

Carlo Bianchini Carlo Inglese Alfonso Ippolito Agnese Murralli

Il rilievo integrato complesso di Galleria Borghese

The complex integrated survey
of the Galleria Borghese

estratto dal volume




GANGEMI EDITORE®
INTERNATIONAL

Arte

Cura redazionale / Editor
Martina Attenni, Monica Filippa

Traduzione / Translation
Erika G. Young

Le immagini, ove non specificato, sono opera
dell'autore/autori del rispettivo paragrafo.

Le fotografie di introduzione ai vari capitoli
sono di Juan Camilo Arias T.

The images are by the author/authors
of the respective paragraph, unless otherwise specified.

The photographs at the beginning
of each chapter are by Juan Camilo Arias T.

©
Proprietà letteraria riservata
Gangemi Editore spa
Via Giulia 142, Roma
www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa
pubblicazione può essere
memorizzata, fotocopiata o
comunque riprodotta senza
le dovute autorizzazioni.

*Le nostre edizioni sono disponibili
in Italia e all'estero anche in
versione ebook.*

*Our publications, both as books
and ebooks, are available in Italy
and abroad.*

ISBN 978-88-492-4179-2

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI SETTEMBRE 2022
www.gangemieditore.it

In copertina: Sala degli Imperatori, elaborazione grafica di Martina Attenni
Room of the Emperors, elaboration by Martina Attenni

Carlo Bianchini Carlo Inglese Alfonso Ippolito Agnese Murrari

Il rilievo integrato complesso di Galleria Borghese

The complex integrated survey
of the Galleria Borghese

con saggi di / with contributions by

Juan Camilo Arias T., Martina Attenni, Roberto Barni, Marina Minozzi

Indice / Table of contents

Presentazione / Presentation	6
<i>Francesca Cappelletti</i>	
Introduzione / Introduction	10
<i>Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Alfonso Ippolito</i>	
1. Cenni storici e documentazione fotografica / Historical background and photographic documentation	18
1.1 La Galleria Borghese. Brevi cenni storici / The Galleria Borghese. A short history	21
<i>Marina Minozzi, Agnese Murralli</i>	
1.2 La documentazione fotografica della Galleria Borghese / Photographs of the Galleria Borghese	29
<i>Juan Camilo Arias T.</i>	
2. Acquisizione dei dati / Data acquisition	50
2.1 Il processo di acquisizione dei dati / The data acquisition process	53
<i>Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Alfonso Ippolito</i>	
2.2 Aspetti metodologici e procedurali nel rilevamento integrato della Galleria Borghese / Methods and procedures adopted in the integrated surveying of the Galleria Borghese	61
<i>Martina Attenni, Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Alfonso Ippolito</i>	
2.3 L'acquisizione fotografica da terra e in volo / Acquisition of terrestrial and aerial photographs	77
<i>Roberto Barni, Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Alfonso Ippolito</i>	
3. Elaborazione dei dati / Data processing	86
3.1 Il processo di elaborazione dei dati / Data processing	89
<i>Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Alfonso Ippolito</i>	
3.2 Dall'acquisizione massiva alla costruzione di modelli interpretativi / From mass acquisition to interpretative models	99
<i>Martina Attenni</i>	
3.3 Modellazione e documentazione 3D <i>image-based</i> / 3D image-based modelling and documentation	113
<i>Roberto Barni, Carlo Bianchini, Carlo Inglese, Alfonso Ippolito</i>	
4. Analisi e lettura critica dei dati / Data analysis and interpretation	122
4.1 Il piano terra della Galleria Borghese e le sue proporzioni armoniche / The ground floor of the Galleria Borghese and its harmonic proportions	125
<i>Agnese Murralli</i>	
Abbreviazioni bibliografiche / Bibliographical abbreviations	139
Elaborati del rilievo / Survey elaborations	144
<i>Martina Attenni, Roberto Barni, Federica Caporrella, Giulia Catalani, Simone Lucchetti, Antonio Mirandola, Claudia Palmadessa</i>	



3.2

Dall'acquisizione massiva alla costruzione di modelli interpretativi

From mass acquisition to interpretative models

MARTINA ATTENNI

L'AMBITO DEL patrimonio culturale è attualmente investito dal fenomeno del *digital twin*: la creazione di cloni digitali sembra essere la strategia più efficace per documentare oggetti del mondo reale, lasciando traccia del loro stato di fatto¹. La conoscenza dei beni oggetto di indagine ne favorisce la tutela e garantisce la conservazione dei loro caratteri materiali e immateriali².

Questa premessa spiega la necessità di costruire sistemi di gestione di dati all'interno dei quali risulta necessario far convergere i risultati delle operazioni di acquisizione e le elaborazioni legate ai diversi ambiti di indagine coinvolti. Il passaggio dalla fase di acquisizione a quella successiva di elaborazione, quindi, si complica rispetto a quanto accadeva appena dieci anni fa. Essa si compone non solo di tutte le procedure di integrazione di dati in uno spazio virtuale tridimensionale, ma anche dell'analisi delle diverse possibilità di organizzazione degli stessi dati in un sistema informativo ordinato e dotato di una struttura logica condivisa.

In riferimento al patrimonio architettonico, la produzione di una copia digitale di un determinato elemento riguarda non solo la possibilità di documentarne lo stato attuale in maniera sempre più completa e rapida, monitorandone le trasformazioni nel corso del tempo, ma anche la sua interpretazione e la scomposizione semantica.

THE FIELD of cultural heritage is currently awash with the digital twin phenomenon: the creation of digital clones seems to be the most efficient strategy to document real objects and leave traces of their actual state.¹ Understanding these assets helps to protect and ensure conservation of their material and immaterial features.²

This premise explains why it is important to create data management systems that merge the results of acquisition operations and the processing performed in the study fields involved. Transition from the acquisition phase to processing is therefore more complicated than it was ten years ago. It includes not only all the procedures to integrate data into a virtual three-dimensional space, but also an analysis of the possible ways this data can be organised in an orderly information system with a common logical structure.

As far as cultural heritage is concerned, producing the digital copy of a certain element involves not only the possibility to document its current state in an increasingly complete and rapid manner, as well as monitor how it has changed over the years, but also leads to its interpretation and semantic decomposition. This issue is widely debated in sectors involved in the management of built heritage

¹ MINERVA, MYOUNG, CRESPI 2020.

² BRUSAPORCI 2015.

¹ MINERVA, MYOUNG, CRESPI 2020.

² BRUSAPORCI 2015.

Il tema, oggi ampiamente dibattuto nei settori coinvolti nella gestione del patrimonio costruito e fortemente sviluppato nell'ambito delle *Information and Communication Technology*, riguarda il dualismo che c'è tra le possibilità di divulgazione e disseminazione di dati e la complessa distinzione tra il tutto indistinto e gli aspetti settoriali che si vogliono conoscere e comunicare³. Se da un lato il progresso tecnologico ha quindi consentito una rapidissima crescita di modelli tra loro differenti, dall'altro occorre sperimentare e validare nuovi meccanismi di connessione in grado di rafforzare la metodologia di approccio alla conoscenza⁴.

Nel caso della conoscenza dell'architettura e del patrimonio costruito, la possibilità di far convivere in un unico spazio virtuale molteplici proprietà di un oggetto si sviluppa attraverso la costruzione di modelli, prodotti dalla trasformazione dei dati in informazioni.

In termini generali, i dati sono intesi come simboli rappresentativi di proprietà degli oggetti; essi sono percepiti attraverso i sensi o misurabili ma sono privi di alcun contesto di riferimento. Le informazioni, invece, derivano da un processo di trasformazione dei dati volto ad accrescerne l'utilità associandoli a un determinato contesto logico e fisico⁵. La buona riuscita di questo processo di organizzazione strutturata delle informazioni deriva, in buona sostanza, dal modo in cui ogni individuo, in maniera soggettiva, è in grado di riconoscerle.

Nello specifico, nel campo della conoscenza del patrimonio costruito è possibile intendere i dati come tutto ciò che descrive le proprietà delle architetture senza connotazioni specifiche; essi vengono elaborati in informazioni, attraverso

and extensively developed in the field of Information and Communication Technology; it concerns the dualism that exists between the possibility to divulge and disseminate data, and the complex difference between the indistinct whole and the sectorial aspects that one wishes to understand and communicate.³ If on the one hand technological progress has furthered the extremely rapid growth of very different models, on the other it is important to experiment with, and validate, new linking capable of reinforcing the knowledge-gathering method.⁴

With regard to knowledge of architecture and the built heritage, the possibility to combine multiple properties of an object in a single virtual space is achieved by building models produced by transforming data into information.

Generally speaking, data are considered as symbols representing the properties of objects; they are either perceived through the senses or measurable, but they have no reference context. Instead information is obtained thanks to a data transformation process that enhances their usefulness by associating them with a specific logical and physical context.⁵ The successful outcome of this process to structurally organise the information is basically determined by the way in which every individual subjectively recognises it.

More specifically, in the field of knowledge regarding built heritage, we can consider data as everything that describes the properties of architectures without specific features; this data is processed and turned into information

³ DE LUCA et al. 2011; BENTKOWSKA-KAFEL, DENARD 2012.

⁴ LORENZINI 2016; SOLER, MELERO, LUZÓN 1989.

⁵ ACKHOFF 1999.

³ DE LUCA et al. 2011; BENTKOWSKA-KAFEL, DENARD 2012.

⁴ LORENZINI 2016; SOLER, MELERO, LUZÓN 1989.

⁵ ACKHOFF 1999.

so un processo di trasformazione che gli consente di assumere un significato rispetto a uno specifico contesto. Si passa, quindi, attraverso livelli di complessità via via crescenti, rivolti alla conoscenza dell'oggetto, che si formalizza tramite modelli. Possiamo quindi considerare i dati come il prodotto della fase di acquisizione, le informazioni come il prodotto della fase di elaborazione e i modelli come la sintesi della conoscenza. Nel caso del patrimonio architettonico, e in particolare in quello della Galleria Borghese, si fa riferimento ai modelli 2D e 3D che esprimono le caratteristiche metriche e morfologiche dell'opera architettonica esaminata e descrivono l'oggetto nella sua configurazione spaziale attraverso l'astrazione di alcune delle sue proprietà.

Appare chiaro, quindi, come il legame tra dati, informazioni e modelli sia fortemente connesso con le fasi di acquisizione ed elaborazione delle quali consta l'approccio alla conoscenza. Inoltre, risulta piuttosto semplice instaurare un parallelismo tra la fase di elaborazione e quella che la precede, l'acquisizione dei dati, riconoscendo in entrambe un approccio che si può definire multiscalar. Questa definizione rimanda, nel caso della fase di acquisizione, alla possibilità di riferire i dati a diversi ambiti a seconda della modalità con cui sono raccolti⁶ e, nella fase di elaborazione, alla possibilità di lettura e analisi

thanks to a transformation process that allows it to become significant vis-à-vis the specific context. The process involves increasingly complex levels that trigger an improvement in our knowledge of the object; the end result is the production of models. We can therefore consider data as the product of the acquisition phase, information as the product of the processing phase, and models as concise knowledge. As concerns architectural heritage, in particular Galleria Borghese, its 2D and 3D models represent the metric and morphological characteristics of its architecture and portray the spatial configuration of the object by abstracting some of its properties.

It's clear that the link between data, information and models is closely connected to the acquisition and processing phases that make up the approach to knowledge. Furthermore, it is not difficult to establish a parallel between the processing phase and the preceding data acquisition phase, acknowledging that both adopt a multiscalar approach. As regards the acquisition phase, this definition recalls the possibility of referring data to several fields depending on the ways it is collected⁶ and, as regards the processing phase, the possibility to interpret and analyse actions that lead to different levels

⁶ Anche in riferimento a come veniva affrontato il problema del rilievo fino a qualche anno fa, si potrebbe erroneamente tendere a legare una determinata modalità di acquisizione all'ambito a cui si riferisce: la topografia a estensioni territoriali, la scansione laser 3D a contesti architettonici, la *Structure from Motion* a elementi di dettaglio. In realtà, le possibilità attualmente consentite dall'integrazione di queste metodologie rendono sempre meno netta questa distinzione ed è possibile ottimizzare l'acquisizione dei dati tramite il loro utilizzo congiunto. Ciò che si considera multiscalar, quindi, è proprio la natura dei dati che, seppur riferiti a diversi ambiti che trovano corrispondenza con le scale di rappresentazione, intese nel senso tradizionale del termine, possono comunque essere messi in connessione.

⁶ In reference to how the problem of survey was tackled up to a few years ago, one may mistakenly associate a certain acquisition method with the field to which it refers: topography to a territorial area, 3D laser scanning to architectural contexts, and Structure from Motion to details. In actual fact, the options provided by integrating these methodologies increasingly reduce this distinction, making it possible to optimise data acquisition through their joint use. What is considered multiscalar, therefore, is the nature of the data which can nevertheless be linked even if it refers to different fields corresponding to the scales of representation, considered in the traditional sense of the term.

che conduce a diversi livelli di conoscenza legati al contesto urbano, all'organismo architettonico, a elementi specifici che a esso appartengono. La fase di elaborazione costituisce, quindi, un momento di sintesi fondamentale per estrarre, sulla base dei dati acquisiti, le informazioni necessarie alla lettura dell'opera in funzione della scala dei modelli. Si tratta quindi di tradurre informazioni legate alla scala urbana, alla scala architettonica e a quella di dettaglio, in modelli eterogenei 3D e 2D che rendono il rilievo un'operazione critica dal carattere scientifico e non solo legata allo sviluppo di procedure sempre più automatizzate dall'uso dei software.

Guardando alla costruzione di modelli da un punto di vista non solo teorico ma anche applicativo, è opportuno comprendere come le diverse tipologie di modelli, discreti e continui⁷, siano stati estremamente funzionali per raggiungere la conoscenza di determinati aspetti della Galleria Borghese.

I primi, le nuvole di punti⁸, costituiscono l'esempio più rappresentativo dei modelli discreti numerici su cui è possibile agire per trasformare la natura dimensionale del modello. Questa operazione discende dal noto susseguirsi dei passaggi di sintesi, riduzione, proiezione e sezione⁹. Tramite l'atto di selezione critica condotta

of knowledge about the urban context, the architectural object, and several of its specific elements. The processing phase is therefore a key moment of synthesis to extract from the acquired data the information required to interpret the work based on the scale of the models. It involves turning the information about the urban scale, the architectural scale, and the scale of the details, into heterogeneous 3D and 2D models; this is what makes survey a crucial scientific operation linked not just to the development of increasingly automated procedures thanks to the use of software.

As concerns the construction of models from a theoretical but also applicative point of view, it is important to understand how the different kinds of models, discrete and continuous,⁷ have been very useful to understand certain features of the Galleria Borghese.

The former, the points clouds,⁸ is the most representative example of the numerical discrete models that can be used to transform the dimensional nature of the model. This operation stems from a well-known series of steps: synthesis, reduction, projection, and section.⁹ The critical selection performed to reconstruct the spatial configuration of

⁷ La definizione fa riferimento ai due metodi di rappresentazione informatica: quella numerica, che descrive un oggetto in modo discreto per mezzo di coordinate spaziali, e quella matematica, che descrive un oggetto in maniera continua, per mezzo di equazioni matematiche. Cfr. MIGLIARI 2008.

⁸ Ottenute dall'allineamento delle scansioni laser 3D tramite la battuta topografica.

⁹ I passaggi esprimono il percorso di conoscenza prodotto tramite il rilievo. La sintesi costituisce il momento necessario per transitare dalla realtà al suo surrogato digitale e, con riferimento alle metodologie di acquisizione utilizzate (scansione laser 3D e *Structure from Motion*), è controllata da parametri non vincolati alla lettura dell'oggetto. La riduzione, che nel caso del rilevamento tradizionale coincideva con la definizione della scala di rappresentazione

⁷ The definition refers to the two computerised representation methods: numerical, describing an object in a discrete manner using spatial coordinates, and mathematical, describing an object in a continuous manner, using mathematical equations. Cfr. MIGLIARI 2008.

⁸ Obtained from the alignment of the 3D laser scansions using a topographic reading.

⁹ The steps illustrate the knowledge-gathering process that is adopted when survey is used. Synthesis is the moment of transition from reality to its digital surrogate, and, with reference to the acquisition methods used (3D laser scansion and *Structure from Motion*), is controlled by parameters unrestricted by the interpretation of the object. Instead reduction, which in traditional survey coincides with the definition of the scale of representation of the drawings, requires more complex considerations. In fact, as far as

al fine di ricostruire la configurazione spaziale della Galleria tramite elaborati plano-altimetrici, sono state elaborate le piante di tutti i livelli, i prospetti e le sezioni. Il sistema informativo così delineato si costruisce in maniera tutt'altro che automatica. Esso prende l'avvio da una scomposizione semantica della nuvola di punti, a cui viene dato il compito di organizzare i dati in maniera corretta rispetto all'obiettivo prefissato, di definirne i rapporti e, infine, di strutturare un apparato connettivo che garantisca l'integrazione dei dati.

La definizione di modelli bidimensionali (figg. 1, 2) comporta un primo livello di organizzazione delle informazioni, che si raggiunge quando componiamo il disegno, tracciandone i limiti e individuando le forme. A questo segue una scomposizione semantica che consente di passare dall'assenza di una struttura ontologica, che caratterizza la nuvola di punti, all'organizzazione delle informazioni. Tale attività, basata sul riconoscimento delle parti, sui loro rapporti e le loro connessioni, definisce un livello di lettura più approfondito basato su ciò che ogni elemento rappresenta nel suo contesto specifico.

In quest'ottica, le elaborazioni bidimensionali¹⁰ consentono un livello di analisi alla scala architettonica 1:50 (figg. 3, 4), per consentire la lettura del rapporto spaziale tra la Galleria Borghese e i suoi confini, la relazione con gli spazi verdi e le pavimentazioni esterne; la disposizio-

the Galleria using planimetric-altimetric drawings made it possible to draw the plans of all the floors, elevations, and sections. This information system is created in an anything but automatic manner. It starts with the semantic decomposition of the points cloud, tasked with correctly organising the data with respect to the pre-established objective, defining its relationships and, finally, creating a connective 'tissue' that ensures data integration.

Creating two-dimensional models (figs. 1, 2) begins by initially organising the data; this is achieved when we draw the image, establishing its limits and identifying its forms. It is followed by semantic decomposition, making it possible to pass from the absence of an ontological structure, characteristic of a points cloud, to the organisation of the data. This activity is based on recognition of the parts, their relationships and links; it creates a deeper level of interpretation based on what every element represents in its specific context.

In this case, two-dimensional drawings¹⁰ make it possible to perform an analysis on a 1:50 architectural scale (figs. 3, 4), interpret the spatial relationship between the Galleria Borghese and its boundaries, establish its relationship with the green areas and outdoor paving, as well as the arrangement and relationship between the rooms used

degli elaborati, apre a una considerazione più complessa. Nel caso dei modelli numerici, infatti, essa si applica individuando, coerentemente con l'incertezza della misura, un livello di dettaglio rispetto al quale le nuvole di punti possono essere indagate per consentire un livello di lettura adeguato relativamente al riconoscimento degli elementi costitutivi dell'oggetto e alle loro caratteristiche. La proiezione, in ultimo, è l'attività che consente di trasferire i suoi caratteri spaziali del modello numerico, tridimensionale, su un piano, bidimensionale. Cfr. BIANCHINI, INGLESE 2010.

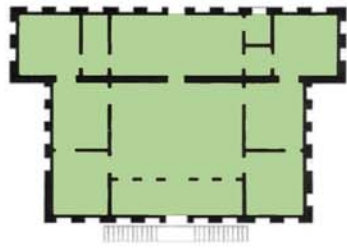
¹⁰ Cfr. *Elaborati del rilievo*.

numerical models are concerned, it is applied by identifying (consistent with the uncertainty of the measurement) a level of detail compared to which the points clouds can be studied to provide an adjusted level of interpretation regarding recognition of the constitutive elements of the object and their characteristics. Finally, projection is the activity that makes it possible to transfer the spatial characteristics of the numerical, three-dimensional, model to a two-dimensional plane. Cfr. BIANCHINI, INGLESE 2010.

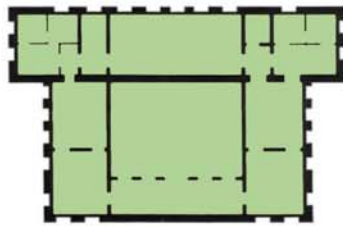
¹⁰ Cfr. *Survey elaborations*.

FASE 2 | Elaborazione dati

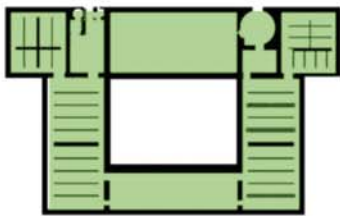
Modelli 2D | piante scala 1:50



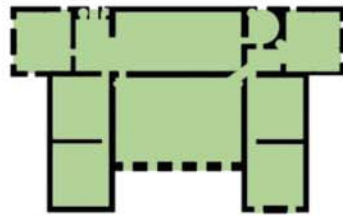
piano terra



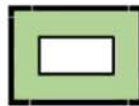
piano primo



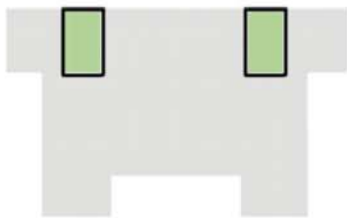
piano intercapedine



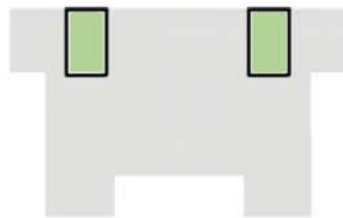
piano secondo



piano secondo | liv. ballatoio



torrini | liv.1



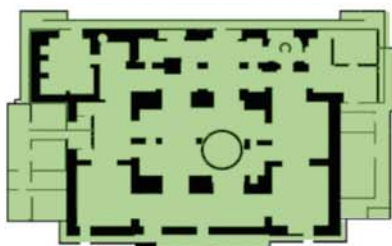
torrini | liv.2



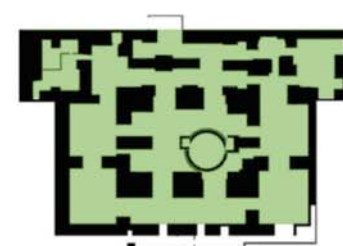
torrini | liv.3



copertura



piano seminterrato



piano interrato



Obiettivi

- documentazione della morfologia e geometria dei prospetti esterni e degli ambienti interni
- costruzione di una base di dati aggiornata, necessaria alle operazioni di studio, analisi, manutenzione, controllo e gestione

Metodologia

- allineamento scansioni
- definizione di piani di sezione orizzontali e verticali
- costruzione di ortoimmagini da Structure from Motion
- costruzione di modelli digitali integrati (modello 3D numerico da allineamento scansioni laser + modello 3D numerico da immagini fotografiche digitali + ortoimmagini)
- restituzione modelli 2D in scala 1:50

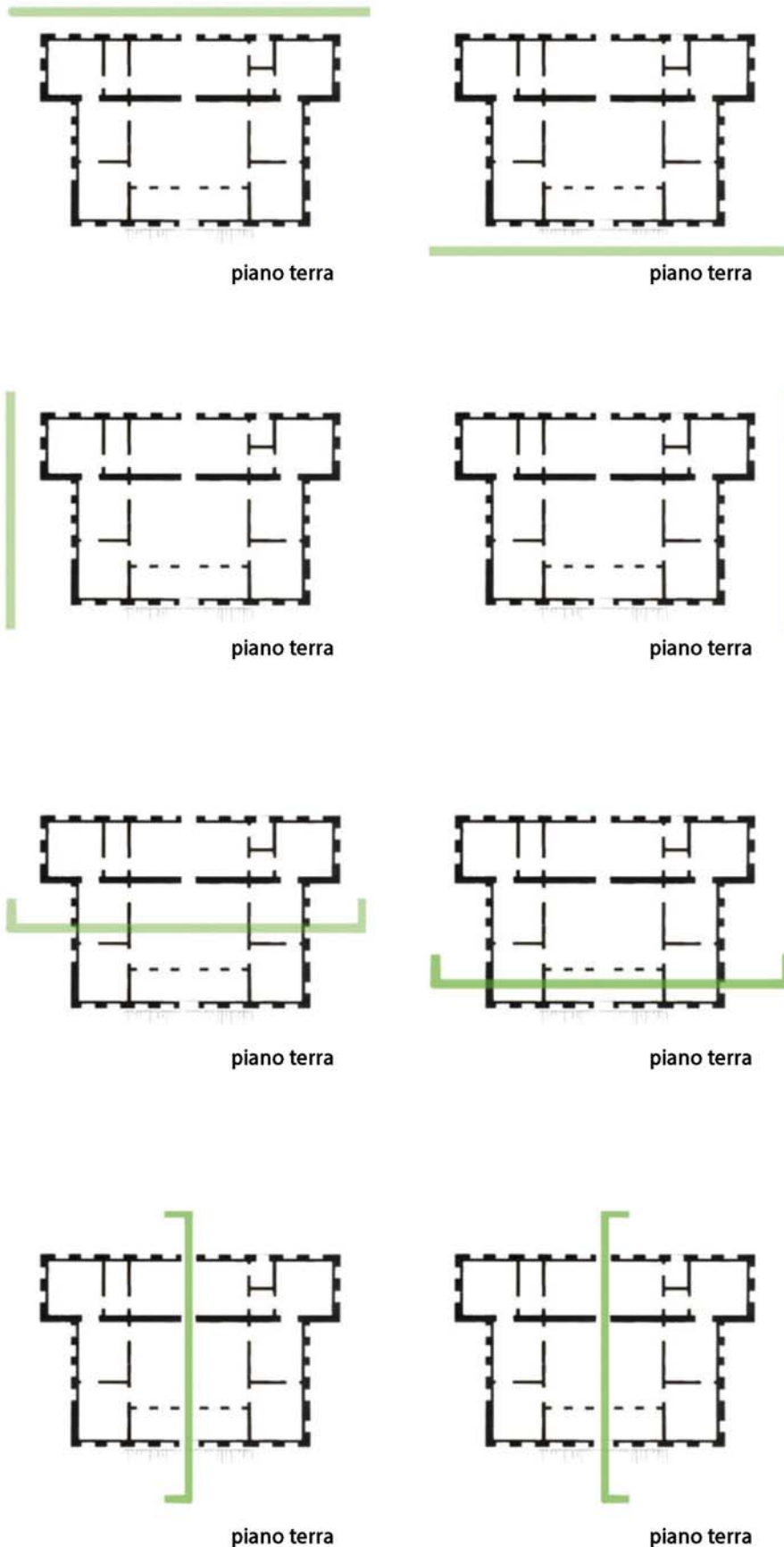
Elaborati

- n.1 pianta piano terra
- n.1 pianta piano primo
- n.1 pianta piano secondo
- n.1 pianta piano seminterrato
- n.1 pianta coperture
- n.1 prospetto est
- n.1 prospetto ovest
- n.1 pianta piano intercapedine
- n.1 pianta piano torrini liv.1
- n.1 pianta piano torrini liv.2
- n.1 pianta piano torrini liv.3

Fig. 1

FASE 2 | Elaborazione dati

Modelli 2D | prospetti e sezioni scala 1:50



Obiettivi

- documentazione della morfologia e geometria dei prospetti esterni e degli ambienti interni
- costruzione di una base di dati aggiornata, necessaria alle operazioni di studio, analisi, manutenzione, controllo e gestione

Metodologia

- allineamento scansioni
- definizione di piani di sezione orizzontali e verticali
- costruzione di ortoimmagini da Structure from Motion
- costruzione di modelli digitali integrati (modello 3D numerico da allineamento scansioni laser + modello 3D numerico da immagini fotografiche digitali + ortoimmagini)
- restituzione modelli 2D in scala 1:50

Elaborati

- n.1 prospetto nord
- n.1 prospetto sud
- n.1 prospetto est
- n.1 prospetto ovest
- n.2 sezioni longitudinali
- n.2 sezioni trasversali

Fig. 2



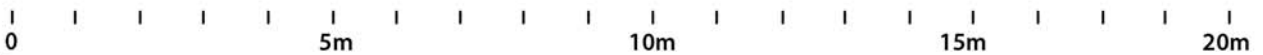
portico, prospetto nord-est
sezione dal modello numerico

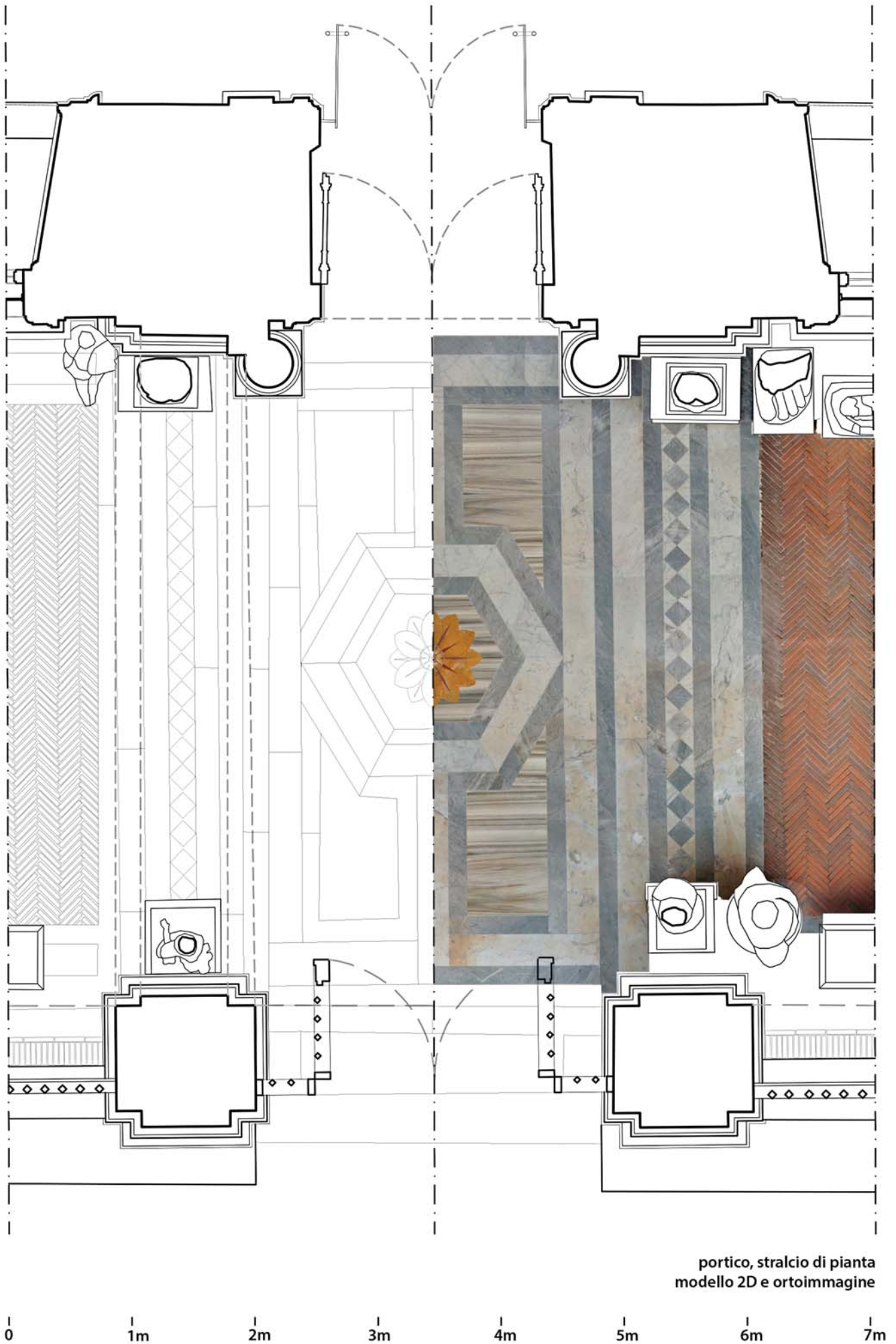


portico, prospetto nord-est
ortoimmagine



portico, prospetto nord-est
modello 2D



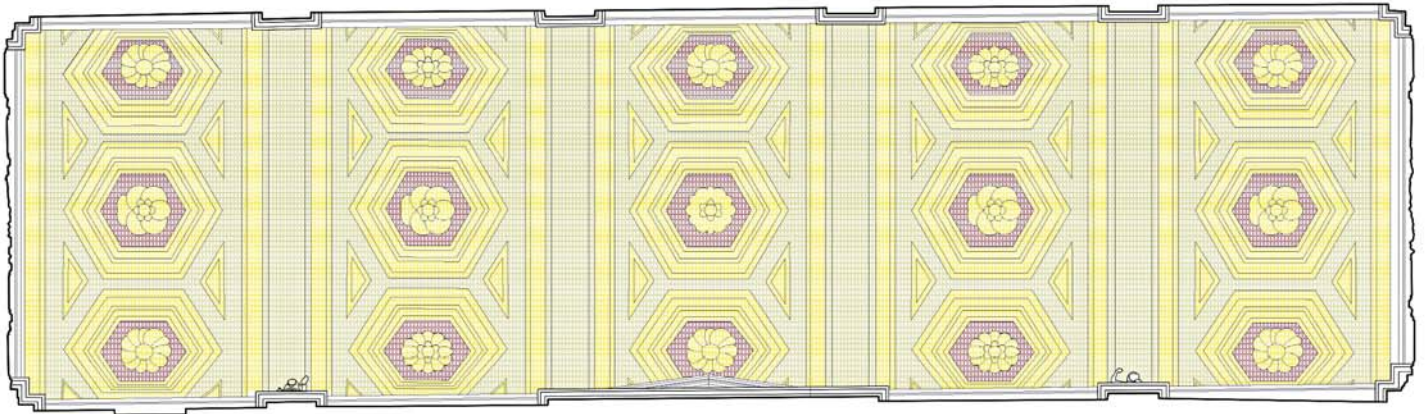


portico, stralcio di pianta
modello 2D e ortoimmagine

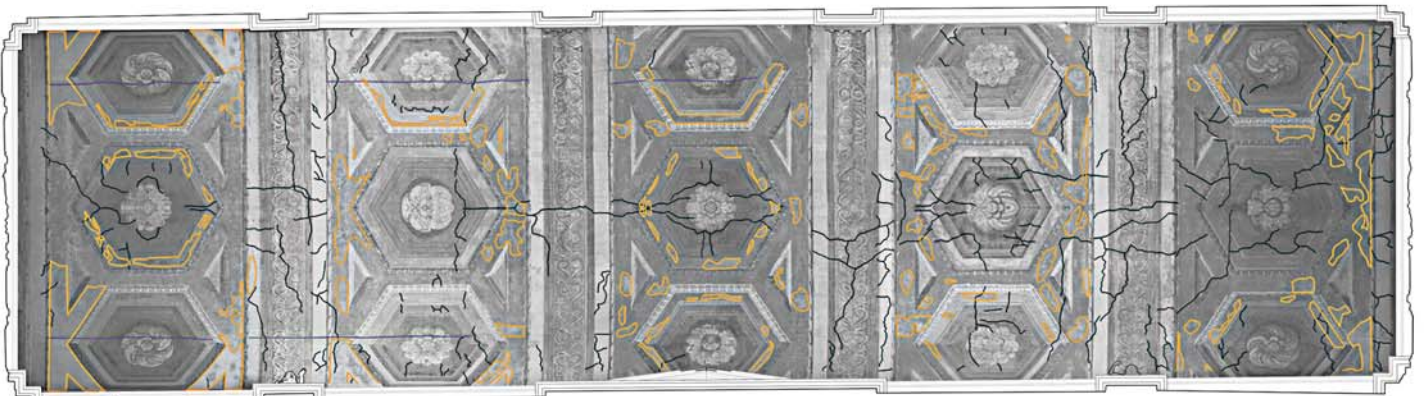
Fig. 4



portico, ipografia
modello 2D e ortoimmagine



portico, ipografia
modello 2D e analisi degli intonaci



- infiltrazione
- macchia
- fessurazione

portico, ipografia
analisi delle patologie di degrado degli intonaci

0 5m 10m 15m 20m

Fig. 1. Galleria Borghese, elaborazione dei dati e costruzione di modelli 2D. Schema delle piante realizzate in scala 1:50.

Fig. 2. Galleria Borghese, elaborazione dei dati e costruzione di modelli 2D. Schema dei prospetti e delle sezioni realizzate in scala 1:50.

Fig. 3. Galleria Borghese, processo di costruzione di modelli integrati della parete nord-est del portico. Modello tridimensionale numerico (in alto), ortoimmagine (al centro), prospetto (in basso).

Fig. 4. Galleria Borghese, processo di costruzione di modelli integrati della pianta del portico. Sovrapposizione tra l'ortoimmagine della pavimentazione e la restituzione bidimensionale.

Fig. 5. Galleria Borghese, modelli per l'analisi dello stato di conservazione della volta a botte del portico. Ortoimmagine dell'ipografia (in alto), distinzione dei diversi intonaci (al centro), analisi delle patologie di degrado degli intonaci (in basso).

Fig. 1. Galleria Borghese, data processing and construction of 2D models. Diagram of the layouts on a 1:50 scale.

Fig. 2. Galleria Borghese, data processing and construction of 2D models. Diagram of the elevations and section on a 1:50 scale.

Fig. 3. Galleria Borghese, construction of integrated models of the north-east wall of the portico. Numerical three-dimensional model (top), orthoimage (centre), elevation (bottom).

Fig. 4. Galleria Borghese, construction of integrated models of the layout of the portico. Superimposition between the orthoimage of the floor and the two-dimensional restitution.

Fig. 5. Galleria Borghese, models used to analyse the state of conservation of the barrel vault of the portico. Orthoimage of the vault (top), difference between the various plasters (centre), analysis of the deteriorated state of the plasters (bottom).

ne e la relazione tra gli ambienti riservati all'esposizione museale, quelli legati alla gestione del complesso e quelli di servizio, fornendo una visione organica dell'intero apparato stilistico, formale e decorativo.

Successivamente, alcune porzioni di particolare interesse nell'ambito di progetti di restauro architettonico sono state approfondite a una scala maggiore per poterle analizzare nel dettaglio dal punto di vista conservativo (fig. 5).

Tuttavia, questo processo di rappresentazione va letto come una sola delle possibili operazioni che è possibile condurre su un modello numerico, decisamente utile alla comprensione della geometria, delle proporzioni, degli elementi formali di cui si compone l'architettura, ma non esaustiva rispetto alla conclusione dell'iter di conoscenza. Appare chiaro come i disegni realizzati costituiscano un'astrazione delle qualità geometriche e formali di Galleria Borghese e che, a causa della loro natura bidimensionale, consentono una comprensione reale dello spazio solo se letti simultaneamente.

Al contrario, il modello tridimensionale definisce un rapporto di immediata corrispondenza con l'oggetto reale, consentendo inoltre l'aggiunta di livelli di informazione integrativi ri-

as museum halls, and the ones reserved as admin offices and service areas. In short they provide an organic vision of its style, form and decorations.

Afterwards, several portions of particular interest to architectural restoration projects were studied more in-depth using a bigger scale so that the details could be analysed from the point of view of conservative restoration (fig. 5).

Nevertheless, this representation process should be considered as just one of the possible operations that can be performed on a numerical model; it is undoubtedly useful to understand the geometry, proportions and formal elements of an architecture, but it is not comprehensive as concerns the knowledge-gathering process. The drawings are clearly an abstraction of the geometric and formal qualities of the Galleria Borghese; since they are two-dimensional they will only lead to a real comprehension of the space if interpreted simultaneously.

On the contrary, the three-dimensional model immediately corresponds to the real object, making it possible to add supplementary levels of information compared

spetto a quelli morfologici¹¹. Da un punto di vista operativo, la costruzione del modello tridimensionale segue un iter differente: la sua elaborazione parte dall'estrazione delle caratteristiche morfometriche a partire dal modello tridimensionale poligonale che si ottiene dai processi *Structure from Motion*. Da un punto di vista concettuale, invece, sebbene la manipolazione del dato sia diversa, la strategia di modellazione è analoga a quella utilizzata nel processo di rappresentazione bidimensionale. Si tratta sempre di organizzare la conoscenza dell'oggetto in esame mediante regole che garantiscano il riconoscimento dei suoi caratteri e ne consentano la riproposizione da un punto di vista geometrico¹². Il modello poligonale si arricchisce di significato e aumenta il suo grado di similarità con l'oggetto reale sfruttando il carattere particolarmente evocativo delle immagini digitali. Al di là di questo, che rende il modello 3D lo strumento per eccellenza per la divulgazione di contenuti, è comunque la struttura semantica, quindi la struttura delle informazioni in esso contenute, che definisce la sua qualità.

Una volta chiarita l'importanza della struttura delle informazioni in uno spazio virtuale, occorre chiarire che la possibilità di accesso a una grande mole di dati non presuppone, di per sé, il raggiungimento della conoscenza. In ultimo, quindi, è necessario definire il modo in cui i modelli discreti interagiscono con oggetti distinti e comprendere come è possibile introdurre e disporre di dati eterogenei in un determinato ambiente tridimensionale¹³. In particolare, l'associazione di dati nello spazio tridimensionale dei modelli

to those regarding morphology.¹¹ A different operational procedure is used to construct the three-dimensional model: it initially extracts the morphometric characteristics from the polygonal three-dimensional model obtained from the Structure from Motion processes. Instead from a conceptual point of view, and although manipulation of the data differs, the modelling strategy is similar to the one used in the 2D representation process. It involves organising knowledge of the object using rules that ensure recognition of its characteristics and allow them to be geometrically repositioned.¹² The polygonal model acquires meaning and increases its similarity with the real object by exploiting the acutely evocative nature of the digital images. Apart from the fact that this makes the 3D model the ultimate instrument to divulge contents, its quality is nonetheless defined by its semantic structure, i.e., the structure of the information it contains.

After clarifying the importance of the structure of the information in virtual space, it is important to point out that the possibility to access a huge amount of data does not, in itself, provide knowledge. So, ultimately, it is crucial to not only establish the way in which discrete models interact with distinct objects, but also understand how heterogeneous data can be introduced and made available in a certain three-dimensional environment.¹³ In particular, data association in the three-dimensional space of discrete models takes place during procedures of annotation, projection, and

¹¹ VALENTI 2004.

¹² LAHAT, ADALI, JUTTEN 2015.

¹³ Proprio in quest'ottica nascono gli studi relativi alle procedure di *data fusion*, sviluppati in relazione alla crescita sempre più pervasiva del numero di dati che condiziona la nostra vita quotidiana e alla necessità di realizzare strumenti per il monitoraggio e le loro connessioni. BIANCHINI, GRIFFO 2020; BOSTRÖM et al. 2007; KHALENGHI, KHAMIS, KARRAY 2013.

¹¹ VALENTI 2004.

¹² LAHAT, ADALI, JUTTEN 2015.

¹³ It is with this in mind that studies on data fusion procedures began and were developed in relation to the increasingly pervasive growth in the amount of data influencing our everyday life and the need to develop instruments to monitor it and discover how it is connected. BIANCHINI, GRIFFO 2020; BOSTRÖM et al. 2007; KHALENGHI, KHAMIS, KARRAY 2013.

discreti avviene tramite procedure di annotazione, proiezione e unione spaziale. Nel caso delle annotazioni, la connessione tra il modello numerico e il dato avviene tramite un'etichetta che consente di introdurre nel sistema attributi esterni, attraverso la connessione di immagini sul modello nel caso della proiezione, e mediante l'unione spaziale quando la connessione avviene tra due entità tridimensionali.

Nel sistema costruito relativamente alla Galleria Borghese, le annotazioni sono relative a un punto, a una superficie o a un oggetto; le procedure sviluppate sulla base del principio di proiezione sono tutte quelle che concorrono alla texturizzazione di modelli tridimensionali; l'unione spaziale, invece, avviene tramite la fusione di procedure *range-based*, adottate dai laser scanner, con quelle *image-based*, applicate dai processi fotogrammetrici.

Le tre tipologie di associazione definiscono dei vincoli necessari per un corretto approccio alla conoscenza la cui caratteristica principale è da ricercare non tanto nella rappresentazione dell'oggetto, ma nella corretta gestione dei dati e delle informazioni, ricavati dalle fasi di acquisizione e di elaborazione, che è sempre possibile leggere in modo critico. In quest'ottica, la necessità di comprendere l'oggetto architettonico si lega alla capacità di saper manipolare con consapevolezza i diversi modelli. Si tratta di ottimizzare il contenuto del database rendendolo non solo uno strumento di lavoro fruibile, ma il vero e proprio fulcro e obiettivo cui devono tendere le attività di rilevamento e rilievo.

spatial union. As regards the annotations, the link between the numerical model and the data takes place using a label that allows external attributes to be introduced into the system; in the case of projection it occurs through linkage of the images on the model; when connection takes place between two three-dimensional entities it occurs through spatial union.

In the system created for the Galleria Borghese the annotations refer to a point, surface or object; the procedures developed based on the principle of projection are all those that help to texturise the three-dimensional models. Instead spatial union takes place by merging the range-based procedures used by the laser scanners, and the image-based procedures used by the photogrammetric processes.

These three types of association establish the constraints required for a correct approach to knowledge whose main characteristic is not so much the representation of the object, but the correct management of the data and information obtained during the acquisition and processing phases – data and information that can always be critically interpreted. Bearing this in mind, the need to understand the architectural object is linked to the ability to understand how to knowingly manipulate the models. It involves optimising the contents of the database, turning the latter not only into a usable work tool, but into the hub and objective towards which all surveying and survey operations should strive.

La Galleria Borghese è da anni al centro di consistenti studi che la indagano sotto diversi aspetti: quello storico, legato ai cambiamenti che ha subito nel corso dei secoli; quello architettonico, legato alle caratteristiche morfologiche e formali; quello artistico, relativo alle importanti opere pittoriche e scultoree che sono esposte al suo interno. La volontà di documentare i diversi aspetti comporta, in prima istanza, la necessità di acquisire queste informazioni e, in secondo luogo, la costruzione di una base di dati che consenta di archivarle e divulgarle. Il volume illustra il processo adottato nell'ambito di un vasto progetto scientifico e culturale che, promosso dalla Direzione del Museo e Galleria Borghese, ha coinvolto il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura di Sapienza Università di Roma. I risultati ottenuti, sebbene olisticamente ancorati all'oggetto di studio, possono suggerire una replicabilità in termini di metodo allo studio del patrimonio architettonico.



The Galleria Borghese has for many years been the object of major studies focusing on several important issues: its history, and the changes it has undergone down through the centuries; its architecture, and in particular its morphological and formal characteristics; its art, and the important paintings and sculptures displayed within its walls. Documenting all these issues initially involves gathering information and data and then developing a database so that the latter can be archived and published.

This book illustrates the workflow used to perform a wide-ranging scientific and cultural project which, promoted by the Management of the Borghese Galleria and Museum, involved the Department of History, Representation and Restoration of Architecture of Sapienza University of Rome. Although the results are holistically linked to the object of the research, it is possible to replicate the method used to study this architectural heritage.