

drawing disegnare

n. 71
idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, disegno
e restauro dell'architettura – Sapienza Università di Roma
*Biannual Journal of the Department of History, representation
and restoration of architecture – Sapienza Rome University*

Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Anno XXXVI, n. 71/2025
€ , - \$/£ .

Full english text





<https://dsdra.web.uniroma1.it/it/disegnare-idee-immagini>



Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, disegno e restauro dell'architettura, pubblicata con il contributo di Sapienza Università di Roma
Biannual Journal of the Department of History, representation and restoration of architecture, published with the contribution of Sapienza Rome University

Registrazione presso il Tribunale di Roma n. 00072 dell'11/02/1991

© proprietà letteraria riservata

GANGEMI EDITORE
INTERNATIONAL

via Giulia 142, 00186 Roma
tel. 0039 06 6872774 fax 0039 06 68806189

e-mail info@gangemieditore.it
catalogo on line www.gangemieditore.it

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.

Un numero € 15,00 – estero € 20,00 / \$/£ 24.00
Arretrati € 30,00 – estero € 40,00 / \$/£ 48.00
Abbonamento annuo € 30,00 – estero € 35,00 / \$/£ 45.00
One issue € 15,00 – Overseas € 20,00 / \$/£ 24.00
Back issues € 30,00 – Overseas € 40,00 / \$/£ 48.00
Annual Subscription € 30,00 – Overseas € 35,00 / \$/£ 45.00

Abbonamenti/Annual Subscription

Versamento sul c/c postale n. 15911001
intestato a Gangemi Editore SpA
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
Payable to: *Gangemi Editore SpA*
post office account n. 15911001
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
BIC SWIFT: BPPIITRRXXX

Distribuzione/Distribution

Librerie in Italia e all'estero/
Bookstores in Italy and overseas
Emme Promozione e Messaggerie Libri Spa – Milano
e-mail: segreteria@emmepromozione.it
www.messaggerielibri.it

Edicole in Italia e all'estero/

Newsstands in Italy and overseas
Bright Media Distribution Srl
e-mail: info@brightmediadistribution.it

Abbonamenti/Annual Subscription

EBSCO Information Services
www.ebscohost.com

ISBN 978-88-492-5476-1
ISSN IT 1123-9247

Finito di stampare nel mese di dicembre 2025
Gangemi Editore Printing

Direttore scientifico/Editor-in-Chief

Mario Docci
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Direttore responsabile/Managing editor

Carlo Bianchini
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
carlo.bianchini@uniroma1.it

Comitato Scientifico/Scientific Committee

Alonzo Addison, *University of California, Berkeley, USA*
Piero Albisinni, *Sapienza Università di Roma, Italia*
Eduardo Antonio Carazo Lefort, *Universidad de Valladolid, Spagna*
Fabiana Carbonari, *Universidad de La Plata, Argentina*
Pilar Chías, *Universidad de Alcalá, Spagna*
Francis D.K. Ching, *Seattle, USA*
Livio De Luca, *CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique, Francia*
Marco Gaiani, *Università di Bologna, Italia*
Fernando Gandolfi, *Universidad de La Plata, Argentina*
Natalia Jorquera Silva, *Universidad de La Serena, Cile*
Joubert José Lancha, *Universidade de São Paulo, Brasile*
Cornelie Leopold, *Technische Universität Kaiserslautern, Germania*
Riccardo Migliari, *Sapienza Università di Roma, Italia*
Douglas Pritchard, *Robert Gordon University, Scozia*
Franco Purini, *Sapienza Università di Roma, Italia*
Mario Santana-Quintero, *Carleton University, Canada*

Comitato Editoriale/Editorial Committee

Martina Attenni, Cristiana Bartolomei,
Laura Carlevaris, Alexandra Castro, Emanuela Chiavoni,
Carlo Inglese, Alfonso Ippolito, Davide Mezzino,
Antonio Pizzo, Giovanna Spadafora,
Simone Helena Tanoue Viziosi

Comitato di Redazione/Editorial Staff

Adriana Caldarone, Flavia Camagni, Marika Griffo,
Francesca Porfiri, Luca Ribichini

Coordinamento editoriale e segreteria/Editorial coordination and secretarial services

Monica Filippa

Redazione/Editorial office

piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
tel. 0039 6 49918890
disegnare@uniroma1.it

In copertina/Cover

Lorenzo Ceccotti, *Distant Future - Tank, 2012.*
Lorenzo Ceccotti, *Distant Future - Tank, 2012.*

Anno XXXVI n. 71, dicembre 2025

- 3 Editoriale di *Mario Docci, Carlo Bianchini*
Sottotono
Editorial by Mario Docci, Carlo Bianchini
Subdued
- 5 *Lorenzo Ceccotti*
Sei modi in cui uso il disegno
Six ways I use drawing
- 8 *Luca J. Senatore*
Digitalizzazione, modellazione e analisi della statuaria antica. Casi studio romani
Digitalisation, modelling and analysis of ancient statues. Roman case studies
- 22 *Alessandro Merlo*
La riconfigurazione digitale delle "Terre del Ghiberti". Due casi studio: i castelli di Altomena e Ristonchi
The digital reconfiguration of 'The lands of Ghiberti'. Two case studies: the castles of Altomena and Ristonchi
- 36 *Carmelo Occhipinti, Francesco Guidi, Laura Baruzzi, Davide Bertolini, Luca Cipriani, Filippo Fantini*
Strumenti e metodi di indagine per la ricostruzione 3D di ambienti scomparsi: l'appartamento e il "Quarto Camerino" del cardinale Ippolito II a Villa d'Este
Approaches and analytical methods for the 3D reconstruction of lost interiors: the apartment and the 'Quarto Camerino' of cardinal Ippolito II at Villa d'Este
- 48 *Antonio Schiavo, Salvatore Damiano, Tommaso Magnifico*
Valori del chiaroscuro nell'immagine architettonica. Luigi Moretti e la palazzina Astrea
Values of chiaroscuro in the architectural image. Luigi Moretti and the palazzina Astrea
- 60 *Pablo Cendón-Segovia, Noelia Galván Desvaux, Álvaro Moral García*
Richard Neutra. Il viaggio in estremo Oriente
Richard Neutra. The journey to the Far East
- 72 *Sandro Parrinello, Giulia Porcheddu*
Ricomporre il mosaico della memoria. Strategie di rappresentazione per il Cimitero degli Inglesi a Firenze
Reassembling the mosaic of memory. Representation strategies for the English Cemetery in Florence
- 84 *María Belén Trivi*
Dal tratto al codice: il disegno architettonico come dato per l'Intelligenza Artificiale
From Line to Code: Architectural Drawing as Data for Artificial Intelligence

Lorenzo Ceccotti, Ranocchio. 2017. Illustrazione
per il racconto Ranocchio salva Tokyo di Murakami
Haruki, Giulio Einaudi Editore
(per gentile concessione della casa editrice).
*Lorenzo Ceccotti, Frog, 2017. Illustration for the story
Frog Saves Tokyo by Murakami Haruki,
Giulio Einaudi Editor (courtesy of the publisher).*





María Belén Trivi

Dal tratto al codice: il disegno architettonico come dato per l'Intelligenza Artificiale

From Line to Code: Architectural Drawing as Data for Artificial Intelligence

<https://cdn.gangemieditore.com/DOI/10.61020/11239247-202571-09.pdf>

The study investigates architectural drawing as a computable language for Artificial Intelligence, exploring its epistemological and operational value in the documentation and conservation of heritage. Through a coherent *corpus* of digital outputs and experiments with deep learning models, it demonstrates how drawing can constitute structured and semantic data, useful for optimizing automated classification. The results confirm the active role of the architect as a mediator between graphic language and code.

Keywords: architectural drawing, Artificial Intelligence, representation of architectural heritage.

Drawing, the principal method of analysis in architecture, represents a fundamental resource that clearly and comprehensibly condenses the complexity of architectural structures. In this sense, beyond being a tool for design and documentation, architectural drawing is a true language, capable of conveying complex information through shared graphic conventions.¹

In 1798, Gaspard Monge made a significant contribution to defining the foundations of descriptive geometry by scientifically codifying the methods of representation used in architecture: orthogonal projections, perspectives, axonometries, and oblique projections [Monge 1798]. From that moment onward, the graphic system became formally consolidated and remains fundamental to the design and representation of architecture. In order to avoid any ambiguity of interpretation, Monge provided the necessary instructions to produce drawings unambiguously associated with three-dimensionality (fig. 1). This codification was rapidly adopted by numerous architects and artists, both contemporary and later, such as Paul Marie Letarouilly [Letarouilly 1840-1857]. Their works were distinguished by objectivity and the use of clear, precise lines without superfluous additions (fig. 2). The use of standardized symbols and graphic models creates a graphic language that facilitates the coherent use of information by the various actors involved in the analysis or realization of an architectural work. Graphic conventions define the grammar of the language that enables its universal understanding. Each graphic representation

Lo studio indaga il disegno architettonico come linguaggio computabile per l'Intelligenza Artificiale, esplorando il suo valore epistemologico e operativo nella documentazione e conservazione del patrimonio. Attraverso un corpus coerente di elaborati digitali e sperimentazioni con modelli di deep learning, si dimostra come il disegno possa costituire un dato strutturato e semantico, utile ad ottimizzare la classificazione automatizzata. I risultati confermano il ruolo attivo dell'architetto come mediatore tra linguaggio e codice.

Parole chiave: disegno dell'architettura, Intelligenza Artificiale, rappresentazione del patrimonio architettonico.

Il disegno, principale metodo di analisi in architettura, rappresenta una risorsa fondamentale che condensa in modo chiaro e comprensibile la complessità delle strutture architettoniche. In questi termini, oltre a essere uno strumento per la progettazione e la documentazione, il disegno architettonico è un vero e proprio linguaggio, in grado di trasmettere informazioni complesse attraverso convenzioni grafiche condivise¹.

Nel 1798 Gaspard Monge diede un importante contributo alla definizione delle basi della geometria descrittiva codificando scientificamente i metodi di rappresentazione utilizzati in architettura: proiezioni ortogonali, prospettive, assonometrie e proiezioni oblique [Monge 1798]. Da quel momento il sistema grafico si è formalmente consolidato ed è tuttora fondamentale per la progettazione e la rappresentazione dell'architettura. Monge, al fine di evitare ogni ambiguità di lettura, fornì le istruzioni necessarie per realizzare disegni univocamente associati alla tridimensionalità (fig. 1). Questa codifica fu rapidamente recepita e adottata da numerosi architetti e artisti, sia contemporanei che successivi, come Paul Marie Letarouilly [Letarouilly 1840-1857]. Le loro opere si contraddistinsero per l'oggettività e l'uso di linee chiare e precise senza aggiunte superflue (fig. 2).

L'uso di simboli e modelli grafici standardizzati crea un linguaggio grafico che facilita l'utilizzo coerente delle informazioni da parte dei vari attori coinvolti nell'analisi o nella realizzazione di un'opera architettonica. Le convenzioni grafiche definiscono la grammatica del linguaggio che ne permette la comprensione universale. Ogni elaborato grafico rappresenta, quindi, un prodotto di alta qualità dal punto di vista della selezione intellettuale.

A partire da questa premessa, il presente contributo intende esplorare un'ipotesi an-

cora poco indagata: la possibilità di tradurre il linguaggio grafico in un sistema di regole leggibili e interpretabili da algoritmi di Intelligenza Artificiale (IA). In particolare, si riflette sulla possibilità di trasferire in forma computabile le regole implicite di un linguaggio grafico disciplinare, consolidato attraverso secoli di esperienza, al fine di ottimizzare i processi di analisi e classificazione dell'architettura.

In questo modo, l'obiettivo principale è quello di aprire una discussione sul valore epistemologico² del disegno nella nuova relazione tra rappresentazione, automazione e IA. Attraverso l'analisi di disegni architettonici digitali realizzati all'interno di un *corpus* coerente, si intende indagare come il disegno possa costituire non solo un dato visuale, ma una struttura di pensiero formalizzabile. In questo contesto, si analizza come il disegno agisca come strumento cognitivo, le cui strutture formali potrebbero essere decodificate attraverso l'IA.

Il disegno architettonico come linguaggio computabile

La conoscenza e la conservazione del patrimonio architettonico si avvalgono di un numero crescente di soluzioni tecniche e tecnologiche connesse tutte, in qualche modo, al disegno. Le tecniche di rilievo digitale, quali



1/ *Pagina precedente.* Gaspard Monge, *Géométrie descriptive. Leçons données aux écoles normales, l'an 3 de la République, 1798.*

Previous page. *Gaspard Monge, Géométrie descriptive. Leçons données aux écoles normales, l'an 3 de la République, 1798.*

la fotogrammetria e LIDAR (*Light Detection and Ranging*), consentono di ottenere modelli virtuali di elevata qualità geometrica e radiometrica in tempi sempre più brevi. Tuttavia, tali prodotti non contengono informazioni semantiche e non sono quindi in grado di restituire le caratteristiche legate alla lettura critica dell'oggetto architettonico.

Uno dei metodi più intuitivi e consolidati per comprendere semanticamente un oggetto è il disegno, che consente di attribuire livelli di organizzazione differenziando gli elementi attraverso il tracciamento di limiti e codici grafici.

Come affermano Mario Docci ed Emanuela Chiavoni «solo il disegno può rappresentare un'opera architettonica o uno spazio urbano in un grafico di modeste dimensioni, permettendo la scomposizione in diverse rappresentazioni di più facile lettura così da selezionare, fra gli infiniti punti che costituiscono un edificio, quelli caratterizzanti l'opera» [Docci, Chiavoni 2017, p. 5].

Questo approccio implica una chiave di lettura che si riferisce allo strutturalismo e alla semantica, fornendo una scomposizione degli elementi costitutivi con sistemi di relazioni gerarchiche che permettono di comprendere l'oggetto che dobbiamo analizzare attraverso diversi criteri. La capacità selettiva, che da sempre rende il disegno uno strumento analitico e non meramente descrittivo, è anche ciò che ne determina il valore come potenziale dato per l'IA. A differenza di una fotografia o di una nuvola di punti grezza, il disegno possiede già una struttura concettuale, un ordinamento sintattico che può essere riconosciuto, interpretato e formalizzato in un insieme di regole computabili.

La realizzazione di "gemelli digitali"³ costituisce un'operazione concreta a supporto della conservazione del patrimonio, offrendo uno strumento utile per interventi di restauro e contribuendo a preservare una traccia per il futuro, in risposta a rischi climatici, conflitti bellici o al naturale deterioramento nel tempo. In questo contesto, l'applicazione di strutture semantiche a nuvole di punti, ortofotografie e modelli poligonali si rivela tutt'altro che semplice, pur essendo necessaria.

Di fronte a questa esigenza, l'integrazione delle informazioni semantiche presenti nell'enorme patrimonio di disegni architettonici esistenti si configura come una risorsa potenzialmente strategica per arricchire i modelli digitali attraverso l'impiego dell'IA.

I disegni architettonici rappresentano una selezione sintetica delle linee che compongono un edificio, in grado di fornire informazioni di altissimo valore per istruire algoritmi di IA, dal momento che rappresentano un'operazione intellettuale già svolta, utilizzabile per l'ottimizzazione del processo digitale. Così come gli architetti hanno storicamente utilizzato i disegni architettonici come un codice grafico per esprimere e trasmettere le loro idee, l'IA potrebbe imparare a scomporre e comprendere questi stessi concetti. Pertanto, la capacità dell'architetto di strutturare queste informazioni è fondamentale affinché gli algoritmi possano "leggere" e comprendere in modo efficace i disegni architettonici.

Trasformare un disegno in un dato computazionale non significa semplicemente digitalizzarlo, ma riconoscerne il valore semantico e operare una traduzione tra linguaggi: da quello grafico dell'architettura a quello simbolico dell'algoritmo. Questo passaggio richiede l'identificazione di pattern, ricorrenze e convenzioni grafiche in grado di essere convertite in classi e attributi.

Stato dell'arte e inquadramento della ricerca

Negli ultimi anni si è registrato un crescente interesse nell'impiego di tecniche di *Machine Learning* e *Deep Learning* per la segmentazione e classificazione semantica⁴ di immagini e nuvole di punti applicate al patrimonio costruito [Wu, Yu, Li 2025; Dong, Hou, Zhou 2024; Zhao *et al.* 2024; Teruggi *et al.* 2020; Grilli, Poux, Remondino 2021]. Le prime applicazioni di algoritmi di *Deep Learning* [LeCun, Bengio, Hinton 2015] nel campo del patrimonio culturale si sono concentrate sulla classificazione di immagini 2D, in particolare sull'analisi automatica delle facciate degli edifici storici mediante reti neurali convoluzionali [Samhour, Al-Arabi, Al-Atrash 2022]. Dall'esame delle diverse applicazioni si può dedurre

2/ Rappresentazione in sistema ortogonale. Prospetto della "Maison a Via Governo Vecchio" di Paul Marie Letarouilly, *Édifices de Rome moderne, 1840-1857, tav. 35.*

Representation in an orthogonal system. Elevation of the 'Maison à Via Governo Vecchio' by Paul-Marie Letarouilly, Édifices de Rome Moderne, 1840-1857, pl. 35.



therefore constitutes a product of high quality, from the standpoint of intellectual selection. Starting from this premise, the present contribution seeks to explore a still under-investigated hypothesis: the possibility of translating graphic language into a system of rules readable and interpretable by Artificial Intelligence (AI) algorithms. In particular, it reflects on the possibility of transferring into computable form the implicit rules of a disciplinary graphic language, consolidated through centuries of experience, in order to optimize processes of architectural analysis and classification.

In this way, the main objective is to open a discussion on the epistemological² value of drawing within the new relationship between representation, automation, and AI. Through the analysis of digital architectural drawings produced within a coherent corpus, this study aims to investigate how drawing may constitute not only visual data, but a formalizable structure of thought. In this context, it examines how drawing acts as a cognitive tool whose formal structures could potentially be decoded through AI.

Architectural drawing as a computable language

Knowledge and conservation of architectural heritage relies on an increasing number of technical and technological solutions, all

3/ Palazzi in piazza di Pietra, particolare dei disegni dei prospetti in digitale. Corso "Rilievo dell'Architettura", 2021/2022, professore Alfonso Ippolito, studenti Di Marzio, Fabbri, Gloria, Renzo Llanos (Archivio dei Disegni e Fototeca del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura - Sapienza Università di Roma, fondo ARDISCont 904, tav. 10).

Palaces in Piazza di Pietra, detail of elevation drawings in digital format. Course 'Architectural Survey,' 2021/2022, Professor Alfonso Ippolito, students Di Marzio, Fabbri, Gloria, Renzo Llanos (Drawing Archive and Photographic Collection of the Department of History, Representation, and Restoration of Architecture - Sapienza Rome University, ARDISCont Collection 904, pl. 10).

of which are, in some way, connected to drawing. Digital survey techniques, such as photogrammetry and LiDAR (Light Detection and Ranging), make it possible to obtain virtual models of high geometric and radiometric quality in increasingly shorter times. However, such products do not contain semantic information and are therefore unable to convey the characteristics related to the critical interpretation of the architectural object. One of the most intuitive and well-established methods for semantically understanding an object is drawing, which makes it possible to assign levels of organization by differentiating elements through the tracing of boundaries and graphic codes.

As Mario Docci and Emanuela Chiavoni state, "only drawing can represent an architectural work or an urban space within a graphic of modest dimensions, allowing its decomposition into different representations that are easier to read, thus selecting, among the infinite points that constitute a building, those that characterize the work" [Docci, Chiavoni 2017, p. 5].

che la classificazione delle facciate è stata un ambito promettente per l'uso di queste tecniche, poiché può offrire una maggiore comprensione rispetto ad altre categorie del patrimonio.

Nonostante ciò, l'esame di numerose ricerche ha evidenziato come l'applicazione di questi metodi nel settore dei beni culturali presenti diverse problematiche, legate alla scarsa disponibilità dei dati annotati, alla complessità morfologica degli edifici e alla limitata capacità di generalizzazione dei modelli tra contesti differenti. In tale quadro, l'impiego di disegni architettonici storici come fonte di dati semantici costituisce un ambito che, seppure ancora poco esplorato, si rivela potenzialmente strategico.

Diverse ricerche recenti si sono inoltre concentrate sulla generazione automatica di disegni vettoriali a partire da immagini o nuvole di punti, attraverso algoritmi di *edge detection*, reti generative e segmentazione delle istanze [Betsas, Georgopoulos, Doulamis 2024; Betsas, Georgopoulos 2022]. Tali approcci, pur contribuendo alla produzione automatizzata

del disegno, si concentrano prevalentemente sulla sintesi grafica piuttosto che sul riuso del patrimonio grafico esistente.

Il presente studio va dunque a colmare questo vuoto spazio di ricerca, proponendo l'impiego dei disegni architettonici come risorsa semantica per la costruzione dei *dataset* di addestramento e per l'arricchimento informativo dei modelli digitali 2D e 3D, riconoscendo nel disegno una struttura cognitiva trasferibile in ambiente computazionale.

Criteria di selezione di un corpus grafico coerente per l'elaborazione di un dataset

Il sistema ortogonale, consentendo di rappresentare un oggetto senza distorsioni, continua a essere, ancora oggi, il metodo più diffuso per esprimere le caratteristiche proporzionali e dimensionali di un manufatto architettonico. Ciò ha determinato la produzione di un vasto patrimonio di disegni in proiezione ortogonale, che costituisce una condizione favorevole per l'impiego di tali rappresentazioni nei processi di addestramento dell'IA. Di conseguenza, gli archivi dei disegni di ar-



chitettura costituiscono una fonte d'informazione strategica, in quanto formano un ecosistema grafico caratterizzato da convenzioni, codici e strumenti di rappresentazione che riflettono il sapere tecnico e culturale della disciplina.

Nell'ambito delle sperimentazioni condotte a partire dalle riflessioni teoriche sviluppate in questo lavoro, si è scelto di focalizzare l'attenzione su un *corpus* di elaborati grafici digitali relativi ad alcune piazze romane, conservati presso l'Archivio dei Disegni e Fototeca del Dipartimento di Storia, disegno e restauro dell'architettura della Sapienza Università di Roma⁵ [Chiavoni, Docci, Filippa 2021], e in particolare sui disegni degli studenti della Facoltà di Architettura della Sapienza realizzati nell'ambito dei corsi di "Rilievo dell'Architettura" e "Scienza della Rappresentazione III"⁶. Questi elaborati, realizzati a seguito di campagne di rilievo nel centro storico di Roma, costituiscono una base documentale coerente, metodologicamente omogenea e rappresentativamente rigorosa (fig. 3).

Si tratta delle piazze rilevate dagli studenti nell'a.a. 2021-2022⁷, quali ad esempio piazza Rondanini e piazza della Minerva, che sono circondate da palazzi rinascimentali e neorinascimentali (fig. 4). Le facciate di questi ultimi hanno subito l'influenza di trattati come *I Principi di architettura civile* [Milizia 1785]⁸, il cui contributo ha portato, nonostante le varianti, alla creazione di un linguaggio architettonico e materico comune tra questi edifici. Questa continuità linguistica conferisce coesione e unità al tessuto urbano del centro storico di Roma, dando origine a un contesto omogeneo nel quale risaltano i monumenti più emblematici (fig. 5).

Mediante l'osservazione diretta e prendendo come riferimento specifici studi⁹ sui materiali, è stato creato un abaco semplificato che categorizza i materiali e le tecniche costruttive più comuni delle facciate di questa tipologia architettonica (fig. 6). Queste classi di materiali e tecniche costruttive sono rappresentate nei disegni digitali realizzati dagli studenti. Tali elaborati vettoriali, prodotti in ambiente CAD utilizzano retini e simbologie standardizzate che garantiscono

no chiarezza geometrica e, al tempo stesso, consentono l'estrazione di dati strutturati mediante *layer* differenziati. facilita la traduzione di questo linguaggio nei modelli di IA, rendendo i disegni d'archivio una matrice operativa per nuovi strumenti di analisi.

Sperimentazioni applicate: disegno tecnico e Deep Learning per l'analisi del patrimonio

Le ipotesi teoriche presentate in questo lavoro sono state esplorate mediante una serie di sperimentazioni che hanno integrato disegni tecnici vettoriali e modelli di *Deep Learning* applicati al patrimonio costruito. Tali attività, già in precedenza presentate¹⁰, non costituiscono l'obiettivo principale del presente studio, ma sono qui richiamate come riferimento empirico per sviluppare una riflessione di carattere teorico ed epistemologico sul valore del disegno architettonico nell'ambito dell'IA.

All'interno di questo quadro, le sperimentazioni si sono articolate in due principali flussi operativi, progettati per verificare la trasferibilità del linguaggio grafico in ambito computazionale. È stato quindi sviluppato un approccio tridimensionale, basato sulla classificazione semantica di nuvole di punti mediante l'algoritmo *Point Transformer*¹¹, e un approccio bidimensionale, orientato alla segmentazione e classificazione di ortoimmagini con *DeepLabV2*¹². In entrambi i casi, i disegni tecnici eseguiti dagli studenti hanno funto da base per la generazione automatica di dati annotati, evitando l'etichettatura manuale (figg. 7, 8).

Il *corpus* sperimentale dei disegni utilizzati si riferisce a tre palazzi storici del centro di Roma¹³, documentati mediante rilievi fotografometrici e disegni CAD vettoriali. Per ciascun edificio sono state utilizzate ortoimmagini, modelli DSM e nuvole di punti ad alta densità con dimensioni indicative comprese tra 27 e 42 milioni di punti.

I risultati presentati in questo lavoro fanno specificamente riferimento all'ottocentesco Palazzo Mazzetti, in piazza Rondanini, utilizzato come esempio per illustrare le potenzialità applicative del metodo. La scelta del

4/ Mappa di dettaglio dei Rioni VIII e IX di Roma. Sono evidenziate le piazze oggetto di studio dei corsi "Rilievo dell'Architettura" e "Scienza Rappresentazione III" della Sapienza Università di Roma (elaborazione dell'autrice, 2024). Detailed map of Rioni VIII and IX in Rome, highlighting the squares studied in the courses 'Architectural Survey' and 'Science of Representation III' at Sapienza Rome University (author's elaboration, 2024).

5/ Piazza di Pietra, Roma (foto dell'autrice, 2024). Piazza di Pietra, Rome (photo by the author, 2024).



This approach implies an interpretative key that refers to structuralism and semantics, providing a decomposition of the constituent elements through systems of hierarchical relationships that enable us to understand the object under analysis according to different criteria. The selective capacity that has always made drawing an analytical, rather than merely descriptive tool, is also what determines its value as potential data for AI. Unlike a photograph or a raw point cloud, drawing already possesses a conceptual structure, a syntactic order that can be recognized, interpreted, and formalized into a set of computable rules.

The creation of 'digital twins'³ represents a concrete operation supporting heritage conservation, offering a useful tool for restoration interventions and helps to preserve a record for the future in response to climate risks, armed conflicts, or natural deterioration over time. In this context, the application of semantic structures to point

6/ Abaco delle classi di materiali e tecniche costruttive identificate, illustrato con immagini di esempi reali e le relative rappresentazioni grafiche (elaborazione dell'autrice, 2024).

Schedule of identified classes of materials and construction techniques, illustrated with images of real examples and their corresponding graphic representations (author's elaboration, 2024).




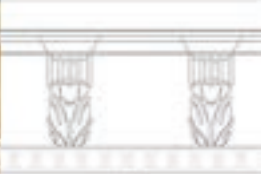










clouds, orthophotos, and polygonal models proves to be far from simple, although necessary.

In response to this need, the integration of the semantic information embedded in the vast existing corpus of architectural drawings emerges as a potentially strategic resource for enriching digital models through the use of AI. Architectural drawings represent a synthetic selection of the lines that compose a building and are capable of providing highly valuable information for training AI algorithms; they embody an intellectual operation that has already been carried out and can be used to optimize the digital process. Just as architects have historically used architectural drawings as a graphic code to express and communicate their ideas, AI could learn to decompose and understand these same concepts. Therefore, the architect's ability to structure this information is essential for algorithms to effectively 'read' and comprehend architectural drawings. Transforming a drawing into computational data does not simply mean digitizing it, but recognizing its semantic value and carrying out a translation between languages: from the graphic language of architecture to the symbolic language of the algorithm. This transition requires the identification of patterns, recurrences, and graphic conventions that can be converted into classes and attributes.

State of the art and research framework

In recent years, there has been growing interest in the use of Machine Learning and Deep Learning techniques for the semantic segmentation⁴ and classification of images and point clouds applied to the built heritage [Wu, Yu, Li 2025; Dong, Hou, Zhou 2024; Zhao et al. 2024; Teruggi et al. 2020; Grilli, Poux, Remondino 2021].

The first applications of Deep Learning algorithms [LeCun, Bengio, Hinton 2015] in the field of cultural heritage focused on the classification of two-dimensional (2D) images, in particular on the automatic analysis of historical building façades through convolutional neural networks [Samhour, Al-Arabi, Al-Atrash 2022]. From the examination of various applications, it can

A. MATERIALE	B. TECNICA COSTRUTTIVA	Immagine	Rappresentazione grafica
A01. Infissi	B01. a. Elementi interni agli infissi		
A02. Stucco	B02. a. Modellato		
A03. Intonaco	B03. a. Bugnato liscio		
	B03. b. Finitura liscia		
A04. Lapideo	B04. a. Elementi particolari		
	B04. b. Sagomato		
	B04. c. Bugnato rustico		

palazzo deriva dalla complessità controllata delle sue superfici, dalla varietà delle tecniche costruttive presenti in facciata e dalla disponibilità di materiale grafico già strutturato, realizzato nell'ambito delle attività didattiche (fig. 9).

Per l'elaborazione dei modelli, i dati sono stati suddivisi in insiemi distinti per l'addestramento, la validazione e i test, privilegiando una separazione per singolo edificio al fine di valutare la capacità di generalizzazione del metodo.

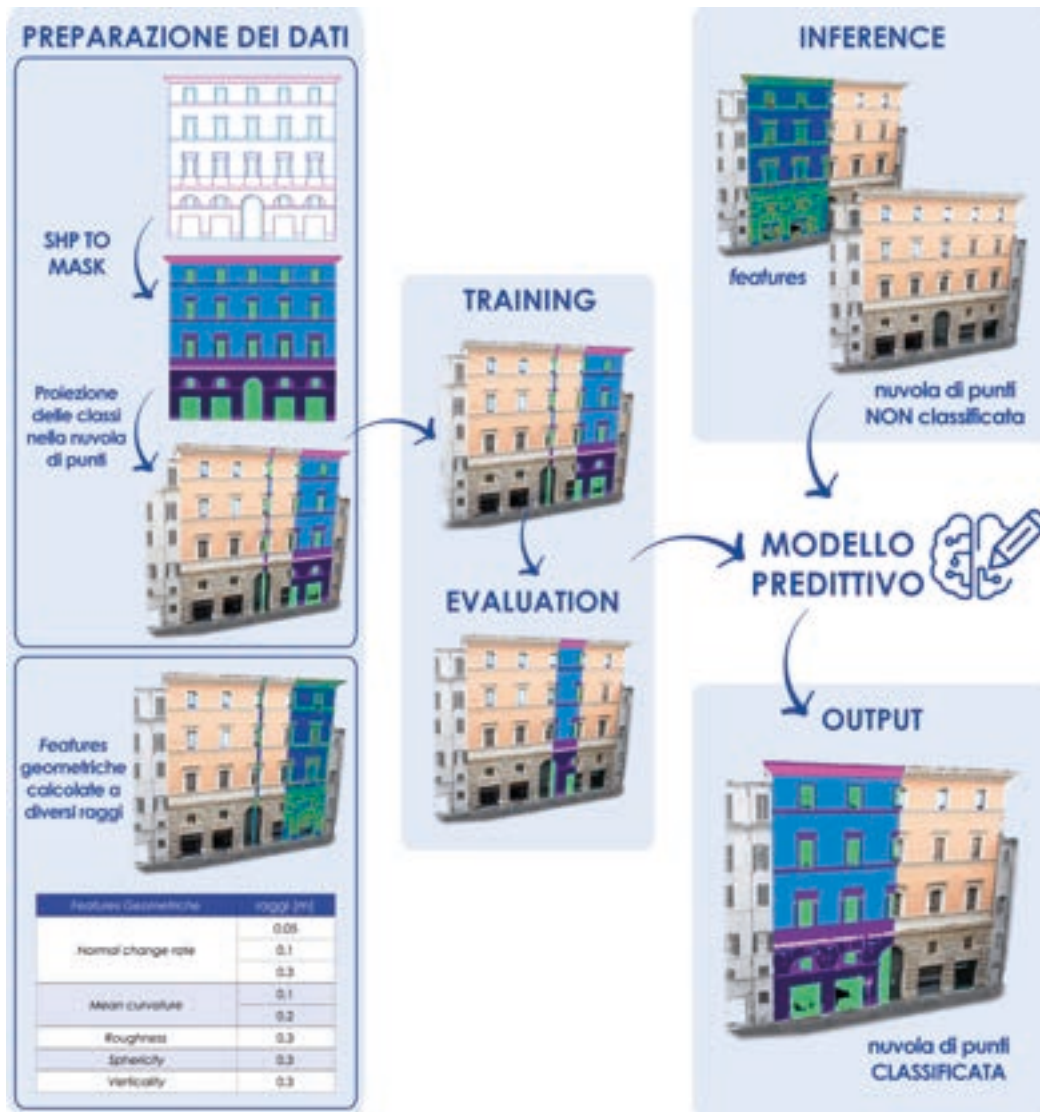
La costruzione delle annotazioni semantiche si è basata sull'organizzazione dei disegni vet-

toriali in classi tematiche di materiali e tecniche costruttive.

Tali informazioni sono state successivamente messe in relazione con i dati bidimensionali e tridimensionali per guidare il processo di attribuzione semantica. In questo modo, il disegno ha operato come struttura informativa di riferimento per l'addestramento dei modelli.

I risultati, valutati mediante diverse metriche¹⁴, hanno dimostrato un'elevata efficacia nella previsione di materiali e tecniche costruttive per gli edifici rinascimentali e neo-rinascimentali analizzati.

7/ Workflow sviluppato nella sperimentazione 3D
(elaborazione dell'autrice su dati da Trivi et al. 2024).
Workflow developed in the 3D experimentation
(author's elaboration based on data from Trivi et al. 2024).



Nelle sperimentazioni tridimensionali, l'algoritmo *Point Transformer* ha evidenziato buone prestazioni nella classificazione semantica delle nuvole di punti, anche in presenza di *dataset* di dimensioni contenute (fig. 10). Questo risultato conferma il ruolo del disegno come struttura informativa in grado di orientare efficacemente il processo di apprendimento automatico.

Nella sperimentazione bidimensionale, l'impiego dell'algoritmo *DeepLabV2* ha reso possibile non solo la classificazione delle ortofotografie, ma anche la produzione automatica di elaborati vettoriali organizzati per classi

tematiche (figg. 11, 12). In questo senso, i risultati suggeriscono che i disegni vettoriali già disponibili possono sostituire l'annotazione manuale di nuvole di punti e ortofotografie, riducendo notevolmente il tempo e il lavoro dell'operatore e inducendo gli algoritmi di IA a riconoscere le classi richieste dall'utente (fig. 13).

Di conseguenza è possibile ipotizzare che questa procedura possa essere adeguata per l'elaborazione di un *dataset* di addestramento più ampio, costituito da un vasto insieme di disegni tecnici e con potenziali applicazioni in vari ambiti architettonici.

be inferred that façade classification has been a particularly promising domain for the use of these techniques, as it can provide greater interpretative insight compared to other heritage categories.

Nevertheless, the review of numerous studies has shown that the application of these methods in the cultural heritage sector presents several challenges, related to the limited availability of annotated data, the morphological complexity of buildings, and the restricted capacity of models to generalize across different contexts. Within this framework, the use of historical architectural drawings as a source of semantic data represents a field that, although still underexplored, appears potentially strategic. Several recent studies have also focused on the automatic generation of vector drawings from images or point clouds through edge detection algorithms, generative networks, and instance segmentation techniques [Betsas, Georgopoulos, Doulamis 2024; Betsas, Georgopoulos 2022]. While these approaches contribute to the automated production of drawings, they mainly concentrate on graphic synthesis rather than on the reuse of the existing graphic heritage.

The present study therefore seeks to fill this research gap by proposing the use of architectural drawings as a semantic resource for the construction of training datasets and for the informational enrichment of 2D and three-dimensional (3D) digital models, recognized in drawing a cognitive structure that can be transferred into a computational environment.

Criteria for selecting a coherent graphic corpus for dataset development

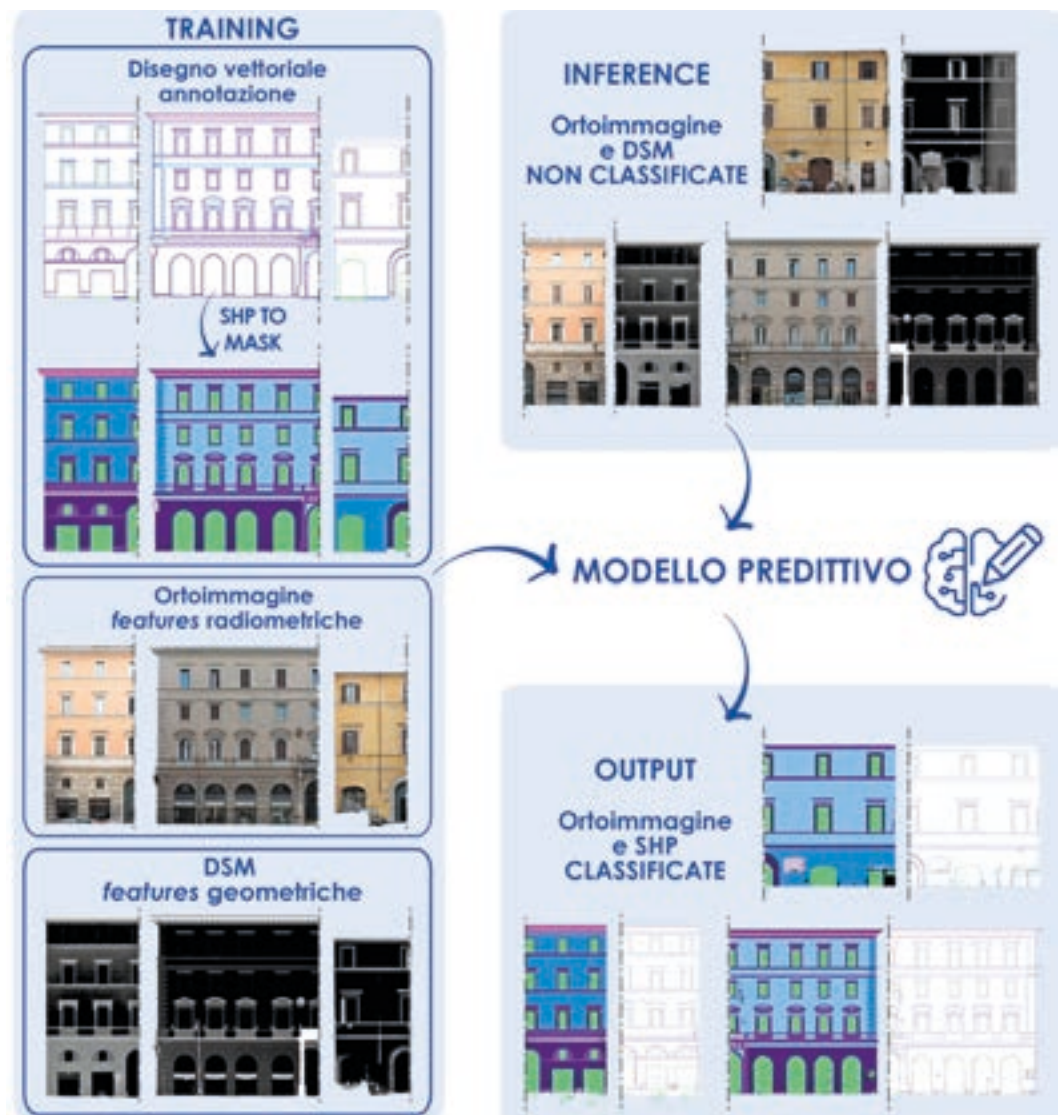
The orthogonal system, by allowing an object to be represented without distortion, remains to this day the most widely used method for expressing the proportional and dimensional characteristics of an architectural artifact. This has led to the production of a vast body of drawings in orthogonal projection, which constitutes a favorable condition for the use of such representations in AI training processes. Consequently, architectural drawing archives represent a strategic source of information, as

8/ Workflow sviluppato nella sperimentazione 2D (elaborazione dell'autrice su dati da Trivi et al. 2024).
Workflow developed in the 2D experimentation (author's elaboration based on data from Trivi et al. 2024).

they form a graphic ecosystem characterized by conventions, codes, and representational tools that reflect the technical and cultural knowledge of the discipline.

Within the experimental framework developed from the theoretical reflections presented in this study, the focus was placed on a corpus of digital graphic works relating to several Roman squares, preserved at the Drawing Archive and Photographic Collection of the Department of History, Representation and Restoration of Architecture at Sapienza Rome University⁵ [Chiavoni, Docci, Filippa 2021]. In particular, attention was directed to drawings produced by students of the Faculty of Architecture at Sapienza within the courses 'Architectural Survey' and 'Science of Representation III'.⁶ These works, created following survey campaigns conducted in the historic center of Rome, constitute a coherent documentary base that is methodologically homogeneous and rigorous in representational terms (fig. 3). The selected squares surveyed by students in the academic year 2021-2022⁷ include, for example, Piazza Rondanini and Piazza della Minerva, both surrounded by Renaissance and Neo-Renaissance palaces (fig. 4). The façades of the latter were influenced by treatises such as *Principi di architettura civile* [Milizia 1785],⁸ whose contribution, despite existing variations, led to the development of a shared architectural and material language among these buildings. This linguistic continuity lends cohesion and unity to the urban fabric of Rome's historic center, generating a homogeneous context in which the most emblematic monuments stand out prominently (fig. 5).

Through direct observation and by referencing specific studies⁹ on materials, a simplified schedule was created to categorize the most common materials and construction techniques of the façades of this architectural typology (fig. 6). These classes of materials and construction techniques are represented in the digital drawings produced by the students. These vector-based works, created in a Computer-Aided Design (CAD) environment, use standardized hatching and symbols that ensure geometric clarity while also allowing the extraction of structured data



Conclusioni

Il ruolo dell'architetto non è quello di cedere la responsabilità all'algoritmo, bensì di agire come mediatore tra linguaggio e codice. Il compito di selezionare, strutturare e validare le informazioni da trasferire al sistema automatizzato ricade sull'esperto di architettura, che stabilisce le regole grafiche comuni su cui l'algoritmo può operare. Solo attraverso questa azione selettiva sarà possibile evitare una delega cieca alla "macchina".

I disegni tecnici possono riflettere convenzioni storicamente situate, che cambiano

nel tempo e variano tra scuole, autori e contesti culturali. Di conseguenza, anche l'algoritmo rischia di essere addestrato su una "grammatica" specifica e non generalizzabile, rendendo evidente la necessità di mantenere una coscienza critica nella progettazione dei *dataset*.

In definitiva il disegno architettonico, nel suo valore epistemologico e comunicativo, non può essere ridotto a un semplice dato di *input*. L'integrazione con l'IA deve essere vista come una cooperazione tra saperi, in cui la tecnologia amplifica, ma non sostituisce, la capacità interpretativa umana.

9/ Facciata principale di Palazzo Mazzetti. A destra: ortoimmagine da rilievo fotogrammetrico dell'autrice (aprile 2023). A sinistra: particolare dal disegno degli studenti Aloisi, Amendola, Fedele, Morgani e Prosciutti, "Scienza Rappresentazione III", 2021/2022 (Archivio dei Disegni e Fototeca del Dipartimento di Storia, disegno e restauro dell'architettura - Sapienza Università di Roma, fondo ARDISCont 916, tav. 3).

Main façade of Palazzo Mazzetti. Right: orthoimage from the author's photogrammetric survey (April 2023). Left: detail from the students' drawing Aloisi, Amendola, Fedele, Morgani, and Prosciutti, 'Science of Representation III,' 2021/2022 (Drawing Archive and Photographic Collection of the Department of History, Representation, and Restoration of Architecture - Sapienza Rome University, ARDISCont Collection 916, pl. 3).



Il disegno architettonico va dunque considerato non soltanto come mezzo di comunicazione attraverso cui si esprime l'architettura, ma anche come risorsa attiva utile per l'addestramento di algoritmi finalizzati alla costruzione di nuovi strumenti digitali.

Nel contesto attuale, nel quale l'IA ha iniziato ad avere un ruolo significativo in vari ambiti, la tematica affrontata in questo studio è basata sull'ipotesi che il linguaggio grafico possa costituire una possibile risorsa per ottimizzare i processi di apprendimento automatico nel campo dell'architettura. La potenzialità del disegno architettonico come dato di addestramento per l'IA risiede nella sua capacità di sintetizzare e rappresentare informazioni complesse già discretizzate da un essere umano.

L'efficacia delle sperimentazioni intraprese apre nuove opportunità per l'applicazione dell'IA alla documentazione e alla preservazione del patrimonio architettonico, con la possibilità di estendere queste metodologie a *dataset* più complessi e diversificati mediante l'incorporazione di nuovi tipi di informazioni.

È importante sottolineare che lo sforzo in atto nel settore disciplinare dell'architettura si basa sul tentativo di individuare i massimi comuni denominatori grafici delle classi che si vogliono identificare. Il corretto funzionamento dell'algoritmo dipende dall'addestramento impartito con dati adeguati, attraverso una codifica grafica che permetta di

stabilire le regole comuni che esprimono le classi da riconoscere.

La vera sfida non si limita solo all'utilizzo di disegni digitalizzati, ma consiste soprattutto nell'adattare le rappresentazioni grafiche per poter essere interpretate dall'IA in modo corretto.

Le ipotesi prese in considerazione, sia quelle verificate che quelle da esplorare in futuro, mirano ad affrontare le sfide emergenti dall'implementazione dell'IA nel campo del patrimonio architettonico. L'ampia gamma di criteri di classificazione, le peculiarità dei monumenti e la carenza di informazioni sufficienti rendono il patrimonio architettonico un sistema complesso per l'addestramento efficace di modelli di IA e di difficile uso per l'estensione di tecniche automatizzate.

Il disegno architettonico, in quanto linguaggio universale, diventa così un ponte tra la conoscenza storica e le nuove tecnologie, offrendo un'opportunità per istruire l'IA nei complessi processi di analisi architettonica.

Questa dialettica tra patrimonio grafico tradizionale e tecniche avanzate non solo valorizza il patrimonio esistente, ma potenzia anche lo sviluppo di nuove applicazioni tecnologiche. La sfida consiste nell'individuare le azioni da intraprendere a partire dai dati grafici ereditati, al fine di sviluppare metodi più efficienti per la documentazione, l'analisi e la conservazione del patrimonio.

through differentiated layers. This facilitates the translation of this visual language into AI models, making archival drawings an operational matrix for new analytical tools.

Applied experiments: technical drawing and deep learning for heritage analysis

The theoretical hypotheses presented in this study have been explored through a series of experiments integrating vector-based technical drawings and Deep Learning models applied to the built heritage. These activities, previously introduced,¹⁰ are not the primary objective of this work, but are recalled here as an empirical reference to develop a theoretical and epistemological reflection on the value of architectural drawing in the context of AI.

Within this framework, the experiments were structured into two main operational streams, designed to test the transferability of the graphic language into a computational context. A three-dimensional approach was developed, based on semantic classification of point clouds using the Point Transformer¹¹ algorithm, and a two-dimensional approach, oriented toward segmentation and classification of orthoimages with DeepLabV2.¹² In both cases, the technical drawings produced by the students served as the basis for the automatic generation of annotated data, avoiding manual labeling (figs. 7, 8).

The experimental corpus of drawings used refers to three historic palaces in the center of Rome,¹³ documented through photogrammetric surveys and vector-based CAD drawings. For each building, orthoimages, Digital Surface Model (DSM) models, and high-density point clouds were used, with indicative sizes ranging from 27 to 42 million points.

The results presented in this study specifically refer to the nineteenth-century Palazzo Mazzetti in Piazza Rondanini, used as an example to illustrate the method's application potential. The choice of this palace stems from the controlled complexity of its surfaces, the variety of construction techniques present on the façade, and the availability of already structured graphic material produced within the framework of educational activities (fig. 9). For model processing, the data were divided into distinct sets for training, validation, and testing, favoring separation by individual

10/ Risultati generati dal modello predittivo applicato alla nuvola di punti del Palazzo Mazzetti. Classificazione automatica delle tecniche costruttive (elaborazione dell'autrice su dati di Trivi et al. 2024).

Results generated by the predictive model applied to the Palazzo Mazzetti point cloud. Automatic classification of construction techniques (author's elaboration based on data from Trivi et al. 2024).

11/ Risultati generati automaticamente dal modello predittivo applicato al Palazzo Mazzetti. Maschere

building in order to assess the method's generalization capability.

The construction of semantic annotations was based on organizing the vector drawings into thematic classes of materials and construction techniques. This information was then linked with the 2D and 3D data to guide the semantic attribution process. In this way, the drawings functioned as an informative framework for model training.

The results, evaluated using various metrics¹⁴, demonstrated high effectiveness in predicting materials and construction techniques for the analyzed Renaissance and Neo-Renaissance buildings.

In the 3D, the Point Transformer algorithm showed strong performance in the semantic classification of point clouds, even with relatively small datasets (fig. 10). This outcome confirms the role of the drawings as an informative structure capable of effectively guiding the machine learning process.

In the 2D experiments, the use of the DeepLabV2 algorithm enabled not only the classification of orthoimages but also the automatic generation of vector-based outputs organized by thematic classes (figs. 11, 12). These results suggest that existing vector drawings can replace the manual annotation of point clouds and orthoimages, significantly reducing operator time and effort while training AI algorithms to recognize user-defined classes (fig. 13). Consequently, it is reasonable to hypothesize that this procedure could be adapted for the creation of a larger training dataset, composed of an extensive collection of technical drawings, with potential applications across various architectural contexts.

Conclusions

The role of the architect is not to delegate responsibility to the algorithm, but rather to act as a mediator between language and code. The task of selecting, structuring, and validating the information to be transferred to the automated system falls on the architectural expert, who establishes the common graphic rules on which the algorithm can operate. Only through this selective action can blind reliance on the 'machine' be avoided. Technical drawings may reflect historically



etichettate per la classificazione automatica dell'ortoimmagine in base alle tecniche costruttive (elaborazione dell'autrice su dati di Trivi et al. 2024). *Results automatically generated by the predictive model applied to Palazzo Mazzetti. Labeled masks for the automatic classification of the orthoimage based on construction techniques (author's elaboration based on data from Trivi et al. 2024).*

12/ *Pagina precedente, in basso.* Risultati generati automaticamente dal modello predittivo applicato al Palazzo Mazzetti. Poligoni vettoriali classificati, creati tramite il riconoscimento dei contorni delle maschere predette (elaborazione dell'autrice su dati di Trivi et al. 2024). *Previous page, bottom. Results automatically generated by the predictive model applied to Palazzo Mazzetti. Classified vector polygons, created through the recognition of the predicted mask contours (author's elaboration based on data from Trivi et al. 2024).*

Ringraziamenti

Le riflessioni presentate in questo contributo costituiscono parte degli esiti della ricerca sviluppata nell'ambito della mia Tesi di Dottorato (Ciclo XXXVII), svolta presso il Dottorato di Ricerca in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura (curriculum Disegno). Si ringraziano i tre tutor, Emanuela Chiavoni, Carlo Bianchini e Marika Griffo per il costante supporto scientifico, il confronto critico e l'orientamento metodologico forniti nel corso della ricerca.

Un ringraziamento particolare va a Fabio Remondino, Gabriele Mazzacca e a tutto il gruppo di ricerca della Fondazione Bruno Kessler, il cui contributo nella fase sperimentale ha reso possibile lo sviluppo e la verifica delle ipotesi teoriche alla base di questo studio. Ringrazio inoltre il professor Alfonso Ippolito e gli studenti dei corsi di rilievo architettonico della Sapienza Università di Roma, i cui elaborati grafici, caratterizzati da elevata qualità e rigore metodologico, hanno costituito un riferimento fondamentale per la fase sperimentale e per le riflessioni sviluppate nel presente lavoro.

1. Magali Delgado Yanes ed Ernest Redondo Domínguez hanno affermato che il disegno è un linguaggio nel quale l'alfabeto grafico, anziché essere costituito da lettere, è composto da linee che descrivono le qualità formali di un oggetto seguendo una grammatica stabilita da direttive grafiche [Yanes, Domínguez 2022].

2. Si intende la capacità del disegno di generare, organizzare e trasmettere conoscenza disciplinare complessa, oltre la sua funzione puramente rappresentativa. Questa visione è discussa nella pubblicazione di Jan Bovelet, dove si sostiene che il disegno non è solo rappresentazione, ma una forma di indagine, mediatrice tra pensiero e materia [Bovelet 2010].

3. La prima definizione pratica di "gemello digitale" è stata introdotta da Michael Grieve nel 2016 (Florida Institute of Technology / NASA) con il precedente utilizzo di questo concetto per applicazioni industriali nel 2002. Questo concetto è stato utilizzato nel campo del patrimonio culturale come rappresentazione digitale di un bene organizzato secondo un'ontologia specifica. Si veda Gieves 2016; Niccolucci, Felicetti, Hermon 2022.

4. Nel contributo *Approccio gerarchico di machine learning per la segmentazione semantica di nuvole di punti 3D* [Grilli et al. 2020] la segmentazione viene definita come il raggruppamento di punti in sottoinsiemi (segmenti) caratterizzati dall'avere una o più proprietà in comune. Questi insiemi con proprietà uniche, misurabili e differenziali vengono definiti caratteristiche (*features*) che determinano ogni segmento omogeneo in una regione. La classificazione si riferisce, invece, alla definizione e all'assegnazione dei punti a classi specifiche (etichette) in base a criteri diversi.

5. I materiali grafici oggetto di analisi appartengono all'Archivio dei Disegni e Fototeca del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura - Sapienza Università di Roma; <https://dsdra.web.uniroma1.it/it/archivio-dei-disegni-e-fototeca>. In particolare si tratta dei fondi da ARDISCont 904 ad ARDISCont 918.

6. "Rilievo dell'Architettura" e "Scienza della Rappresentazione III" sono tenuti dal professor Alfonso Ippolito.

7. Le piazze oggetto dei rilievi effettuati dagli studenti nel centro storico della città di Roma sono: piazza Rondanini, piazza Capranica, piazza di Pietra, piazza della Rotonda e piazza della Minerva.

8. Clementina Barucci evidenzia come molti di questi edifici siano stati ispirati da diverse fonti [Barucci 2006], tra le quali: il manuale *Regola delli Cinque Ordini d'Architettura* di Jacopo Barozzi da Vignola [Vignola 1763], le *Lezioni di architettura civile* di Raffaello Stern [Stern 1822], e l'opera *Édifices de Rome Moderne* di Paul-Marie Letarouilly [Letarouilly 1840-1857] (fig. 2).

9. Milizia 1785; Pallottino 1990; Pallottino 1992.

10. Per una trattazione dettagliata delle *pipeline* implementate, delle configurazioni sperimentali e delle metriche quantitative, si rimanda alla pubblicazione tecnica dedicata: Trivi et al. 2024.

11. L'algoritmo *Point Transformer* è un modello di *Deep Learning* ampiamente utilizzato per l'elaborazione di nuvole di punti, grazie alla sua capacità di apprendere relazioni complesse tra i punti e di integrare informazioni geometriche e semantiche a partire da dati etichettati [Zhao et al. 2021].

12. *DeepLabV2* è un algoritmo di *Deep Learning* per la segmentazione semantica delle immagini, che consente di classificare automaticamente ogni pixel di immagini 2D ad alta risoluzione [Weber et al. 2021].

13. Il *corpus* dei dati sperimentali riguarda Palazzo Severoli, Palazzo Mazzetti e Palazzo Rondanini ed è stato prodotto dagli studenti dei corsi di "Scienza della Rappresentazione III" della Sapienza Università di Roma nell'anno accademico 2021-2022, mediante integrazione di rilievi laser scanner e fotogrammetrici (aprile-maggio 2023).

14. Per eseguire questa valutazione in modo oggettivo, sono state utilizzate le seguenti metriche: *Overall Accuracy* (OA) | *Mean Intersection over Union* (mIoU) | *Weighted Intersection over Union* (wIoU) [Trivi et al. 2024].

situated conventions, which change over time and vary across schools, authors, and cultural contexts. Consequently, an algorithm risks being trained on a specific, non-generalizable 'grammar,' highlighting the need to maintain critical awareness when designing datasets. Ultimately, architectural drawing, in its epistemological and communicative value, cannot be reduced to a simple input datum. Integration with AI should be seen as a collaboration between knowledge domains, where technology amplifies (but does not replace) human interpretative capacity. Architectural drawing should therefore be considered not only as a means of communication through which architecture is expressed, but also as an active resource useful for training algorithms aimed at developing new digital tools. In the current context, in which AI has begun to play a significant role in various fields, the topic addressed in this study is based on the hypothesis that the graphic language may constitute a valuable resource for optimizing machine learning processes in architecture. The potential of architectural drawing as training data for AI lies in its ability to synthesize and represent complex information that has already been discretized by a human. The effectiveness of the experiments undertaken opens new opportunities for the application of AI to the documentation and preservation of architectural heritage, with the potential to extend these methodologies to more complex and diversified datasets through the incorporation of new types of information. It is important to emphasize that the current effort within the architectural discipline is based on the attempt to identify the greatest common graphic denominators of the classes to be recognized. The correct functioning of the algorithm depends on training with appropriate data, using a graphic coding that allows the establishment of common rules expressing the classes to be identified. The real challenge is not limited to the use of digitized drawings, but lies primarily in adapting graphic representations so that they can be correctly interpreted by AI. The hypotheses considered, both those already verified and those to be explored in the

13/ Punti di forza e limitazioni di ogni metodo di etichettatura delle classi (elaborazione dell'autrice, 2024). *Strengths and limitations of each class-labeling method (author's elaboration, 2024).*



future, aim to address the challenges arising from the implementation of AI in the field of architectural heritage. The wide range of classification criteria, the uniqueness of monuments, and the lack of sufficient information make architectural heritage a complex system for the effective training of AI models and difficult to use for the extension of automated techniques. Architectural drawing, as a universal language, thus becomes a bridge between historical knowledge and new technologies, offering an opportunity to instruct AI in the complex processes of architectural analysis. This dialectic between traditional graphic heritage and advanced techniques not only enhances existing heritage but also fosters the development of new technological applications. The challenge lies in identifying the actions to be taken based on inherited graphic data, in order to develop more efficient methods for documentation, analysis, and conservation of heritage.

English text by the authors, revised by Jessica Talbot

Acknowledgments

The reflections presented in this contribution constitute part of the outcomes of the research carried out within my Doctoral Thesis (Cycle XXXVII), conducted at the PhD program in History, Representation, and Restoration of Architecture (Drawing curriculum). I would like to thank my three supervisors, Emanuela Chiavoni, Carlo Bianchini, and Marika Griffo, for their constant scientific support, critical discussion, and methodological guidance throughout the research.

A special thanks goes to Fabio Remondino, Gabriele Mazzacca, and the entire research team at the Bruno Kessler Foundation, whose contribution during the experimental phase made it possible to develop and verify the theoretical hypotheses underpinning this study. I also wish to thank Professor Alfonso Ippolito and the students of the architectural survey courses at Sapienza Rome University, whose graphic works, characterized by high quality and methodological rigor, provided a fundamental reference for the experimental phase and for the reflections developed in this work.

1. Magali Delgado Yanes and Ernest Redondo Domínguez have stated that drawing is a language in which the graphic alphabet, rather than being composed of letters, consists of lines that describe the formal qualities of an object according to a grammar established by graphic conventions [Yanes, Domínguez 2022].

2. It refers to the capacity of drawing to generate, organize, and transmit complex disciplinary knowledge, beyond its purely representational function. This perspective is discussed in the publication by Jan Bovelet, where it is argued that drawing is not merely representation, but a form of inquiry, mediating between thought and matter [Bovelet 2010].

3. The first practical definition of a 'digital twin' was introduced by Michael Grieves in 2016 (Florida Institute of Technology / NASA), following his earlier use of the concept for industrial applications in 2002. This concept has been applied in the field of cultural heritage as a digital representation of an asset organized according to a specific ontology. See Grieves 2016; Nicolucci, Felicetti, Hermon 2022.

4. In the contribution A hierarchical machine learning approach for point cloud segmentation [Grilli et al. 2020], segmentation is defined as the grouping of points into subsets (segments) characterized by sharing one or more common properties. These sets, defined by unique, measurable, and differentiating properties, are referred to as features, which determine each homogeneous segment within a region. Classification, on the other hand, refers to the definition and assignment of points to specific classes (labels) according to different criteria.

5. The graphic materials analyzed belong to the Drawing Archive and Photographic Collection of the Department of History, Representation and Restoration of Architecture at Sapienza Rome University; <<https://dsdra.web.uniroma1.it/it/archivio-dei-disegni-e-fototeca>>. Specifically, these are the collections from ARDISCont 904 to ARDISCont 918.

6. 'Architectural Survey' and 'Science of Representation III' are taught by Professor Alfonso Ippolito.

7. The squares surveyed by the students in the historic center of Rome are: Piazza Rondanini, Piazza Capranica, Piazza di Pietra, Piazza della Rotonda and Piazza della Minerva.

8. Clementina Barucci highlights that many of these buildings were inspired by various sources [Barucci 2006], including the manual *Regola delli Cinque Ordini d'Architettura* by Jacopo Barozzi da Vignola [Vignola 1763], *Lezioni di architettura civile* by Raffaello Stern [Stern 1822], and *Édifices de Rome Moderne* by Paul-Marie Letarouilly [Letarouilly 1840-1857] (fig. 2).

9. *Milizia 1785*; Pallottino 1990; Pallottino 1992.

10. For a detailed discussion of the implemented pipelines, experimental configurations, and quantitative metrics, refer to the dedicated technical publication: Trivi et al. 2024.

11. The Point Transformer algorithm is a Deep Learning model widely used for processing point clouds, due to its ability to learn complex relationships between points and to integrate geometric and semantic information from labeled data [Zhao et al. 2021].

12. DeepLabV2 is a Deep Learning algorithm for semantic image segmentation, enabling the automatic classification of every pixel in high-resolution 2D images [Weber et al. 2021].

13. The experimental data corpus concerns Palazzo Severoli, Palazzo Mazzetti, and Palazzo Rondanini, and was produced by students of the 'Science of Representation III' courses at Sapienza Rome University in the 2021-2022 academic year, through the integration of laser scanner and photogrammetric surveys (April-May 2023).

14. To perform this evaluation objectively, the following metrics were used: Overall Accuracy (OA), Mean Intersection over Union (mIoU), and Weighted Intersection over Union (wIoU) [Trivi et al. 2024].

References

- Barucci 2006 = Clementina Barucci. *Virginio Vespignani: architetto tra Stato Pontificio e Regno d'Italia*. Roma: Biblioteca blu, 2006.
- Betsas, Georgopoulos 2022 = Thodoris Betsas, Andreas Georgopoulos. Point-Cloud Segmentation for 3D Edge Detection and Vectorization. *Heritage*, 5(4), Articolo 4, 2022, pp. 4037-4060. <<https://doi.org/10.3390/heritage5040208>>.
- Betsas, Georgopoulos, Doulamis 2024 = Thodoris Betsas, Andreas Georgopoulos, Anastasios Doulamis. INCAD: 2D Vector Drawings Creation using Instance Segmentation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 48, 2024, pp. 65-72. <<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W4-2024-65-2024>>.
- Bovelet 2010 = Jan Bovelet. Drawing as epistemic practice in architectural design. *Footprint*, 2010, pp. 75-84. <<https://doi.org/10.7480/footprint.4.2.727>>.
- Docci, Chiavoni 2017 = Mario Docci, Emanuela Chiavoni. *Saper leggere l'architettura*. Roma-Bari: Gius. Laterza & Figli Spa, 2017, spec. p. 5.
- Dong, Hou, Zhou 2024 = Youqiang Dong, Miaole Hou, Caochenyu Zhou. MP-DGCNN for the semantic segmentation of Chinese ancient building point clouds. *Research Square*, 2024. <<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3957836/v1>>.
- Chiavoni, Docci, Filippa 2021 = Emanuela Chiavoni, Marina Docci, Monica Filippa. *Inventario Archivio Disegni*. Roma: Quasar, 2021. <https://dsdra.web.uniroma1.it/sites/default/files/allegati/Inventario_completo_sito_15-7-21_low.pdf>.
- Grieves 2016 = Michael Grieves. *Origins of the Digital Twin Concept*. Melbourne: Florida Institute of Technology, 2016, spec. pp. 3-20. <<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26367.61609>>.
- Grilli *et al.* 2020 = Eleonora Grilli, Simone Teruggi, Francesco Fassi, Fabio Remondino, Michele Russo. Approccio gerarchico di machine learning per la segmentazione semantica di nuvole di punti 3D. *Bollettino SIFET*, 3, 2020, pp. 38-46. <<https://www.sifet.org/bollettino/index.php/bollettinosifet/article/view/2160>>.
- Grilli, Poux, Remondino 2021 = Eleonora Grilli, Florent Poux, Fabio Remondino. Unsupervised object-based clustering in support of supervised point-based 3D point cloud classification. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2021, XLIII-B2, pp. 471-478. <<https://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-471-2021>>.
- LeCun, Bengio, Hinton 2015 = Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton. Deep Learning. *Nature*, 2015, 521(7553), pp. 436-444. <<https://doi.org/10.1038/nature1453>>.
- Letarouilly 1840-1857 = Paul Marie Letarouilly. *Édifices de Rome moderne ou recueil des palais, maisons, églises, couvents et autres monuments publics et particuliers les plus remarquables de la ville de Rome*. Paris: Bance, 1840-1857.
- Milizia 1785 = Francesco Milizia. *Principi di architettura civile*. Venezia: A spese Remondini, 1785.
- Monge 1798 = Gaspard Monge. *Géométrie descriptive. Leçons données aux écoles normales, l'an 3 de la République*. Paris: Baudouin, 1798.
- Niccolucci, Felicetti, Hermon 2022 = Franco Niccolucci, Achille Felicetti, Sorin Hermon. Populating the data space for cultural heritage with heritage digital twins. *Data*, 2022, 7(8), p. 105. <<https://doi.org/10.3390/data7080105>>.
- Pallottino 1990 = Elisabetta Pallottino. Il Neocinquecento Nei Rivestimenti Dell'architettura. Teoria, Pratica e Normativa Tra Settecento e Ottocento. *Ricerche di Storia dell'Arte*, 41-42, 1990, pp. 109-128.
- Pallottino 1992 = Elisabetta Pallottino. Il vero e il falso XVI secolo nei rivestimenti dei palazzi romani. Esempi di valutazione e nuove interpretazioni tra Sette e Ottocento. *Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Architettura*, 2, 1992, pp. 799-812.
- Samhouri, Al-Arabiati, Al-Atrash 2022 = Murad Samhouri, Lujain Al-Arabiati, Farah Al-Atrash. Prediction and measurement of damage to architectural heritages facades using convolutional neural networks. *Neural Computing and Applications* 34.20, 2022, pp. 18125-18141. <<https://doi.org/10.1007/s00521-022-07461-5>>.
- Stern 1822 = Raffaello Stern. *Lezioni di architettura civile del Cavalier Raffaello Stern*. A cura di A. Sarti. Vol. I. Roma: Tipografia Salviucci, 1822.
- Teruggi *et al.* 2020 = Simone Teruggi, Eleonora Grilli, Michele Russo, Francesco Fassi, Fabio Remondino. A hierarchical machine learning approach for multi-level and multi-resolution 3D point cloud classification. *Remote Sensing*, 2020, 12(16), p. 2598. <<https://doi.org/10.3390/rs12162598>>.
- Trivi *et al.* 2024 = Maria Belen Trivi, Gabriele Mazzacca, Marika Griffio, Salim Malek, Roberto Battisti, Fabio Remondino, Carlo Bianchini, Emanuela Chiavoni. An innovative approach for the semantic segmentation of surveyed building facades leveraging on architectural drawings. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-2-W4-2024, 2024, pp. 445-451. <<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W4-2024-445-2024>>.
- Vignola 1763 = Giacomo Barozzi da Vignola. *Regola delli cinque ordini d'architettura*, 1763.
- Weber *et al.* 2021 = Mark Weber, Huiyu Wang, Siyuan Qiao, Jun Xie, Maxwell D. Collins, Yukun Zhu, Liangzhe Yuan. DeepLab2: A TensorFlow Library for Deep Labeling. *arXiv preprint*, 2021. <<https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.09748>>.
- Wu, Yu, Li 2025 = Xiuhui Wu, Ying Yu, Ying Li. A damage detection network for ancient murals via multi-scale boundary and region feature fusion. *npj Heritage Science*, 2025, 13(1), p. 82. <<https://doi.org/10.1038/s40494-025-01546-9>>.
- Yanes, Domínguez 2022 = Magali Delgado Yanes, Ernest Redondo Domínguez. *Dibujo a mano alzada para arquitectos*. Badalona: Parramón Paidotribo, 2022.
- Zhao *et al.* 2021 = Hengshuang Zhao, Li Jiang, Jiaya Jia, Philip H. S. Torr, Vladlen Koltun. Point Transformer. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2021, pp. 16259-16268. <<https://doi.org/10.48550/arXiv.2012.09164>>.
- Zhao *et al.* 2024 = Jianghong Zhao, Haiquan Yu, Xin Wang, Jia Yang, Jifu Zhao, Ailin Xu. Semantic segmentation of point clouds of ancient buildings based on weak supervision. *Heritage Science*, 2024, 12(1), pp. 1-13. <<https://doi.org/10.1186/s40494-024-01353-8>>.

La rivista è inclusa nella Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics), dove è indicizzata nell'Arts & Humanities Citation Index e nel database di Scopus dove sono presenti gli abstract dei contributi.

La selezione degli articoli per *Disegnare. Idee Immagini* prevede la procedura di revisione e valutazione da parte di un comitato di referee (*blind peer review*); ogni contributo viene sottoposto all'attenzione di almeno due revisori, scelti in base alle loro specifiche competenze. I nomi dei revisori sono resi noti ogni anno nel numero di dicembre.

The journal has been selected for coverage in the Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics); it is indexed in the Arts & Humanities Citation Index and abstracted in the Scopus database.

The articles published in Disegnare. Idee Immagini are examined and assessed by a blind peer review; each article is examined by at least two referees, chosen according to their specific field of competence. The names of the referees are published every year in the December issue of the journal.

Per l'anno 2025 la procedura di lettura e valutazione è stata affidata ai seguenti referee: *The 2025 examination and assessment of the articles was carried out by the following referees:*

Marcello Balzani, Ferrara, Italia
 Maria Teresa Bartoli, Firenze, Italia
 Stefano Brusaporci, L'Aquila, Italia
 Marco Giorgio Bevilacqua, Pisa, Italia
 Enrica Bistagnino, Genova, Italia
 Cristina Cándito, Genova, Italia
 Marco Carpicci, Roma, Italia
 Pilar Chias, Alcalá, Spagna
 Maria Grazia Cianci, Roma, Italia
 Mario Centofanti, L'Aquila, Italia
 Tommaso Empler, Roma, Italia
 Filippo Fantini, Bologna, Italia
 Laura Farroni, Roma, Italia
 Fausta Fiorillo, Milano, Italia
 Arturo Gallozzi, Cassino, Italia
 Fabrizio Gay, Venezia, Italia
 Andrea Giordano, Padova, Italia
 Ruggero Lenci, Roma, Italia
 Daniele Mezzino, Roma, Italia
 Caterina Morganti, Roma, Italia
 Anna Osello, Torino, Italia
 Giulia Pettoello, Roma, Italia
 Michele Russo, Roma, Italia
 Alberto Sdegno, Udine, Italia
 Roberta Spallone, Torino, Italia
 Giorgio Testa, Roma, Italia
 Graziano Mario Valenti, Roma, Italia

Gli autori di questo numero

Authors published in this issue

Laura Baruzzi

Ministero della cultura, Villa Adriana e Villa d'Este
 piazza Trento, 5
 00019 Tivoli, Italia
 laura.baruzzi@cultura.gov.it

Davide Bertolini

Ministero della cultura, Villa Adriana e Villa d'Este
 piazza Trento, 5
 00019 Tivoli, Italia
 davide.bertolini@cultura.gov.it

Lorenzo Ceccotti

via Ostiense, 353
 00146 Roma, Italia
 www.lrnz.it
 lrnz@lrnz.it

Pablo Cendón-Segovia

Departamento de Urbanismo y Representación
 de la Arquitectura
 Universidad de Valladolid
 avenida Salamanca, 18
 47014, Valladolid, España
 pablo.cendon@uva.es

Luca Cipriani

Dipartimento di Architettura
 Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
 viale del Risorgimento, 2
 40136 Bologna, Italia
 luca.cipriani@unibo.it

Salvatore Damiano

Dipartimento di Architettura
 Università degli Studi di Palermo
 viale delle Scienze, edificio 14
 90128 Palermo, Italia
 salvatore.damiano01@unipa.it

Filippo Fantini

Dipartimento di Architettura
 Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
 viale del Risorgimento, 2
 40136 Bologna, Italia
 filippo.fantini2@unibo.it

Noelia Galván Desvaux

Departamento de Urbanismo y Representación
 de la Arquitectura
 Universidad de Valladolid
 avenida Salamanca, 18
 47014, Valladolid, España
 noelia.galvan@uva.es

Francesco Guidi

Dipartimento di Lettere e Filosofia
 Università degli Studi di Roma Tor Vergata
 via Columbia, 1
 00133 Roma, Italia
 francesco.guidi94@icloud.com

Tommaso Magnifico

via Napoleone III, 53
 00185 Roma, Italia
 magnificotommaso@alice.it

Alessandro Merlo

Dipartimento di Architettura
 Università degli Studi di Firenze
 via della Mattonaia, 8
 50122 Firenze, Italia
 alessandro.merlo@unifi.it

Álvaro Moral García

Departamento de Urbanismo y Representación
 de la Arquitectura
 Universidad de Valladolid
 avenida Salamanca, 18
 47014, Valladolid, España
 alvaro.moral@uva.es

Carmelo Occhipinti

Dipartimento di Scienze dei Beni Culturali,
 Musica e Spettacolo
 Università degli Studi di Roma Tor Vergata
 via Columbia, 1
 00133 Roma, Italia
 cchcm100@gmail.com

Sandro Parrinello

Dipartimento di Architettura
 Università degli Studi di Firenze
 via della Mattonaia, 8
 50121 Firenze, Italia
 sandro.parrinello@unifi.it

Giulia Porcheddu

Dipartimento di Architettura
 Università degli Studi di Firenze
 via della Mattonaia, 8
 50121 Firenze, Italia
 giulia.porcheddu@unifi.it

Antonio Schiavo

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
 dell'Architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 antonio.schiavo@uniroma1.it

Luca J. Senatore

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
 dell'Architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 luca.senatore@uniroma1.it

María Belén Trivi

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
 dell'Architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 mariabelen.trivi@uniroma1.it

Lorenzo Ceccotti
Sei modi in cui uso il disegno
Six ways I use drawing

Luca J. Senatore
Digitalizzazione, modellazione e analisi
della statuaria antica. Casi studio romani
*Digitalisation, modelling and analysis
of ancient statues. Roman case studies*

Alessandro Merlo
La riconfigurazione digitale
delle "Terre del Ghiberti". Due casi studio:
i castelli di Altomena e Ristonchi
*The digital reconfiguration
of 'The lands of Ghiberti'. Two case studies:
the castles of Altomena and Ristonchi*

Carmelo Occhipinti, Francesco Guidi, Laura Baruzzi,
Davide Bertolini, Luca Cipriani, Filippo Fantini
Strumenti e metodi di indagine
per la ricostruzione 3D di ambienti scomparsi:
l'appartamento e il "Quarto Camerino"
del cardinale Ippolito II a Villa d'Este
*Approaches and analytical methods
for the 3D reconstruction of lost interiors:
the apartment and the 'Quarto Camerino'
of cardinal Ippolito II at Villa d'Este*

Antonio Schiavo, Salvatore Damiano,
Tommaso Magnifico
Valori del chiaroscuro nell'immagine architettonica.
Luigi Moretti e la palazzina Astrea
*Values of chiaroscuro in the architectural image.
Luigi Moretti and the palazzina Astrea*

Pablo Cendón-Segovia, Noelia Galván Desvaux,
Alvaro Moral García
Richard Neutra. Il viaggio in estremo Oriente
Richard Neutra. The journey to the Far East

Sandro Parrinello, Giulia Porcheddu
Ricompone il mosaico della memoria.
Strategie di rappresentazione per il Cimitero
degli Inglesi a Firenze
*Reassembling the mosaic of memory. Representation
strategies for the English Cemetery in Florence*

María Belén Trivi
Dal tratto al codice: il disegno architettonico
come dato per l'Intelligenza Artificiale
*From Line to Code: Architectural Drawing
as Data for Artificial Intelligence*



WORLDWIDE DISTRIBUTION
AND DIGITAL VERSION
EBOOK
AMAZON, APPLE, ANDROID
WWW.GANGEMEDITORE.IT

