART). Un ringraziamento

speciale va a Michele Mallia (CNR-ILC) e Fahad Khan (CNR-ILC) per il loro supporto e le preziose discussioni sulle tecnologie semantiche e la modellazione semantica.

CONTRIBUTO DEGLI AUTORI

S. Giammetta è autrice delle sezioni 2, 3, 4, 5 e 6. P. Borin è autore della sezione 1 e ha revisionato tutte le altre sezioni. Entrambi gli autori hanno approvato la versione finale del manoscritto.

NOTE

- [1] Per approfondimento sul progetto si veda: <https://www.visualizingvenice.org/visu/>.
- [2] Per approfondimento sul progetto si veda: <https://veniss.eu/>.
- [3] Per approfondimento sul progetto si veda: <https://github.com/pipauwel/IFCtoRDF>.

REFERENCES

- Bekiari, C., Bruseker, G., Doerr, M., Ore, C.-E., Stead, S., & Velios, A. (2021). Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model v7.1.1 (Versione v7.1.1). The CIDOC Conceptual Reference Model Special Interest Group. <https://doi.org/10.26225/FDZH-X261>.
- Bernardello R.A. & Montecchio M. (2021). Information ontology for historical analysis: Survey and BIM model of the San Trovaso Church in Venice. <https://doi.org/10.20365/DISEGNARECON.26.2021.8>.
- Bonduel, M., Oraskari, J., Pauwels, P., Vergauwen, M., & Klein, R. (2018, giugno). The IFC to Linked Building Data Converter-Current Status.

- Borin, P., Gazzetta, A., Bernardello, R. A., & Monteleone, C. (2019). Hypothetical Engineering: Dal disegno al modello BIM del progetto dei Musei Civici di Padova di Maurizio Sacripanti = Hypothetical Engineering: From drawing to BIM-based simulation for the Civic Museums in Padua by Maurizio Sacripanti. *UID per Il Disegno*: 2019]. <http://digital.casalini.it/10.36165/1037>.

- Bruno, S., De Fino, M., & Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: Performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. *Automation in Construction*, 86, 256–276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.009>.

- Domer, B., & Bernardello, R. (2023). Interoperability: An introduction to IFC and buildingSmart standards, integrating infrastructure modeling. EPFL Press.

- Ferrighi, A. (2012, dicembre 5). Visualizing Venice: New technologies for urban history. *Visualizing Venice: New Technologies for Urban History*, 12.

- Galeazzo, L., Grillo, R., & Spinaci, G. (2024). A Geospatial and

- Time-based Reconstruction of the Venetian Lagoon in a 3D Web Semantic Infrastructure. *Proceedings of the 20th Conference on Information and Research Science Connecting to Digital and Library Science*(Formerly the Italian Research Conference on Digital Libraries), 3643.

- Ginzburg, C. (1986). Miti, emblemi, spie: Morfologia e storia. In Miti, emblemi, spie: Morfologia e storia. Giulio Einaudi. <https://www.adelphi.it/libro/9788845938139>.

- Ginzburg, C. (2019). Il formaggio e i vermi: Il cosmo di un mugaio del '500. Adelphi.

- Halpin, H. (2008). The Principle of Self-Description: Identity Through Linking. *IRSW*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:2606607>.

- Henry, A., Adeyemi, A., Valerian Vanessa, T., & Joseph, T. (2025). BIM ontology for information management (BIM-OIM). *Journal of Building Engineering*, 107, 112762. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.112762>.

- L. Huffman, K., & Giordano, A. (2019). Visualizing Venice to Visualizing Cities—Advanced Technologies for Historical Cities Visualization. In *Research and Education in Urban History in the Age of Digital Libraries* (p. 17). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-93186-5>.

- Mainstone, R. J. (1997). Structural Analysis, Structural Insights, and Historical Interpretation. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 56(3), 316–340. <https://doi.org/10.2307/991244>.

- Murphy, M., McGovern, E.,

- & Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, 27(4), 311–327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>

- Mylopoulos, J. (1981). An overview of Knowledge Representation. *ACM SIGART Bulletin*, (74), 5–12. <https://doi.org/10.1145/960128.806869>.

- Pauwels, P., & Deursen, D. (2012). IFC-to-RDF: Adaptation, Aggregation and Enrichment. Workshop Report for the 1st International Workshop on Linked Data in Architecture and Construction, 1–3.

- Rasmussen, M. H., Lefrançois, M., Schneider, G. F., & Pauwels, P. (2020). BOT: The building topology ontology of the W3C linked building data group. *Semantic Web*, 12(1), 143–161. <https://doi.org/10.3233/SW-200385>.

- Saygi, G., Agugiaro, G., Turan, M., & Remondino, F. (2013). EVALUATION OF GIS AND BIM ROLES FOR THE INFORMATION MANAGEMENT OF HISTORICAL BUILDINGS. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W1, 283–288. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-283-2013>.

- Svaldus, S., & Zaggia, S. (2026). Francesco Mansutti Gino Miozzo Padova la città che cresce. LetteraVentidue Edizioni.

- W3C. (2003, ottobre 10). Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax. Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax. <https://www.w3.org/TR/2003/WD-rdf-concepts-20031010/#section-simple-data-model>.