

POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Hidden logic of complexity. Graphical interfaces and algorithms for the building system - Logiche nascoste della complessità. Interfacce grafiche e algoritmi per il sistema edificio

Original

Hidden logic of complexity. Graphical interfaces and algorithms for the building system - Logiche nascoste della complessità. Interfacce grafiche e algoritmi per il sistema edificio / Osello, A.; Zucco, M.; Iacono, E.; Del Giudice, M.. - In: AGATHÓN. - ISSN 2532-683X. - 16:(2024), pp. 202-211. [10.19229/2464-9309/16172024]

Availability:

This version is available at: 11583/2996851 since: 2025-01-23T09:36:35Z

Publisher:

LetteraVentidue edizioni

Published

DOI:10.19229/2464-9309/16172024

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

CONTENT

CESARE SPOSITO, FRANCESCA SCALISI (EDITORIAL)	<i>Affrontare la Complessità – Conoscenza, progetto e gestione dell'ambiente costruito</i> Dealing with Complexity – Knowledge, design, and management of the built environment	2
MANUEL GAUSA	<i>Complessità, n-città e sistemi dinamici multilivello – Verso una (geo)urbanità in rete e in reti</i> Complexity, n-city, and multilevel Dynamic systems – Towards a networked (geo)urbanity and networks	16
FEDERICO M. BUTERA	<i>La Città Ideale</i> The Ideal City	30
CONSUELO NAVA, ALESSANDRO MELIS	<i>IA generativa e complessità – Verso un nuovo paradigma nel design digitale rigenerativo</i> Generative IA and complexity – Towards a new paradigm in regenerative digital design	40
ANDREA GIACHETTA, LINDA BUONDONNO	<i>La formazione dell'Architetto in realtà complesse – Un nuovo approccio sul piano cognitivo</i> Architect training in multifaceted environments – A new cognitive level approach	50
MARCELLO CORRADI, TIMO STEVENS, INA MACAIONE ALESSANDRO RAFFA, BIANCA ANDALORO	<i>Rigenerazione climatica green degli streetscapes – L'esperienza di De Urbanisten ad Anversa</i> Green climate-adaptive streetscapes regeneration – The De Urbanisten Experience in Antwerp	60
TOMMASO BERRETTA, FEDERICO DESIDERI MATTEO STALTARI	<i>Il progetto dello spazio pubblico, tra complessità e crisi ecologica – Da sfida a opportunità per la rigenerazione urbana</i> Public space project, between complexity and ecological crisis – From challenge to opportunity for urban regeneration	74
NICOLA V. CANESSA, CHIARA CENTANARO	<i>Co(mplex)city – Utente come sensore urbano e mobilità accessibile nel progetto Mobiquity</i> Co(mplex)city – User as urban sensor and accessible mobility in the Mobiquity project	88
MARIA ROSARIO CHAZA CHIMENO ROSARIA REVELLINI, CRISTIANA CELLUCCI	<i>Invecchiamento della popolazione e spazi urbani – Nuove sfide digitali per il benessere degli anziani</i> Ageing population and urban spaces – New digital challenges for elderly well-being	98
JONATHAN OCHSHORN	<i>Analisi della complessità e delle contraddizioni in Architettura</i> Critiquing complexity and contradiction in Architecture	108
CRISTIAN DALLERE, MATTEO TEMPESTINI	<i>Il Centro di Formazione a Salez – Progettare la sostenibilità con interazioni semplici tra utenti e architettura</i> An Educational Centre in Salez – Designing sustainability through simple interactions between users and architecture	118
ALESSANDRA BIASI, VERONICA RIAVIS ISABELLA ZAMBONI, ALBERTO CERVESATO	<i>Patrimonio architettonico urbano e cambiamento climatico – Un'occasione per affrontarne la complessità</i> Urban architectural heritage and climate change – An opportunity to address its complexity	130
ROBERTA FONTI	<i>Patrimonio per un futuro sostenibile – Il principio teorico della reversibilità e i suoi riflessi in architettura</i> Heritage for a sustainable future – The theoretical principle of reversibility and its reflections on architecture	144
MARCUS CARTER, FEDERICO IANIRI CARMELA MARIANO	<i>Tattiche di resilienza per ambiti urbani costieri – La Marina di Latina e il Porto di New York</i> Resilience tactics for coastal urban areas – The Marina di Latina and the New York Harbour	156
GIUSEPPE LOSCO, CHIARA PASQUALINI MOHAMMADJAVAD KHODAPARAST	<i>Rivitalizzare le comunità rurali – Autosufficienza energetica e valorizzazione delle risorse boschive locali</i> Revitalising rural communities – Energy self-sufficiency and valorisation of local forest resources	174
MATTEO GIOVANARDI, CLAUDIO CASTELLAN, MARCELLO LA ROSA ALEKSANDAR PAVLOVIC, ALESSANDRO PRACUCCI	<i>Progettare BIPV – Strategie per gestire la complessità del fotovoltaico integrato in facciata</i> Designing BIPV – Strategies for managing complexity in the integration of photovoltaics in facades	186
AILEEN IVERSON-RADTKE, OTTO PAANS	<i>Computazione incorporata e spazio-materialità – Esplorare la complessità con la cyber-modellazione</i> Embodied computation and spatiomateriality – Exploring complexity through cybermodelling	194
ANNA OSELLO, MICHELE ZUCCO EMMANUELE IACONO, MATTEO DEL GIUDICE	<i>Logiche nascoste della complessità – Interfacce grafiche e algoritmi per il sistema edificio</i> Hidden logic of complexity – Graphical interfaces and algorithms for the building system	202
ANNA OSELLO, FRANCESCA MARIA UGLIOTTI NICOLA RIMELLA, FRANCESCO LODDO	<i>Modelli digitali e linguaggio naturale – Nuove prospettive per interpretare la complessità</i> Digital models and natural language – New perspectives for interpreting complexity	212
TERESA VILLANI, GIANMAURO ROMAGNA ANGELO ODDI	<i>Ottimizzare la fruibilità nei musei – Gestione integrata di dati sui modi d'uso dello spazio e dei contenuti culturali</i> Optimising usability in museums – Integrated management of data on the use of space and cultural content	220
CLAUDIA PORFIRIONE, XAVIER FERRARI TUMAY ISABEL LEGGIERO	<i>Conoscenza, innovazione e cambiamento – Il potere dell'errore nel design e nei sistemi complessi</i> Knowledge, innovation, and change – The power of error in design and complex systems	232
NICCOLÒ CASIDDU, FRANCESCO BURLANDO BOYU CHEN	<i>Human-de-centred Design – Verso una (nuova) era della sofferenza</i> Human-de-centred Design – Towards a (new) era of suffering	242
CARLA LANGELLA, DARIO RUSSO FRANCESCA SCALISI	<i>Design e Gastrofisica – Innovazione e sostenibilità dei sistemi alimentari multisensoriali</i> Design and Gastrophysics – Innovation and sustainability of multisensory food systems	250
ANTONELLA ROSMINO	<i>Corpi, menti e design – Un approccio integrato per l'innovazione museale</i> Bodies, minds, and design – An integrated approach to museum innovation	278
FEDERICA DAL FALCO, OMAHYMAH AL AZHARI	<i>Complessità e significati del mashrabiya nelle arti islamiche tra tradizione e innovazione digitale</i> Complexity and meanings of the mashrabiya in the Islamic arts between tradition and digital innovation	290
STEFANO MAFFEI, PATRIZIA BOLZAN MASSIMO BIANCHINI, FRANCESCA ZECCARA ET ALII	<i>Svelare la complessità della transizione circolare per il settore del mobile imbottito</i> Unveiling the complexity of circular transition for the upholstered furniture sector	304
EUGENIA MORPURGO	<i>Biomateriali e zone umide – Filieri per l'edilizia e il tessile dalla valorizzazione di ecosistemi locali</i> Biomaterials and wetlands – Supply chains for construction and textiles through the enhancement of local ecosystems	314
LUCA CASAROTTO, MONICA ODDONE	<i>Identità territoriale scalabile – Progettare la comunicazione della complessità</i> Scalable territorial identity – Designing the communication of complexity	324
FLAVIANO CELASCHI, GIORGIO CASONI ELENA FORMIA	<i>La mediazione del Design – L'integrazione tra agenti artificiali autonomi, produzione manifatturiera e servizi</i> The mediation of Design – The integration between autonomous artificial agents, manufacturing production, and services	334
JACOPO MASCITTI, DAVIDE PACIOTTI	<i>Verbal Design Modelling – Complessità, IA e innovazione di prodotto</i> Verbal Design Modelling – Complexity, AI and product innovation	344

16

International Journal of Architecture Art and Design

16 | 2024

AFFRONTARE LA COMPLESSITÀ | DEALING WITH COMPLEXITY

AGATHÓN

AFFRONTARE LA COMPLESSITÀ
CONOSCENZA, PROGETTO E GESTIONE
DELL'AMBIENTE COSTRUITO

DEALING WITH COMPLEXITY
KNOWLEDGE, DESIGN, AND MANAGEMENT
OF THE BUILT ENVIRONMENT

ISSN print 2464-9309

ISSN online
2532-683X



9 772464 930001

70006

16
2024

AGATHÓN
International Journal
of Architecture, Art and Design

ISSN print: 2464-9309 – ISSN online: 2532-683X

AGATHÓN is indexed on



Scientific Directors

GIUSEPPE DE GIOVANNI, CESARE SPOSITO (University of Palermo, Italy)

Managing Director

MICAELA MARIA SPOSITO

International Scientific Committee

ALFONSO ACOCELLA (University of Ferrara, Italy), JOSE BALLESTEROS (Polytechnic University of Madrid, Spain), SALVATORE BARBA (University of Salerno, Italy), CRISTINA BIANCHETTI (Polytechnic University of Torino, Italy), FRANÇOISE BLANC (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, France), ROBERTO BOLOGNA (University of Firenze, Italy), TAREK BRIK (University of Tunis, Tunisia), TOR BROSTRÖM (Uppsala University, Sweden), JOSEP BURCH I RIUS (University of Girona, Spain), MAURIZIO CARTA (University of Palermo, Italy), ALICIA CASTILLO MENA (Complutense University of Madrid, Spain), PILAR CHIAS NAVARRO (Universidad de Alcalá, Spain), JORGE CRUZ PINTO (University of Lisbon, Portugal), MARIA ANTONIETTA ESPOSITO (University of Firenze, Italy), EMILIO FAROLDI (Polytechnic University of Milano, Italy), FRANCESCA FATTA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), FRANCISCO JAVIER GALLEGRO ROCA (University of Granada, Spain), MARIA LUISA GERMANÀ (University of Palermo, Italy), VICENTE GUALLART (IAAC – Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Spain), JAVIER GARCÍA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO (Polytechnic University of Madrid, Spain), FAKHER KHARRAT (Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Tunisia), MOTOMI KAWAKAMI (Tama Art University, Japan), WALTER KLASZ (University of Art and Design Linz, Austria), PAOLO LA GRECA (University of Catania, Italy), INHEE LEE (Pusan National University, South Korea), MARIO LOSASSO ('Federico II' University of Napoli, Italy), MARIA TERESA LUCARELLI ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), CRISTIANA MAZZONI (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville, France), RENATO TEOFILO GIUSEPPE MORGANTI (University of L'Aquila, Italy), STEFANO FRANCESCO MUSSO (University of Genova, Italy), OLIMPIA NIGLIO (University of Pavia, Italy), MARCO ROSARIO NOBILE (University of Palermo, Italy), PATRIZIA RANZO ('Luigi Vanvitelli' University of Napoli, Italy), LAURA RICCI ('Sapienza' University of Roma, Italy), ANDREA ROLANDO (Polytechnic University of Milano, Italy), DOMINIQUE ROUILLARD (National School of Architecture Paris Malaquais, France), ROBERTO PIETROFORTE (Worcester Polytechnic Institute, USA), CARMINE PISCOPO ('Federico II' University of Napoli, Italy), LUIGI SANSONE (Art Reviewer, Milano, Italy), ANDREA SCIASCIA (University of Palermo, Italy), FEDERICO SORIANO PELAEZ (Polytechnic University of Madrid, Spain), BENEDETTA SPADOLINI (University of Genova, Italy), CONRAD THAKE (University of Malta), FRANCESCO TOMASELLI (University of Palermo, Italy), MARIA CHIARA TORRICELLI (University of Firenze, Italy), FABRIZIO TUCCI ('Sapienza' University of Roma, Italy)

Editor-in-Chief

FRANCESCA SCALISI (University of Palermo, Italy)

Editorial Board

TIZIANO AGLIERI RINELLA (IUAV, Italy), SILVIA BARBERO (Polytechnic University of Torino, Italy), CARMELINA BEVILACQUA ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARIO BISSON (Polytechnic University of Milano, Italy), LUCA BULLARO (Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia), TIZIANA CAMPISI (University of Palermo, Italy), NICOLA VALENTINO CANESSA (University of Genova, Italy), CHIARA CATALANO (National Centre of Research – IRET, Italy), CLICE DE TOLEDO SANJAR MAZZILLI (University of São Paulo, Brazil), GIUSEPPE DI BENEDETTO (University of Palermo, Italy), SANTINA DI SALVO (University of Palermo, Italy), ANA ESTEBAN-MALUENDA (Polytechnic University of Madrid, Spain), RAFFAELLA FAGNONI (IUAV, Italy), ANTONELLA FALZETTI ('Tor Vergata' University of Roma, Italy), ELISA MARIAROSARIA FARELLA (Bruno Kessler Foundation, Italy), RUBÉN GARCÍA RUBIO (Tulane University, USA), MANUEL GAUSA (University of Genova, Italy), TOUFIC HAIDAMOUS (American University in the Emirates, UAE), PILAR CRISTINA IZQUIERDO GRACIA (Polytechnic University of Madrid, Spain), DANIEL IBAÑEZ (IAAC – Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Spain), PEDRO ANTÓNIO JANEIRO (University of Lisbon, Portugal), MASSIMO LAURIA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), INA MACAIONE (University of Basilicata, Italy), FRANCESCO MAGGIO (University of Palermo, Italy), FERNANDO MORAL-ANDRÉS (Universidad Nebrija in Madrid, Spain), NURIA NEBOT GÓMEZ DE SALAZAR (University of Malaga, Spain), DAVID NESS (University of South Australia, Australia), ELODIE NOURRIGAT (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, France), ELISABETTA PALUMBO (University of Bergamo, Italy), FRIDA PASHAKO (Municipality of Tirana, Albania), JULIO CESAR PEREZ HERNANDEZ (University of Notre Dame du Lac, USA), PIER PAOLO PERRUCCIO (Polytechnic University of Torino, Italy), ROSA ROMANO (University of Firenze, Italy), DANIELE RONSIVALLE (University of Palermo, Italy), MONICA ROSSI-SCHWARZENBECK (Leipzig University of Applied Sciences, Germany), DARIO RUSSO (University of Palermo, Italy), MICHELE RUSSO ('Sapienza' University of Roma, Italy), JÖRG SCHRÖDER (Leibniz University Hannover, Germany), MARICHELIA SEPE ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARCO SOSA (Zayed University, UAE), ZEILA TESORIERE (University of Palermo, Italy), ANTONELLA TROMBADORE (World Renewable Energy Network, UK), ALESSANDRO VALENTI (University of Genova, Italy), GASPARE MASSIMO VENTIMIGLIA (University of Palermo, Italy), ANTONELLA VIOLANO ('Luigi Vanvitelli' University of Campania, Italy), ALESSANDRA ZANELLI (Polytechnic University of Milano, Italy)

Assistant Editors

MARIA AZZALIN ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), GIORGIA TUCCI (University of Genova, Italy)

Graphic Designer

MICHELE BOSCARINO

Web Editor

PIETRO ARTALE

Il Journal è stampato con il contributo degli Autori che mantengono i diritti sull'opera originale senza restrizioni.
The Journal is published with fund of the Authors whom retain all rights to the original work without any restrictions.

AGATHÓN adotta il sistema di revisione del double-blind peer review. I saggi nella sezione 'Focus' non sono soggetti al suddetto processo di revisione in quanto a firma di Autori invitati dalla Direzione nella qualità di esperti sul tema.

The AGATHÓN Journal adopts a double-blind peer review. The essays on 'Focus' section are not subjected to double-blind peer review process because the Authors are invited by the Directorate as renowned experts in the subject.

AGATHÓN | International Journal of Architecture Art and Design

Issues for year: 2 | ISSN print: 2464-9309 | ISSN online: 2532-683X

Registrazione n. 12/2017 del 13/07/2017 presso la Cancelleria del Tribunale di Palermo

Registration number 12/2017 dated 13/07/2017, registered at the Palermo Court Registry

Editorial Office

Via Filippo Cordova n. 103 | 90143 Palermo (ITA) | E-mail: redazione@agathon.it

AGATHÓN è stata inclusa nella lista ANVUR delle riviste di classe A per l'area 08 e i settori 08C1, 08D1, 08E1 e 08E2 a partire dal volume 1 del 2017 ed è indicizzata in SCOPUS dal 2023.

AGATHÓN has been included in the Italian ANVUR list of Class A Journals for area 08 and sectors 08C1, 08D1, 08E1, and 08E2 starting from volume no. 1, June 2017, and is indexed in SCOPUS since 2023.

Publisher

LetteraVentidue S.r.l.
Via Luigi Spagna, 50P | 96100 Siracusa (IT)
P.IVA 01583340896
E-mail: info@letteraventidue.com

Il vol. 16 è stato stampato nel Dicembre 2024 da

Issue 16 was printed in December 2024 by

The Factory S.r.l.

via Triburtina n. 912 | 00156 Roma (IT)

AGATHÓN è un marchio di proprietà di Cesare Sposito

AGATHÓN is a trademark owned by Cesare Sposito

Editoriale | Editorial**Cesare Spósito***Co-Scientific Director**Associate Professor of Architectural Technology
University of Palermo***Arch. Ph.D. Francesca Scalisi***Editor-in-Chief**Assistant Professor of Design
University of Palermo***Affrontare la Complessità – Conoscenza, progetto e gestione dell'ambiente costruito**
Dealing with Complexity – Knowledge, design, and management of the built environment

Il volume 16 di AGATHÓN tratta il tema 'Affrontare la Complessità | Conoscenza, Progetto e Gestione dell'Ambiente Costruito'. La 'complessità' (dal verbo latino 'plectere' = intrecciare, 'cum' = insieme) è una condizione nella quale sono presenti tanti elementi interconnessi a formare un'unità. Diverse sono le definizioni in ambito scientifico: Melanie Mitchell (2021) nel volume *Complexity – A Guide* Tour spiega la complessità sostenendo che quando si deve definire un qualcosa che non si conosce la si definisce come qualcosa di ignoto e di cui non si ha il controllo; George E. Mobus e Michael C. Kalton (2015), in *Principles of System Science*, definiscono i sistemi complessi come sistemi non lineari, quindi reticolari, fatti di parti, di nodi, di linee e di interazioni che li connettono secondo logiche non sempre note e talvolta con alcune relazioni privilegiate rispetto ad altre; Ceruti e Bardi (2021) sostengono che la complessità – al pari di ciò che è complesso – non è semplificabile, che una delle caratteristiche dei sistemi complessi è legata al fatto di non essere interamente prevedibili e infine che la loro governance e controllo sono importanti perché se non si comprendono i sistemi complessi è impossibile gestirli. Il volume di Federico Butera (2023) *Affrontare la Complessità* restituisce, con una visione ampia e con dati esaustivi, la particolare condizione in cui versa il nostro Pianeta: sebbene abbia un carattere prevalentemente divulgativo, il volume si fonda sui risultati di ricerche scientifiche condotte da Organizzazioni internazionali e studiosi con l'obiettivo di restituire «[...] una realtà profondamente complessa [...] in cui i fenomeni climatici e ambientali incidono su quelli umani e sociali, e viceversa» (Fiaramonti, 2021, p. 9) e far emergere come la biosfera sia governata da un sistema di relazioni e interconnessioni multidimensionali, rispetto alle quali modifiche anche piccole in uno specifico contesto determinano reazioni a catena in ambiti differenti, influenzando tanto la natura quanto l'essere umano a scala globale.

Se in passato l'uomo è stato uno dei tanti fattori che ha modificato l'ecosistema oggi l'attività antropica è considerata una delle principali cause del cambiamento climatico e dell'innalzamento delle temperature terrestri e marine, a tal punto che l'era in cui viviamo è stata denominata Antropocene (Crutzen and Stoermer, 2000): a partire dalla seconda metà del XVIII secolo le attività dell'uomo e il progresso (scientifico e tecnologico) hanno prodotto effetti tangibili ed esponenzialmente accelerati sulla biosfera, da un lato rendendo precario l'equilibrio del suo ecosistema, dall'altro incidendo su sicurezza, salute, benessere nonché sulla disponibilità di beni e mezzi di sussistenza dei suoi abitanti (Meadows et alii, 1972; Aprea, D'Ambrosio and Di Martino, 2019). La complessità della condizione in cui versa il Pianeta è evidente: il cambiamento climatico, secondo Amitav Ghosh (2017), non è un pericolo in sé, ma rappresenta un 'moltiplicatore di minacce' che stressa e amplifica l'instabilità e l'insicurezza già presenti in alcune aree del mondo, ancor di più perché molti Paesi industrializzati hanno già superato notevolmente la relativa 'biocapacità' (Beyers and Wackernagel, 2019), diventando di fatto 'debitori ecologici' (Swiader et alii, 2020). Anche Thomas L. Friedman (2016) rileva quanto sia complessa e in continua ed esponenziale evoluzione la condizione nella quale ci troviamo: il Pianeta che popoliamo nel 2030 sarà molto diverso da quello che conosciamo perché soggetto alle tre 'forze' della Legge di Moore con la 'tecnologia', del Mercato con la 'globalizzazione' e di Madre Natura con il 'cambiamento climatico e la perdita di biodiversità' che pressano tutte contemporaneamente sulla biosfera.

In quest'ottica il 'complesso' va riportato al suo significato etimologico di 'tessuto' o 'tenuto insieme', connettendo i saperi nel circolo virtuoso di una conoscenza che si articola in una visione sistemica del mondo reale fondata sul principio di 'coevoluzione' dei sistemi sociali e dei sistemi ecologici (di cultura e natura) e sulla consapevolezza che essa determina, da un lato l'intreccio di molteplici catene causali (ad esempio, la crisi da pandemia oltre che sanitaria è diventata anche crisi biologica, ecologica, economica, sociale, culturale e spirituale) con effetti interdipendenti, dall'altro effetti che retroagiscono anche sulle cause perché la causalità è circolare (Bateson, 1979); secondo Ceruti e Bardi (2021) purtroppo questa visione stenta a tradursi nell'operatività del quotidiano e nel guidare sia l'osservazione del mondo sia il progetto, che è espressione del nostro essere nel mondo.

Le modalità di vita, indipendentemente dal luogo, hanno un impatto sulla biosfera e determinano reazioni a catena in ambiti differenti che influenzano tanto la natura quanto l'essere umano a scala globale: cambiamento climatico, rischi per la salute, perdita della biodiversità, uso indiscriminato delle risorse non rinnovabili, ineguaglianze e accessibilità concorrono a una condizione di 'policrisi' (Morin, 2020) che amplifica lo stato di incertezza sul nostro futuro e la vulnerabilità dell'intero ecosistema, soprattutto perché le azioni progettuali messe in campo non affrontano la cogente questione ambientale in chiave sistemica e olistica.

E allora, come trasformare la complessità da sfida a opportunità? Come affrontare le complesse questioni che riguardano la conoscenza, il progetto e la gestione del costruito rispetto agli ormai imprescindibili pragmatici indicatori di sostenibilità ambientale, sociale ed economica? Quali le strategie, le misure, le azioni e gli strumenti che le aree disciplinari dell'Architettura possono mettere in campo in una visione olistica e con approccio sistemico per rispettare i termini dell'Accordo di Parigi (UN, 2015a)? Come individuare quelle con il miglior rapporto costo / benefici e capaci di produrre sinergie per il raggiungimento del maggior numero possibile degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) promossi dalla Nazioni Unite (UN, 2015b)? Come ripensare i sistemi economici estrattivi (basati sulla produzione) e indirizzarli verso quelli rigenerativi (basati sulla valorizzazione dell'esistente e sui servizi)? Come mettere in pratica nuovi approcci progettuali sistemici capaci di affrontare la complessità del presente dalle radici, sviluppando soluzioni attraverso le quali intere società possano intenzionalmente passare a un futuro a lungo termine più sostenibile, equo e desiderabile – anche attraverso visioni co-create – per informare le soluzioni del presente e aprire la strada verso un futuro auspicabile (Tonkinwi-

se, 2015)? Come mettere a sistema conoscenze e saperi per meglio cogliere le questioni multidimensionali, fondamentali e globali dell'epoca attuale nella loro irriducibile complessità?

Ad alcune di queste domande rispondono i contributi pubblicati nel volume 16 di AGATHÓN suggerendo approcci, strategie, metodologie, misure e azioni finalizzate a superare e risolvere la complessità della conoscenza, del progetto e della gestione dell'ambiente costruito coinvolgendo tutte le sue scale anche in un'ottica multiscale. Di primaria importanza appare il tema della sostenibilità dei sistemi alimentari, centrale nell'Agenda 2030, la cui complessità lo rende sempre più cruciale per l'umanità soprattutto per le sfide che pone rispetto al raggiungimento di tutti i 17 SDG: essi infatti hanno il potere di condizionare la povertà, la salute, l'uguaglianza di genere, la cultura e l'istruzione, la produzione e il consumo responsabile, la gestione delle risorse naturali della superficie terrestre e marina e la lotta contro il cambiamento climatico. La portata degli effetti che ciascuna azione sui sistemi alimentari produce nelle diverse fasi di produzione, consumo e post-consumo del cibo può essere affrontata solo attraverso un approccio sistemico, olistico, transdisciplinare, scalare, consapevole, orientato al futuro e proattivo, capace di generare sinergie positive, dirette e indirette, con le diverse aree dello sviluppo globale (Follesa et alii, 2024; Basso et alii, 2023). In tale ottica il contributo di Langella, Russo e Scalisi (2024) ha il fine di 'alimentare' il dibattito scientifico sulla centralità dei sistemi alimentari per il raggiungimento degli SDG, illustrando approcci, metodi e strumenti propri della disciplina del Design e, attraverso numerosi casi di studio, le possibili sinergie tra la Gastrofisica e il Design della Comunicazione, il Service Design, l'Innovazione Tecnologica e il Design Medicale nell'abbattere le numerose barriere di tipo culturale, psicologico, sociale, educativo, tecnico, economico e normativo-regolatorio; individua infine possibili azioni e campi di ricerca per la sostenibilità dei sistemi alimentari in relazione a fattori abilitanti e ad acceleratori di cambiamento che hanno un carattere tanto globale quanto locale. Le sfide globali dell'Antropocene sono molto impegnative e, nonostante da diversi anni si assista allo sviluppo di approcci che mirano a superare il modello Human-centred in favore di altri definiti come Post Human (Braidotti and Hlavajova, 2018) e More-than-human (Haraway, 2019; Davidová, Barath and Dickinson, 2023) le numerose azioni messe in campo non riescono a fornire risposte adeguate alle difficoltà dell'ecosistema e a garantire il raggiungimento degli obiettivi di salvaguardia del Pianeta. È da chiedersi allora se l'obiettivo non sia tanto dare pari dignità ai Non-human Agency quanto decentrare completamente la figura umana dalle logiche progettuali favorendo una profonda trasformazione socio-culturale che promuova quella consapevolezza etica diffusa necessaria per agevolare l'ingresso della società in un 'era della sofferenza' come superamento della 'rapidación': la complessità di tale transizione non potrà essere demandata al solo ambito del progetto, ma dovrà coinvolgere attivamente sia le Istituzioni e i professionisti sia le discipline del progetto in quanto facilitatori di una trasformazione che costruirà un futuro fondato sui valori di prosperità condivisa e biodiversità (Casiddu, Burlando and Chen, 2024).

Parallelamente il volume accoglie due contributi fondati sulla consapevolezza da un lato che la complessità è un tema centrale nella comprensione dei sistemi contemporanei poiché l'interconnessione di molteplici elementi determina strutture che sfidano la linearità e la prevedibilità, dall'altro che il progetto è un atto concettuale che implica una complessa attività per controllare con coscienza i possibili processi di trasformazione dell'ambiente costruito attraverso i mezzi culturali, tecnici ed economici disponibili: in un'epoca caratterizzata da rapidi cambiamenti il progetto si trova ad affrontare sfide che richiedono un approccio innovativo che non può più essere improntato alle logiche del passato. In tale ottica il primo articolo esplora il rapporto tra errore, progetto e sistemi complessi, evidenziando come l'interazione dinamica tra questi elementi sia cruciale per affrontare le sfide del progetto contemporaneo: attraverso un approccio flessibile e aperto l'errore può assumere la valenza di risorsa strategica nella formazione e nella pratica professionale e può divenire centrale in una metodologia operativa che ne sistematizza la gestione, favorisce l'emergere di soluzioni innovative e adattive, migliora i processi di progettazione e stimola una crescita continua nel settore (Porfirione, Ferrari Tuma and Leggiero, 2024). Il secondo saggio argomenta, con il supporto di sperimentazioni condotte presso l'Università di Genova, la necessità di un allargamento sul piano cognitivo dei processi formativi dei futuri architetti focalizzati sull'uso delle immagini mentali: un tale approccio, con il quale è possibile 'imparare a disegnare quel che si immagina piuttosto che a immaginare cosa disegnare', può abilitare modalità più appropriate e flessibili di prefigurazione degli spazi, tanto per aspetti percettivi che per quelli materico-costruttivi, ma può anche diventare valido strumento per meglio affrontare la transizione digitale, tra le più pervasive della complessità contemporanea (Giachetta and Buondonno, 2024). Su complessità e contraddizione in Architettura il volume accoglie il saggio critico del Prof. Jonathan Ochshorn (2024) il quale, attraverso l'analisi dell'opera più importante di Robert Venturi (1966) e delle opere di altri sostenitori di una complessità guidata dal 'calcolo', mette in discussione, con rilevanti implicazioni teoriche e pratiche, l'idea che le geometrie complesse degli edifici riflettano la complessità della vita contemporanea la quale invece rappresenta un costruito ideologico funzionale alla legittimazione di forme espressive appariscenti e spesso disfunzionali, tipiche della produzione d'avanguardia.

Ambiente e società sono entrambi sistemi complessi con strette interconnessioni che agiscono sui nove limiti planetari, sei dei quali sono stati già superati (Richardson et alii, 2023) mettendo a rischio la stabilità dell'intero ecosistema: con la perdita di biodiversità i sistemi biofisici diventano meno resilienti alimentando la vulnerabilità dei sistemi socioeconomici e l'incertezza per il futuro del Pianeta (Bologna and Hasanaj, 2023). La principale causa che determina tale condizione è rappresentata dai centri urbani e dal loro metabolismo, i cui impatti ambientali e sociali impongono un cambio di paradigma che consenta il rientro nello 'spazio operativo sicuro' dentro i limiti planetari abbandonando i modelli di pia-

nificazione, edificazione e consumo finora adottati e individuandone di nuovi (Butera, 2024). Le ricerche sviluppate negli ultimi trent'anni dalle discipline urbanistiche hanno evidenziato come la complessità investa le nostre città a causa di una 'correlazione olistica' tra elementi, sistemi e ambienti in continua evoluzione, legata a 'costruzioni relazionali' che coinvolgono non solo lo spazio fisico, ma soprattutto gli habitat: una tale lettura del costruito sposta l'attenzione dalla progettazione di oggetti allo sviluppo di processi e sistemi che impongono una lettura dello spazio più dinamica e relazionale (Mantziaras, 2024), trasversale e interattiva, secondo una nuova logica della complessità che va indagata attraverso un nuovo concetto di spazio / tempo / informazione. In questa logica, da un lato la complessità e dall'altro Informazione + Interazione + Interconnessione + Integrazione + Innovazione rappresentano i fattori di un'equazione che può strutturare strategie e immaginari condivisi per la definizione di spazi, città e habitat proattivi e definire un nuovo concetto di n-Città che traduce quella condizione complessa e multilivello in cui organismi sistemici incrementano il grado di interazione di informazioni man mano che aumentano gli scambi tra sistemi e sottosistemi dinamici ed eterogenei (Gausa, 2024). Particolare ambito vulnerabile è quello delle aree urbane costiere per le quali sono stati elaborati scenari realistici fino al 2100 in cui si prevedono inondazioni dovute agli effetti combinati del progressivo innalzamento del livello del mare e di eventi alluvionali innescati dall'aumento della temperatura media globale. Per la salvaguardia di queste aree sono necessari approcci integrati, multidisciplinari e interscalari, come dimostrano le due sperimentazioni condotte per il litorale laziale di Marina di Latina (IT) e per il Porto di New York (US), con il sito di Governors Island: un'adeguata metodologia di indagine organizzata in fasi operative, tre macro-strategie per la resilienza urbana strutturate con un approccio integrato alla complessità urbana e un toolkit di azioni a prova di clima, specifiche del sito e improntate all'uso di soluzioni basate sulla natura consentono di comprendere e affrontare le complesse dinamiche legate ai cambiamenti climatici e ai fenomeni di rischio idraulico, introducendo nuovi riferimenti teorico-metodologici per la pianificazione urbanistica delle aree costiere capaci di combinare misure di adattamento, processi dinamici e sviluppo sostenibile (Carter, Ianiri and Mariano, 2024).

Il cambiamento climatico è un fenomeno globale che ha implicazioni multiscalari, multitemporali e transdisciplinari in quanto investe ogni aspetto dell'esistenza quotidiana e si sovrappone alle già numerose criticità che amministrazione del territorio e progettazione devono affrontare urgentemente (Tucci, Altamura and Pani, 2023; Magliocco and Oneto, 2023). In quest'ottica la complessità non è più determinata dall'eterogeneità delle parti che entrano in gioco o dalla compresenza delle diverse discipline interessate, ma dalle tensioni generate dalle forze materiali e immateriali in gioco che impongono al progetto di costruire un futuro tutt'altro che lineare e dagli assetti formali, rigidi e finiti. Lo spazio pubblico materiale e immateriale costituisce il naturale contesto operativo su cui declinare le trasformazioni rigenerative urbane per il benessere individuale e sociale (Montuori, Converso and Rabazo Martín, 2024). Esso è raggiungibile attraverso la progettazione di scenari mutevoli, reiterativi, flessibili, adattabili all'incertezza del futuro e capaci di implementare la resilienza del costruito (Berretta, Desideri and Stalari, 2024), oppure tramite un approccio integrato (ricerca e progetto) per la trasformazione degli spazi urbani monofunzionali in 'ambienti' multifunzionali con soluzioni basate sulla natura, capaci di migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici e la qualità del costruito: esempi sono il Waterplan per la Città di Anversa (Belgio), il progetto pilota Wapper, in corso di realizzazione, e il progetto per la Città di Matera (Corradi et alii, 2024). In un contesto caratterizzato da cambiamenti climatici che determinano una costante evoluzione del rapporto persona-ambiente le caratteristiche di attrattività e di fruibilità dello spazio pubblico emergono come una questione rilevante per gli utenti fragili in generale e per le persone anziane in particolare (WHO, 2018), il cui costante aumento rappresenta un significativo cambiamento (Lauria, 2017), in quanto attiva nuove 'sfide' per la città: infatti lo spazio 'a cielo aperto' influisce sui comportamenti degli utenti che condizionano e plasmano gli spazi, con una relazione che diventa tanto più forte quanto più si invecchia (Lawton, 1982). In tale ottica temi strategici con impatti significativi sulla Silver Economy sono quelli dello spazio pubblico (Chaza Chimeno, Revellini and Cellucci, 2024), della mobilità dolce (Fabbri, 2023) e dei servizi di trasporto pubblico (Bruno et alii, 2024) implementati con soluzioni digitali basate su sensori, IoT e Intelligenza Artificiale (Canessa and Centanaro, 2024): essi possono garantire un invecchiamento 'attivo' e in salute in contesti urbanizzati e favorire il benessere psico-fisico attraverso attività motorie e relazionali stimolate tanto da caratteristiche oggettive misurabili (ad esempio dalla presenza di aree verdi con arredi) quanto da quelle qualitative e percettive (ad esempio sensazione di sicurezza di uno spazio).

Inoltre il volume riporta riflessioni ed esiti di ricerche sulla complessità del Patrimonio culturale materiale e immateriale, con il fine di promuoverne la trasmissione alle generazioni future ma anche la messa in valore. Un primo contributo sulla valutazione, riduzione e gestione della complessità degli impatti del cambiamento climatico sul Patrimonio culturale (Biasi et alii, 2024) si fonda sul presupposto che la combinazione tra mitigazione, adattamento e conservazione dei valori culturali sia l'unica via possibile per fronteggiarne e rallentarne gli effetti; il saggio mette a sistema diverse discipline per costruire una metodologia, replicabile e trasferibile, sperimentandola sulla tipologia dei Daltz – rappresentativa del borgo di Andreis (Pordenone) – per restituire una conoscenza critica del Patrimonio propeudeutica all'elaborazione di strategie e progettualità di salvaguardia, conservazione e resilienza dell'edilizia storica. Un secondo contributo propone un focus sul Mashrabiya, espressione del Patrimonio culturale materiale e immateriale dell'arte islamica con specifiche valenze socio-culturali e ambientali, in quanto dispositivo per la privacy e per il controllo dell'irraggiamento solare, interrogandosi sulle potenziali integrazioni tra tecniche artigianali e design parametrico attraverso la collaborazione di competenze specialistiche (Dal Falco and Al Azhari, 2024). Un terzo contributo affronta il tema della reversibilità in architettura (Fonti, 2024) focalizzando l'attenzione sull'aggiunta del nuovo all'esistente e su

come questa 'immissione' possa essere resa reversibile nell'ottica di preservare la preesistenza e di promuovere il riuso sostenibile di tecniche e materiali tradizionali. Un quarto contributo indaga l'identità dei luoghi (Casarotto and Oddone, 2024), il cui branding spesso ne determina scarsa riconoscibilità ed efficacia strategica. Il progetto STAI Veneto sviluppato presso l'Università luav di Venezia affronta il tema con l'obiettivo di definire un modello di sviluppo e gestione di un sistema di identità territoriale capace di restituire in modo coerente e riconoscibile la complessità dello specifico Patrimonio, sintetizzare narrazione e comunicazione di valori per un pubblico ampio, accogliere la stratificazione di significati e sistemi visivi preesistenti e confrontarsi con scale anche molto diverse fra loro (da quella del territorio a quella del singolo prodotto tipico): attraverso la definizione di una specifica metodologia e l'utilizzo di strumenti appositamente sviluppati i branding territoriali possono assumere il carattere della scalabilità e multimodalità, con un elevato potenziale di espansione, declinazione e riproduzione in diversi contesti.

Un altro tema di rilevanza riguarda il rapporto tra energia, utilizzo circolare delle risorse e complessità del progetto del nuovo e per l'esistente (Baiani et alii, 2024), evidenziando come opportune strategie e azioni in chiave multidisciplinare e multiscale possano attivare sistemi circolari virtuosi in cui tutela dell'ambiente, ricadute economiche locali e pedagogiche, obiettivi di neutralità climatica e autosufficienza energetica possono interagire a beneficio delle comunità locali (Santos Malaguti de Sousa et alii, 2023; Ferrante, Romagnoli and Villani, 2023; Battisti and Calvano, 2024; Casanovas, Alonso Campanero and Campisi, 2024). Degne di interesse sono quindi le strategie per la rigenerazione dei nuclei storici rurali montani in decrescita demografica – con un focus applicativo al caso studio di Terracino, borgo della Città di Accumoli (IT), interessato dal sisma del 2016 – che, basate su una metodologia di valutazione della fattibilità tecnica per la valorizzazione energetica delle risorse locali forestali, affrontano con approccio olistico, multiscale e multidisciplinare questioni cogenti interconnesse come il ripopolamento dei borghi, l'autosufficienza energetica, l'efficientamento e il miglioramento del comfort abitativo nell'ambito della ricostruzione post-sisma, l'utilizzo circolare delle risorse e lo sviluppo di filiere produttive locali (Losco, Pasqualini and Khodaparast, 2024). Rispetto all'utilizzo circolare delle risorse si segnala il progetto di ricerca Circular Sofa Platform (Maffei et alii, 2024) che si inserisce nella complessa filiera del mobile imbottito, settore rilevante per l'economia italiana, ma in cui l'attenzione alla circolarità e alla sostenibilità è meno consolidata: nel 2021 infatti la quantità di rifiuti ingombranti avviati allo smaltimento in Italia è stata pari a 957.922 tonnellate, con solo 118.142 destinate al riciclo (ISPRA, 2022), prevalentemente componenti metallici. Tale scenario evidenzia l'importanza di approcci progettuali e strategie consapevoli (Pietroni, Di Stefano and Galloppo, 2023) che favoriscano un cambiamento da un lato nell'ideazione, uso e gestione del fine vita degli imbottiti (Olivastri and Tagliasco, 2024), dall'altro nell'innovazione di processi produttivi, componenti, materiali e servizi all'interno dell'intera filiera, per favorire il recupero e l'uso più consapevole delle risorse impiegate. Rispetto alle filiere produttive locali è da rilevare che esse acquisiscono una rilevanza maggiore nell'attuale contesto dei cambiamenti climatici quando impiegano biomateriali realizzati a partire da biomassa animale o vegetale poiché rappresentano un'opportunità per la conservazione di ecosistemi complessi e della loro biodiversità (Gaddi and Mastrodonardo, 2024), soprattutto se riferibili a zone umide (Brisotto et alii, 2023), il cui alto valore ecologico le pone come 'scrigni di biodiversità': le zone umide infatti ospitano quasi il 40% della biodiversità mondiale, sono degli accumulatori di CO₂ e riescono ad assorbire notevoli quantità d'acqua. Due casi studio, il progetto di ricerca Wetlands and Construction – An opportunity for Berlin-Brandenburg (2023) e il RietGoed (2021), riferibili rispettivamente ai settori edile e tessile, dimostrano che è possibile realizzare filiere produttive locali virtuose in cui vengono sviluppati biomateriali a partire da biomassa da zona umida; il confronto tra i due casi studio, che impiegano approcci distinti ma complementari, suggerisce una possibile contaminazione tra settori produttivi diversi per promuovere economie locali più sostenibili (Morpurgo, 2024).

La sostenibilità del costruito è un tema ricorrente nella letteratura scientifica che indaga spesso nuovi o rinnovati paradigmi per coniugare comfort e basso consumo energetico (DeKay and Tornieri, 2023; El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023), binomio non necessariamente in contraddizione se il progetto è sviluppato con un nuovo approccio 'strutturale' (Di Virgilio, 2023) in grado di superare criticità economiche e manutentive legate all'impiego di tecnologie complesse, dotate di numerosi sensori e attuatori capaci di trasformare autonomamente gli stimoli ambientali in segnali elettronici e risposte meccaniche. Esempificazione di questo nuovo approccio è il Landwirtschaftliches Zentrum a Salez (Svizzera), realizzato nel 2019 su progetto dell'architetto Andy Senn: attraverso tecnologie semplici e analogiche l'edificio – basato su prefabbricazione, materiali locali e soluzioni prive di automazioni – è in grado sia di garantire un'ottima efficienza energetica sia di stimolare consapevolezza, responsabilità e nuove modalità di interazione tra utenti e architettura, diventando un'opportunità formativa capace di rafforzare gli aspetti pedagogici dell'architettura (Dallere and Tempestini, 2024). Soluzioni high-tech che prevedono l'adozione di sistemi Building Integrated Photovoltaics (BIPVs) per affrontare la neutralità climatica sono invece affrontate da un altro contributo (Giovannardi et alii, 2024) che illustra la ricerca condotta all'interno del progetto 'Mass Customization 2.0 for Integrated PV'. Attraverso un approccio sistemico e multilivello si propongono una serie di strategie progettuali per affrontare aspetti legati all'integrazione architettonica e di natura tecnologica, economica e ambientale finalizzati a gestire la complessità della concettualizzazione e ingegnerizzazione dei sistemi BIPV per facciate continue: una loro prima applicazione è sperimentata in un nuovo prodotto in cui una lastra in polimetilmetacrilato, con nanoparticelle ibride inorganiche, guida la radiazione solare fino al perimetro del modulo del vetrocamera, preservandone l'omogeneità e la trasparenza.

Nuove prospettive per affrontare la complessità vengono offerte oggi dagli strumenti digitali le cui potenzialità sono in grado di facilitare la conoscenza e la progettazione / gestione predittiva dell'ambien-

te costruito, sia nelle sue componenti materiali che immateriali. Nel campo emergente della progettazione digitale rigenerativa e in riferimento agli scenari climatici un uso congiunto di IA, Deep Learning e Progettazione Parametrica sembra offrire il potenziale per 'modellare' in modo significativo la fase di pre-progettazione, agendo in modo predittivo. Le attività di ricerca condotte da ABITAlab sulle tecnologie abilitanti i processi di innovazione restituiscono, attraverso la digitalizzazione, un sapere esperto nel rapporto tra 'dati / informazioni / risorse', con l'ambizione di definirne ambiti di operatività 'intelligente' e prodotti evoluti in termini di innovazione tecnologica incrementale: attraverso un nuovo flusso di lavoro che collega i processi computazionali, IA e progettazione incentrata sull'uomo è possibile realizzare un approccio più adattabile e resiliente alla progettazione ambientale, non solo 'anticipando' le complessità dell'ambiente costruito, ma ottimizzando l'elaborazione architettonica, migliorando le capacità di progettazione / ingegnerizzazione e gestione delle opere basate sui dati, simulando comportamenti degli utenti, risposte dei materiali e prestazioni ambientali, bilanciando efficienza energetica e preferenze progettuali e ottimizzando la sostenibilità senza compromettere la funzionalità (Nava and Melis, 2024).

Nella fase di gestione il monitoraggio delle relazioni che si instaurano tra il costruito e le persone che ne fruiscono è rilevante per spazi particolari come quelli museali, nei quali si rendono necessari continui adeguamenti e flessibilità per rispondere da un lato al complesso insieme di esigenze organizzative, funzionali, tecniche e operative che sopraggiungono nel tempo, dall'altro alle aspettative degli utenti in termini di comfort e accessibilità (Cetorelli and Papi, 2024). Per risolvere tale complessità il caso studio del Museo di Roma 'Palazzo Braschi' propone un modello gestionale in grado di integrare e controllare, durante la fase di esercizio, fattori fra loro disomogenei di natura sociale, cognitiva ed emozionale, basandosi sul presupposto che la fruibilità non è da intendersi più come semplice condizione da garantire, ma come 'processo' in continua evoluzione che coinvolge la struttura fisica del contenitore, i modi d'uso dei visitatori, la comunicazione e la formazione continua dei gestori e del personale: l'integrazione di dati di diversa natura sulla fruibilità degli spazi museali, proposta tramite uno strumento digitale sviluppato in ambiente BIM, permette ai gestori e ai curatori delle esposizioni una comprensione più intuitiva delle dinamiche spaziali e comportamentali, guidandoli verso decisioni più informate e orientate all'ottimizzazione della complessa esperienza di fruizione culturale (Villani, Romagna and Oddi, 2024). Sempre in tema museale le logiche espositive e comunicative sono in continua evoluzione grazie ai progressi delle tecnologie digitali e degli strumenti multimediali avanzati che negli ultimi anni hanno migliorato l'accessibilità ai contenuti, valorizzando la narrazione degli oggetti nel loro contesto originario e promuovendo nuove forme di fruizione ed educazione in cui il visitatore è protagonista attivo della propria esperienza formativa: in quanto attore il visitatore influisce sulle opere esposte dando vita a esperienze culturali ricche e personalizzate, in cui la co-creazione e la partecipazione sono elementi primari. In quest'ottica una nuova frontiera nell'esperienza museale sembra essere legata alle interfacce cervello-computer sulle quali il volume riporta un saggio con alcune recenti sperimentazioni centrate sull'individuo e sulla sua interazione con l'ambiente attraverso la combinazione di neuroscienze, design e scienze umane (Rosmino, 2024).

La collaborazione tra intelligenza umana e IA può agevolare, arricchendola, tramite i grandi modelli di linguaggio, sia la narrazione di architetture e infrastrutture con rappresentazioni semantiche più tangibili e comprensibili che aumentano l'accessibilità di modelli digitali e dati agli utenti (Valenti et alii, 2024), sia la progettazione di architetture e prodotti industriali. Esempio è la sperimentazione in cui si propone un chatbot, un assistente virtuale, che individua l'intento dell'utente, interagisce con i modelli BIM tramite moduli Natural Language Processing ed elabora risposte scritte, vocali o grafiche come immagini o modelli 3D che migliorano l'accesso alle informazioni lungo il ciclo di vita dell'edificio (Osello et alii, 2024a); e ancora la sperimentazione applicata al caso studio del Palazzo della Regione Piemonte (IT), nella quale metodi e strumenti BIM per il Facility Management, integrati con algoritmi e automatismi, si traducono in interfacce grafiche capaci di agevolare la gestione di grandi quantità di dati e migliorare la visualizzazione e l'interpretazione delle informazioni grafiche, trasformando la complessità in risorsa di valore a supporto delle decisioni degli utenti (Osello et alii, 2024b). Altre due sperimentazioni hanno il potenziale di guidare il progettista nella generazione di nuovi modelli. La prima impiega il Verbal Design Modelling (VDM), che guida il progettista nella generazione di nuovi concept utilizzando una rete neurale addestrata su un vasto set di dati di immagini e testi in grado di generare prototipi realistici e creativi grazie alla capacità di analizzare, elaborare, sintetizzare e far evolvere i dati forniti dall'interfaccia umana (Mascitti and Paciotti, 2024). La seconda, condotta sul 'vaso di gomma', introduce due elementi di originalità: il concetto di 'complessità limitata', finalizzato a trovare il giusto equilibrio tra la complessità del problema e le potenzialità degli strumenti a disposizione; un nuovo paradigma progettuale che affianca ai consolidati parametri di forma e contesto quello della 'spazio-materialità', basandosi sui presupposti che i materiali rispondono direttamente ai cambiamenti indotti dal contesto e che tale parametro sia in grado di riflettere la relazione tra gli oggetti e lo spazio. Con questi presupposti sperimenta una innovativa interfaccia digitale-analogica, chiamata 'cyber-modellazione', che collega i dati ambientali in tempo reale ai modelli digitali, creando modelli 'vivi' che reagiscono a condizioni di contorno mutevoli e generano uno spazio-materialità digitalizzata che ha il potenziale di rendere risolutivo il progetto nell'affrontare la sfida della complessità (Iverson-Radtke and Paans, 2024). Un'ulteriore frontiera delle tecnologie avanzate è infine rappresentata dagli Agenti Artificiali Autonomi che, ispirati alla capacità di agire in autonomia propria dei sistemi biologici e di prendere decisioni e interagire con l'ambiente circostante in modo dinamico e adattivo, stanno trasformando il modo in cui si progettano beni e servizi, spostando l'attenzione dal semplice soddisfacimento delle esigenze umane a una visione più ampia che include la cooperazione con gli spazi e con le altre macchine intelligenti: i casi studio italiani di Rolleri e Galletti esemplificano alcune potenzialità di queste tecnologie avanzate nei processi aziendali, sollecitando parallelamente una riflessione sul ruolo dei Desi-

gner e sulla necessità di un approccio responsabile che tenga conto delle implicazioni etiche e sociali (Celaschi, Casoni and Formia, 2024).

In sintesi, gli articoli pubblicati sul volume 16 di AGATHÓN forniscono alcune risposte per affrontare le complesse questioni che riguardano la conoscenza, il progetto e la gestione del costruito rispetto agli ormai imprescindibili pragmatici indicatori di sostenibilità ambientale, sociale ed economica, dimostrando che la complessità del costruito da sfida può diventare opportunità per raggiungere i 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile. I contributi pubblicati certamente non esauriscono i campi di indagine, le strategie, le misure e le azioni che la comunità scientifica e il settore delle costruzioni possono mettere in campo per contenere l'azione antropica entro i limiti planetari e rendere più resilienti il costruito e i sistemi biofisici, tuttavia restituiscono un primo quadro teorico-pratico sul tema che si auspica possa contribuire ad alimentare il dibattito scientifico e stimolare nuove azioni di ricerca improntate ad approcci multiscalari e capaci di mettere in valore le potenzialità delle tecnologie digitali atte alle cogenti le sfide della contemporaneità, comprese quelle globali della neutralità climatica e carbonica.

AGATHÓN issue number 16 is a collection of essays, studies, research and projects on 'Dealing with Complexity | Knowledge, design, and management of the built environment'. Complexity (from the Latin verb 'plectere' = to weave, 'cum' = together) is a condition in which many elements intertwine together to form a unit. Various definitions can be found in the scientific field: in the volume *Complexity – A Guide Tour*, Melanie Mitchell (2021) explains complexity by arguing that, when faced with defining something that one does not know, one defines it as something unknown and over which they have no control; George E. Mobus and Michael C. Kalton (2015), in *Principles of System Science*, define complex systems as nonlinear – and therefore reticular – systems made up of parts, nodes, lines, and interactions that connect them according to logics that are not always known and sometimes privileging certain relationships over others; Ceruti and Bardi (2021) argue that complexity – as well as that which is complex – cannot be simplified, and that one of the characteristics of complex systems relates to the fact that they are not entirely predictable, and finally that their governance and control are important because failure to understand complex systems makes it impossible to manage them. Federico Butera (2023), in his volume *Affrontare la Complessità* (lit. *Dealing with Complexity*), through a broad vision and exhaustive data, portrays the particular condition in which our Planet finds itself: although mainly informative, the volume is based on the results of scientific research conducted by International Organizations and academics to restore a profoundly complex reality in which climatic and environmental phenomena affect human and social ones, and vice versa (Fioramonti, 2021) and reveal how the biosphere is governed by a system of multidimensional relationships and interconnections, for which even small changes in a specific context determine chain reactions in different spheres, affecting both nature and human beings on a global scale.

If in the past man was one of the many factors that modified the ecosystem, today anthropogenic activity is considered one of the main causes of climate change and the rise in land and sea temperatures, to such an extent that the era in which we live has been named Anthropocene (Crutzen and Stoermer, 2000): since the second half of the century, human activities and progress (scientific and technological) have produced tangible and exponentially accelerated effects on the biosphere, on the one hand making the balance of its ecosystem precarious, on the other hand affecting security, health, well-being as well as the availability of goods and livelihoods of its inhabitants (Meadows et alii, 1972; Apreda, D'Ambrosio and Di Martino, 2019). The 'complexity' of the Planet's condition is evident: climate change, according to Amitav Ghosh (2017), is not a danger in itself but rather represents a 'threat multiplier' that stresses and amplifies the instability and insecurity already present in some areas of the world, even more so because many industrialised countries have already greatly exceeded their relative 'biocapacity' (Beyers and Wackernagel, 2019), effectively becoming 'ecological debtors' (Swiader et alii, 2020). Thomas L. Friedman (2016) also notes how the condition in which we find ourselves is 'complex' and in continuous and exponential evolution: the Planet we inhabit will be very different from the one we know as early as 2030 because it is subject to the three 'forces' of Moore's Law with 'technology', the Market with 'globalisation', and Mother Nature with 'climate change and biodiversity loss' all pressing simultaneously on the biosphere.

In this view, 'complex' should be brought back to its etymological meaning of 'woven' or 'held together', connecting different forms of knowledge in the virtuous circle of a body of knowledge articulated in a systemic view of the real world based on the principle of 'co-evolution' of social and ecological systems (of culture and nature) and the awareness that it determines; on the one hand, the interweaving of multiple causal chains (e.g., although the pandemic crisis is a health crisis it has also become a biological, ecological, economic, social, cultural and spiritual crisis) with interdependent effects, and on the other hand, effects that also retroact on causes since causality is circular (Bateson, 1979). According to Ceruti and Bardi (2021), unfortunately, it isn't easy to translate this vision into the workings of everyday life and to guide both the observation of the world and the project, which is an expression of our being in the world.

How we live, regardless of where this happens, has an impact on the biosphere and determines chain reactions in different areas that affect both nature and human beings on a global scale: climate change, health risks, loss of biodiversity, indiscriminate use of non-renewable resources, inequalities, and accessibility contribute to a condition of 'polycrisis' (Morin, 2020) that amplifies the state of uncertainty about our future and the vulnerability of the entire ecosystem, especially since the actions put in place do not address the cogent environmental issue in a systemic and holistic key.

Therefore, the question is, how do we transform complexity from challenge to opportunity? How do we deal with the complex issues that concern the knowledge, the design, and the management of the built compared to the now essential pragmatic indicators of environmental, social, and economic sustainability? Which strategies, measures, actions, and tools can Architecture disciplines implement in a holistic view and with a systems approach to meet the terms of the Paris Agreement (UN, 2015a)? How do we identify those with the best cost/benefit ratio capable of producing synergies to achieve the largest possible number of the Sustainable Development Goals promoted by the United Nations (UN, 2015b)? How do we rethink extractive (production-based) economic systems and direct them toward regenerative ones (based on the enhancement of that which already exists and of services)? How to put into practice new systemic design approaches capable of addressing today's complexities from their roots, developing solutions through which entire societies can intentionally transition to a more sustainable, equitable, and desirable long-term future, including through co-created visions capable of informing the solutions of the present and paving the way to a desirable future (Tonkinwise, 2015)? How do we place knowledge and learning into a system to better understand the current era's multi-dimensional, fundamental, and global issues in their irreducible complexity?

The contributions published in issue 16 of AGATHÓN answer some of these questions, suggesting approaches, strategies, methodologies, measures and actions which aim to overcome and resolve the complexity of knowledge, design and management of the built environment involving all its scales, also from a multi-scalar perspective. The theme of sustainable food systems, at the heart of the 2030 Agenda, is of primary importance. Its complexity makes it increasingly critical for humanity, especially considering the challenges it presents in achieving all 17 Sustainable Development Goals (SDGs): sustainable food systems have the potential to impact a wide range of global issues, including poverty, health, gender equality, culture, education, responsible production and consumption, the management of land and marine resources, and the fight against climate change. The magnitude of the effects that each action on food systems produces at the different stages of food production, consumption and post-consumption can only be addressed through a systemic, holistic, trans-disciplinary, scalar, conscious, future-oriented and proactive approach, capable of generating positive direct and indirect synergies with the different areas of global development (Follesa et alii, 2024; Basso et alii, 2023). In this context, the contribution by Langella, Russo, and Scalisi (2024) aims to 'feed' the scientific discourse on the central role of food systems in achieving the SDGs. The authors explore various approaches, methods, and tools from the field of Design, and, through numerous case studies, highlight the potential synergies between Gastrophysics and disciplines such as Communication Design, Service Design, Technological Innovation, and Medical Design. These synergies are key to overcoming the diverse cultural, psychological, social, educational, technical, economic, and regulatory barriers. Finally, the study identifies potential actions and research areas for the sustainability of food systems, focusing on both global and local enabling factors and accelerators of change. The global challenges of the Anthropocene are highly demanding and despite the development of approaches over recent years that aim to move beyond the Human-centred model, shifting towards frameworks defined as Post-human (Braidotti and Hlavajova, 2018) and More-than-human (Haraway, 2019; Davidová, Barath, and Dickinson, 2023), the actions taken so far have not provided sufficient solutions to the ecosystem's difficulties. As a result, these efforts fall short in ensuring the achievement of goals aimed at safeguarding the planet. The question then arises whether the goal is not merely to grant equal dignity to Non-human Agency, but rather to fully decentralise the human figure from design logic. This shift would foster a profound socio-cultural transformation that encourages widespread ethical awareness, crucial for guiding society into an 'era of suffering' as a departure from 'rapidación'. The complexity of such a transition cannot be left solely to the realm of design; it must actively engage institutions, professionals, and design disciplines as facilitators of a transformation that will lay the foundation for a future built on the values of shared prosperity and biodiversity (Casiddu, Burlando and Chen, 2024).

In parallel, the volume features two contributions that reflect an understanding of complexity from two perspectives. On the one hand, complexity is a central theme in understanding contemporary systems, as the interconnection of multiple elements creates structures that resist linearity and predictability; on the other hand, design is a conceptual act involving a complex process of consciously shaping the transformation of the built environment through available cultural, technical, and economic resources. In an era marked by rapid change, design must confront challenges that demand an innovative approach, one that can no longer rely on the logic of the past. With this in mind, the first article explores the relationship between error, design and complex systems, highlighting how the dynamic interaction between these elements is fundamental in facing the challenges of contemporary design. Through a flexible and open approach, error can take on the value of a strategic resource in training and professional practice, and can become central to an operational methodology that systematises its management, encourages the development of innovative and adaptive solutions, improves design processes and stimulates continuous growth in the field (Porfirione, Ferrari Tumay and Leggiero, 2024). The second essay argues, with the support of experiments conducted at the University of Genoa, the need for a cognitive broadening of the training processes of future architects focused on the use of mental images: such an approach, with which it is possible to learn to draw what one imagines rather than to imagine what to draw, can enable more appropriate and flexible ways of prefiguring spaces, both in terms of perceptive and material-constructive aspects. Furthermore, it can also become a valid tool to better cope with the digital transition, among the most pervasive in contemporary complexity (Giachetta and Buondonno, 2024). On complexity and contradiction in Architecture, the volume includes a critical essay by Prof. Jonathan Ochshorn (2024) who, through the analysis of the most important work of Robert Venturi (1966) and the works of other proponents of a complexity driven by 'computation', challenges the notion that the complex geometries of buildings truly reflect the complexity of contem-

porary life, with relevant theoretical and practical implications. Instead, he argues that this complexity is an ideological construct, serving to legitimise the often extravagant and dysfunctional forms of expression typical of avant-garde architecture.

Both the environment and society are complex systems with close interconnections that impact the nine planetary boundaries, six of which have already been exceeded (Richardson et alii, 2023), putting the stability of the entire ecosystem at risk. With the loss of biodiversity, biophysical systems become less resilient, exacerbating the vulnerability of socioeconomic systems and increasing uncertainty about the future of the Planet (Bologna and Hasanaj, 2023). The primary cause of this condition lies in urban centres and their metabolism, whose environmental and social impacts impose a paradigm shift. This shift must enable a return to a 'safe operating space' within planetary boundaries, moving away from the planning, construction, and consumption models that have been used so far, and identifying new alternatives (Butera, 2024). The research conducted over the past thirty years within urban planning disciplines has highlighted how complexity permeates our cities, driven by a 'holistic correlation' between elements, systems, and environments in continuous evolution. This complexity is linked to 'relational constructions' that involve not only physical space but, more importantly, habitats. Such an understanding of the built environment shifts the focus from designing objects to developing processes and systems, requiring a more dynamic, relational (Mantziaras, 2024), transversal, and interactive interpretation of space, according to a new logic of complexity that must be investigated through a new concept of space / time / information. In this context, complexity on the one hand, and Information + Interaction + Interconnection + Integration + Innovation on the other hand represent the factors of an equation capable of structuring strategies and shared visions for the creation of proactive spaces, cities, and habitats. This approach defines a new concept of n-City, which translates the complex and multi-level condition in which systemic organisms enhance the degree of information interaction as exchanges between dynamic and heterogeneous systems and subsystems increase (Gausa, 2024). Coastal urban areas are particularly vulnerable, and realistic scenarios have been developed for these regions through to 2100, predicting flooding due to the combined effects of rising sea levels and flooding events triggered by increasing global average temperatures. To safeguard these areas, integrated, multi-disciplinary, and inter-scalar approaches are essential, as demonstrated by two experiments conducted on the Latium coastline of Marina di Latina (IT) and the New York Harbor, specifically at the Governors Island site. A comprehensive survey methodology, organised in operational phases, along with three macro-strategies for urban resilience, offers an integrated approach to urban complexity. This, combined with a toolkit of climate-proof, site-specific, and nature-based actions, provides a framework for understanding and addressing the complex dynamics of climate change and hydraulic risks, introducing new theoretical-methodological references for urban planning of coastal areas capable of combining adaptation measures, dynamic processes and sustainable development (Carter, Ianiri and Mariano, 2024).

Climate change is a global phenomenon that has multi-scalar, multi-temporal and transdisciplinary implications as it affects every aspect of everyday existence and overlaps with the already numerous critical issues that land administration and planning must urgently address (Tucci, Altamura and Pani, 2023; Magliocco and Oneto, 2023). From this perspective, complexity is no longer defined by the heterogeneity of the components or the co-presence of different disciplines, but by the tensions created by the material and immaterial forces at play. These forces compel the project to shape a future that is far from linear, and resist formal, rigid, and finite arrangements. Tangible and intangible public space constitutes the natural operating context on which to articulate urban regenerative transformations for individual and social well-being (Montuori, Converso and Rabazo Martín, 2024). This can be achieved through the design of adaptable, iterative, and flexible scenarios that can respond to the uncertainty of the future while enhancing the resilience of the built environment (Berretta, Desideri and Staltari, 2024), or through an integrated approach (research and design) or through an integrated approach (research and design) for the transformation of monofunctional urban spaces into multifunctional 'environments' with nature-based solutions, capable of improving resilience to climate change and the quality of the built environment. Examples include the Waterplan for the City of Antwerp (Belgium), the ongoing Wapper pilot project, and the urban transformation project for the City of Matera (Corradi et alii, 2024). In a context shaped by climate change, which continually evolves the relationship between individuals and their environment, the attractiveness and usability of public spaces have become relevant issues, especially for vulnerable groups such as the elderly (WHO, 2018). The growing number of elderly individuals represents a significant demographic shift (Lauria, 2017), introducing new 'challenges' for urban environments. Public spaces, being 'open-air' environments, directly influence user behaviour, with a dynamic in which the relationship between individuals and space becomes even more significant as one ages (Lawton, 1982). From this perspective, strategic themes with significant impacts on the Silver Economy include public space (Chaza Chimeno, Revellini and Cellucci, 2024), sustainable mobility (Fabbri, 2023), and public transportation services (Bruno et alii, 2024), all enhanced by digital solutions based on sensors, IoT, and Artificial Intelligence (Canessa and Centanaro, 2024). These can ensure 'active' and healthy ageing in urban environments and promote psycho-physical well-being through motor and social activities, stimulated by both measurable objective characteristics (e.g., the presence of green spaces with furnishings) and qualitative and perceptive factors (e.g., the sense of security in a space).

The volume presents reflections and outcomes from research on the complexity of both tangible and intangible cultural heritage, with the aim of promoting its transmission to future generations, as well as enhancing its value. A first contribution regarding the assessment, reduction, and management of the complexity of climate change impacts on cultural heritage (Biasi et alii, 2024) is based on the assump-

tion that the combination of mitigation, adaptation, and the conservation of cultural values is the only viable approach to addressing and slowing down its effects. The paper integrates various disciplines to develop a methodology that is both replicable and transferable, testing it on the Daltz typology – representative of the village of Andreis (Pordenone, IT) – to provide a critical understanding of heritage, which serves as a foundation for the development of strategies and projects for the safeguarding, conservation, and resilience of historic buildings. A second contribution proposes a focus on the Mashra-biya, an expression of the tangible and intangible cultural heritage of Islamic art with specific socio-cultural and environmental values, as a device for privacy and solar radiation control, questioning the potential integrations between craft techniques and parametric design through the collaboration of specialised expertise (Dal Falco and Al Azhari, 2024). A third contribution addresses the issue of reversibility in architecture (Fonti, 2024) focusing on the addition of the new to the existing and how this ‘input’ can be made reversible to preserve the pre-existing and promote the sustainable reuse of traditional techniques and materials. A fourth contribution explores the identity of places (Casarotto and Oddone, 2024), whose branding often results in limited recognizability and strategic effectiveness. The STAI Veneto project developed at the Luav University of Venice tackles this issue to define a model for the development and management of a territorial identity system capable of restoring the complexity of the specific heritage coherently and recognisably, synthesising narration and communication of values for a wide audience, accommodating the stratification of pre-existing meanings and visual systems and confronting very different scales (from that of the territory to that of the single typical product); through the definition of a specific methodology and the use of specially developed tools, territorial branding can acquire scalability and multimodality, with a high potential for expansion, adaptation and reproduction in different contexts.

Another relevant theme concerns the relationship between energy, circular use of resources and the complexity of the design of new and existing buildings (Baiani et alii, 2024), highlighting how appropriate strategies and actions in a multidisciplinary and multi-scalar key can activate virtuous circular systems in which environmental protection, local economic and educational spin-offs, climate neutrality and energy self-sufficiency objectives can interact to the benefit of local communities (Santos Malaguti de Sousa et alii, 2023; Ferrante, Romagnoli and Villani, 2023; Battisti and Calvano, 2024; Casanovas, Alonso Campanero and Campisi, 2024). Strategies for the regeneration of historic rural mountain cores in demographic decline, with an application focus on the case study of Terracino – a village in the City of Accumoli (IT), affected by the 2016 earthquake – are therefore worthy of interest. These strategies, based on a technical feasibility assessment methodology for the energy enhancement of local forest resources, address interconnected pressing issues such as hamlet repopulation, energy self-sufficiency, energy efficiency and improved housing comfort in the context of post-earthquake reconstruction, circular use of resources, and development of local production chains using a holistic, multiscale and multidisciplinary approach (Losco, Pasqualini and Khodaparast, 2024). Concerning the circular use of resources, it is worth mentioning the Circular Sofa Platform research project (Maffei et alii, 2024). It is positioned within the complex supply chain of upholstered furniture, a significant sector for the Italian economy, where attention to circularity and sustainability however remains less established. In fact, in 2021, the volume of bulky waste sent for disposal in Italy amounted to 957,922 tons, with only 118,142 tons destined for recycling, primarily consisting of metal components (ISPRA, 2022). This scenario highlights the importance of adopting conscious design approaches and strategies (Pietroni, Di Stefano and Galloppo, 2023) that drive change in two key areas. First, in the design, use, and end-of-life management of upholstered products (Olivastrì and Tagliasco, 2024), and second, in the innovation of production processes, components, materials, and services across the entire supply chain, to promote the recovery and more conscious use of employed resources. With regard to local production chains, it is important to note that they gain greater relevance in the current context of climate change when they employ biomaterials derived from animal or plant biomass, as these represent an opportunity for the conservation of complex ecosystems and their biodiversity (Gaddi and Mastrolonardo, 2024), particularly when linked to wetlands (Brisotto et alii, 2023), considered ‘biodiversity treasures’ due to their high ecological value: they host nearly 40% of the world’s biodiversity, act as CO₂ accumulators, and are capable of absorbing significant amounts of water. Two case studies – the research project Wetlands and Construction – An Opportunity for Berlin-Brandenburg (2023) and RietGoed (2021), related to the construction and textile sectors respectively – demonstrate the feasibility of creating virtuous local production chains that develop biomaterials derived from wetland biomass. A comparison of the two case studies, which employ distinct yet complementary approaches, suggests the potential for cross-sectoral contamination to foster more sustainable local economies (Morpurgo, 2024).

The sustainability of the built environment is a recurring theme in scientific literature, often exploring new or renewed paradigms to combine comfort with low energy consumption (DeKay and Tornieri, 2023; El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023). This pairing is not necessarily contradictory if the design is developed with a new ‘structural’ approach (Di Virgilio, 2023) capable of addressing economic and maintenance challenges associated with the use of complex technologies equipped with numerous sensors and actuators that autonomously convert environmental stimuli into electronic signals and mechanical responses. An example of this new approach is the Landwirtschaftliches Zentrum in Salez (Switzerland), built in 2019 to a design by architect Andy Senn: through simple, analogue technologies, the building – based on prefabrication, local materials and automation-free solutions – is able to both guarantee optimum energy efficiency and stimulate awareness, responsibility and new ways of interaction between users and architecture, serving as an educational opportunity capable of strengthening the pedagogical aspects of architecture (Dallere and Tempestini, 2024). Conversely, high-tech solutions involving the adoption of Building Integrated Photovoltaics (BIPVs) systems to tackle climate

neutrality are addressed by another paper (Giovanardi et alii, 2024) that illustrates research conducted within the 'Mass Customization 2.0 for Integrated PV' project. Through a systemic and multilevel approach, a series of design strategies are proposed to address the architectural integration as well as the technological, economic, and environmental aspects involved in managing the complexity of conceptualising and engineering BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) curtain wall systems. The first application of these strategies is demonstrated in a new product, where a polymethylmethacrylate sheet, embedded with inorganic hybrid nanoparticles, directs solar radiation to the perimeter of the insulating glass module, maintaining its homogeneity and transparency.

Today, digital tools offer new perspectives for dealing with complexity, with the potential to facilitate knowledge and predictive design / management of the built environment, both in its material and immaterial components. In the emerging field of regenerative digital design and with reference to climate scenarios, a joint use of AI, Deep Learning, and Parametric Design seems to offer the potential to significantly 'model' the pre-design phase, thereby acting in a predictive manner. The research activities conducted by ABITAlab on technologies enabling innovation processes provide, through digitalisation, expert knowledge on the relationship between 'data / information / resources'. The goal is to define areas of 'intelligent' operation and advanced products in terms of incremental technological innovation. Through a new workflow that connects computational processes, AI, and human-centred design, it is possible to create a more adaptable and resilient approach to environmental design. This approach not only 'anticipates' the complexities of the built environment but also optimises architectural development, improving design / engineering capabilities and data-driven project management, simulating user behaviours, material responses, and environmental performance, balancing energy efficiency with design preferences, and optimising sustainability without compromising functionality (Nava and Melis, 2024).

In the management phase, monitoring the relationships between the built environment and the people who use it is particularly relevant, especially in unique spaces such as museums. These spaces require continuous adjustments and flexibility to address, on the one hand, the complex set of organisational, functional, technical, and operational needs that emerge over time, and, on the other hand, the expectations of users in terms of comfort and accessibility (Cetorelli and Papi, 2024). To address this complexity, the case study of the Museum of Rome's Palazzo Braschi (IT) introduces a management model designed to integrate and control the diverse social, cognitive, and emotional factors during the operational phase. This model is based on the understanding that usability should no longer be viewed as a static condition to be ensured, but as an evolving 'process' that encompasses the physical structure of the building, visitor behaviour, communication strategies, and the ongoing training of managers and staff. By integrating various types of data on the usability of museum spaces through a digital tool developed within a BIM environment, the model offers exhibition managers and curators a more intuitive understanding of spatial and behavioural dynamics, guiding them towards more informed decisions aimed at optimising the complex experience of cultural engagement (Villani, Romagna and Oddi, 2024). Still on the subject of museums, exhibition and communication logics are constantly evolving, driven by advancements in digital technologies and multimedia tools that, in recent years, have improved the accessibility of content, enhancing the narration of objects in their original context and promoting new forms of fruition and education. In this dynamic, the visitor becomes an active participant in their own learning experience: as an actor, the visitor influences the displayed works, generating rich and personalised cultural experiences where co-creation and participation are central elements. In this perspective, a new frontier in the museum experience appears to be linked to brain-computer interfaces; the volume includes an essay discussing recent experiments focused on the individual and their interaction with the environment, through the combination of neuroscience, design, and the humanities (Rosmino, 2024).

Collaboration between human intelligence and AI, particularly through large language models, can enhance and enrich the way architectural and infrastructural narratives are communicated by providing more tangible and comprehensible semantic representations to increase the accessibility of digital models and data for users (Valenti et alii, 2024), while additionally supporting the design of industrial architectures and products. An example of this innovation is an experiment involving a chatbot virtual assistant that identifies user intent, interacts with BIM models through Natural Language Processing modules, and generates responses in written, vocal, or graphical forms – such as images or 3D models – that enhance information access throughout the entire building life cycle (Osello et alii, 2024a). Another example is the case study of the Palazzo della Regione Piemonte (IT), where BIM methods and tools for Facility Management, integrated with algorithms and automation, are translated into graphical interfaces, which help manage large data sets, improve the visualisation and interpretation of graphical information, and transform complexity into a valuable resource for supporting user decision-making (Osello et alii, 2024b). Two other experiments have the potential to guide the designer in generating new models. The first employs Verbal Design Modelling (VDM), which guides the designer in the generation of new concepts using a neural network trained on a large dataset of images and text that can generate realistic and creative prototypes thanks to its ability to analyse, process, synthesise and evolve data provided by the human interface (Mascitti and Paciotti, 2024). The second, conducted on the 'rubber vase', introduces two elements of originality: first, the concept of 'limited complexity', aimed at finding the right balance between the complexity of the problem and the potential of the tools at hand; second, a new design paradigm that combines the consolidated parameters of form and context with that of 'spatiomateriality', based on the assumptions that materials respond directly to changes induced by the context and that this parameter can reflect the relationship between objects and space. Under these assumptions, he experiments with an innovative digital-analogue interface, called 'cybermodelling', that links real-time environmental data to digital models, creating 'living' models that react to changing boundary conditions and generate a digitised spatial-materiality with the potential to be de-

cisive in addressing the challenge of complexity (Iverson-Radtke and Paans, 2024). An additional frontier of advanced technologies is represented by Autonomous Artificial Agents, which, inspired by the ability of biological systems to act independently, make decisions, and interact dynamically and adaptively with their environment, are transforming the way goods and services are designed. This shift moves the focus from merely meeting human needs to a broader vision that includes cooperation with spaces and other intelligent machines. Roller and Galletti's Italian case studies exemplify some of the potential of these advanced technologies in business processes, while at the same time prompting reflection on the role of Designers and the need for a responsible approach that takes into account ethical and social implications (Celaschi, Casoni and Formia, 2024).

In summary, the articles published in issue 16 of AGATHÓN offer valuable insights into addressing the complex issues surrounding the knowledge, design, and management of the built environment in light of the increasingly urgent pragmatic indicators of environmental, social, and economic sustainability, demonstrating that the complexity of the built environment, rather than being a challenge, can become an opportunity to advance the achievement of the 17 Sustainable Development Goals. The published contributions certainly do not fully encompass the fields of inquiry, strategies, measures, and actions that the scientific community and the construction sector can implement to contain human activity within planetary boundaries and make both the built environment and biophysical systems more resilient. However, they provide an initial theoretical-practical framework on the topic, which will hopefully contribute to stimulating the scientific debate and inspire new research initiatives based on multiscale approaches, capable of leveraging the potential of digital technologies to address the pressing challenges of contemporary times, including the global goals of climate and carbon neutrality.

Reference

- Apreda, C., D'Ambrosio, V. and Di Martino, F. (2019), "A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems", in *Environmental Science & Policy*, vol. 93, pp. 11-26. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.016 [Accessed 30 December 2024].
- Baiani, S., Altamura, P., Turchetti, G. and Romano, G. (2024), "Transizione energetica e circolare del patrimonio industriale – Il caso dell'ex SNIA a Roma | Energy and circular transition of the industrial heritage – The Ex SNIA case in Rome", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 190-203. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15152024 [Accessed 30 December 2024].
- Basso, S., Bisiani, T., Martorana, P. and Venudo, A. (2023), "Vertical farm – Dalle forme dell'agricoltura nuove architetture e città | Vertical farm – New architectures and cities from the forms of agriculture", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 141-152. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13122023 [Accessed 30 December 2024].
- Bateson, G. (1979), *Mind and Nature – A Necessary Unity*, Dutton, New York.
- Battisti, A. and Calvano, A. (2024), "Hydrogen Valleys – Scenari di transizione energetica e sviluppo locale per città medie | Hydrogen Valleys – Energy transition and local development scenarios for medium-sized cities", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 48-57. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1532024 [Accessed 30 December 2024].
- Berretta, T., Desideri, F. and Staltari, M. (2024), "Il progetto dello spazio pubblico, tra complessità e crisi ecologica – Da sfida a opportunità per la rigenerazione urbana | Public space project, between complexity and ecological crisis – From challenge to opportunity for urban regeneration", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 74-87. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1662024 [Accessed 30 December 2024].
- Beyers, B. and Wackernagel, M. (2019), *Ecological Footprint, managing our biocapacity budget – Global Footprint Network*, New Society Publishers, Gabriola Island (Canada).
- Biasi, A., Riavis, V., Zamboni, I. and Cervesato, A. (2024), "Patrimonio architettonico urbano e cambiamento climatico – Un'occasione per affrontarne la complessità | Urban architectural heritage and climate change – An opportunity to address its complexity", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 130-143. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16112024 [Accessed 30 December 2024].
- Bologna, R. and Hasanaj, G. (2023), "Modelli evoluti per la costruzione di un catalogo NbS per la resilienza e la biodiversità | Advanced models for the construction of an NbS catalogue for resilience and biodiversity", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 179-190. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13152023 [Accessed 30 December 2024].
- Braidotti, R. and Hlavajova, M. (eds) (2018), *Posthuman Glossary*, Bloomsbury Publishing, London.
- Brisotto, C., Carney, J., Macaione, I. and Raffa, A. (2023), "Cambiamenti climatici nei paesaggi di bonifica – Adattamento tra modulo e modularità | Climate change in reclamation landscapes – Adaptation between module and modularity", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 62-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1442023 [Accessed 30 December 2024].
- Bruno, D., Palmieri, S., Palomba, R., D'Alessandro, F. and Bisson M. (2024), "Infrastrutture di mobilità intelligenti e sostenibili – Un nuovo sistema di connessioni urbane | Smart and sustainable mobility infrastructure – A new system of urban connections", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 286-295. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15232024 [Accessed 30 December 2024].
- Butera, F. M. (2024), "La Città Ideale | The Ideal City", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 30-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1622024 [Accessed 30 December 2024].
- Butera, F. M. (2023), *Affrontare la Complessità – Per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Canessa, N. V. and Centanaro, C. (2024), "Co(mplex)city – Utente come sensore urbano e mobilità accessibile nel pro-

getto Mobiquity | Co(mplex)city – User as urban sensor and accessible mobility in the Mobiquity project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 88-97. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1672024 [Accessed 30 December 2024].

Carter, M., Ianiri, F. and Mariano, M. (2024), “Tattiche di resilienza per ambiti urbani costieri – La Marina di Latina e il Porto di New York | Resilience tactics for coastal urban areas – The Marina di Latina and the New York Harbour”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 156-173. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16132024 [Accessed 30 December 2024].

Casanovas, X., Alonso Campanero, J. A. and Campisi, T. (2024), “Patrimonio culturale e transizione energetica – Una lezione dal passato | Cultural heritage and energy transition – A lesson from the past”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 58-69. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1542024 [Accessed 30 December 2024].

Casarotto, L. and Oddone, M. (2024), “Identità territoriale scalabile – Progettare la comunicazione della complessità | Scalable territorial identity – Designing the communication of complexity”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 324-333. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16272024 [Accessed 30 December 2024].

Casiddu, N., Burlando, F. and Chen, B. (2024), “Human-de-centred Design – Verso una (nuova) era della sofferenza | Human-de-centred Design – Towards a (new) era of suffering”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 242-249. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16212024 [Accessed 30 December 2024].

Celaschi, F. Casoni, G. and Formia, E. (2024), “La mediazione del Design – L’integrazione tra agenti artificiali autonomi, produzione manifatturiera e servizi | The mediation of Design – The integration between autonomous artificial agents, manufacturing production, and services”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 334-343. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16282024 [Accessed 30 December 2024].

Ceruti, M. and Bardi, U. (2021), *Complessità, Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile*. [Online] Available at: futuranetwork.eu/public/oltreil2030/files/Documenti_news/Sintesi_Complessita_2021-06-22.pdf [Accessed 30 December 2024].

Cetorelli, G. and Papi, L. (2024), *Manuale di progettazione per l’accessibilità e la fruizione ampliata del patrimonio culturale – Dai funzionamenti della persona ai funzionamenti dei luoghi della cultura*, CNR Edizioni, Roma. [Online] Available at: dsu.cnr.it/publicazioni/ [Accessed 30 December 2024].

Chaza Chimeno, M. R., Revellini, R. and Cellucci, C. (2024), “Invecchiamento della popolazione e spazi urbani – Nuove sfide digitali per il benessere degli anziani | Ageing population and urban spaces – New digital challenges for elderly well-being”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 98-107. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1682024 [Accessed 30 December 2024].

Corradi, M., Stevens, T., Macaione, I., Raffa, A. and Andaloro, B. (2024), “Rigenerazione climatica green degli streetscapes – L’esperienza di De Urbanisten ad Anversa | Green climate-adaptive streetscapes regeneration – The De Urbanisten Experience in Antwerp”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 60-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1652024 [Accessed 30 December 2024].

Crutzen, P. J. and Stoemer, E. F. (2000), “The Anthropocene”, in *IGBP Newsletter*, n. 41, pp. 17-18. [Online] Available at: igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf [Accessed 30 December 2024].

Dal Falco, F. and Al Azhari, O. (2024), “Complessità e significati del mashrabiya nelle arti islamiche tra tradizione e innovazione digitale | Complexity and meanings of the mashrabiya in the Islamic arts between tradition and digital innovation”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 290-277. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16242024 [Accessed 30 December 2024].

Dallere, C. and Tempestini, M. (2024), “Il Centro di Formazione a Salez – Progettare la sostenibilità con interazioni semplici tra utenti e architettura | An Educational Centre in Salez – Designing sustainability through simple interactions between users and architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 118-129. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16102024 [Accessed 30 December 2024].

Davidová, M., Barath, S. and Dickinson, S. (2023), “Ambienti culturali con prospettive non solo umane – Prototipazione attraverso ricerca e formazione | Cultural environments with more-than-human perspectives – Prototyping through research and training”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 165-178. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13142023 [Accessed 30 December 2024].

DeKay, M. and Tornieri, S. (2023), “Schemi per la progettazione esperienziale – Combinare pensiero modulare e teoria integrale | Experiential design schemas – Combining modular thinking with integral theory”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 40-49. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1422023 [Accessed 30 December 2024].

Di Virgilio, N. (2023), “Fare molto con poco – Un’architettura modulare, a partire da Walter Segal | Making a lot with little – Modular architecture, starting with Walter Segal”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 164-173. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14132023 [Accessed 30 December 2024].

El-Hitami, H., Mahall, M. and Serbest, A. (2023), “Ecologia dello spazio – Progetto architettonico e relazioni transfrontaliere | An ecology of space – Architectural design for transboundary relationships”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 153-164. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13132023 [Accessed 30 December 2024].

Fabbi, I. (2023), “Smart Hubs – Una rete di oggetti urbani multifunzionali a supporto della micromobilità a Ferrara | Smart Hubs – A network of multifunctional urban objects to support micromobility in Ferrara”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 304-315. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14262023 [Accessed 30 December 2024].

Ferrante, T., Romagnoli, F. and Villani, T. (2023), “Sviluppo urbano sostenibile – Organizzazione di contenuti informativi per la transizione verso i Distretti a Energia Positiva | Sustainable urban development – Organizing information content for the transition to Positive Energy Districts”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 191-204. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13162023 [Accessed 30 December 2024].

Fioramonti, L. (2021), “Prefazione”, in Butera, F. M. (2023), *Affrontare la Complessità – Per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano, pp. 9-11.

Follesa, S., Corti, M., Struzziero, D. and Piluso, A. (2024), “Design del sistema alimentare per comunità resilienti – Agricoltura urbana e spazi sostenibili | Food system design for resilient communities – Urban agriculture and sustainable spaces”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 306-315. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15252024 [Accessed 30 December 2024].

Fonti, R. (2024), “Patrimonio per un futuro sostenibile – Il principio teorico della reversibilità e i suoi riflessi in architettura | Heritage for a sustainable future – The theoretical principle of reversibility and its reflections on architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 144-155. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16122024 [Accessed 30 December 2024].

- Friedman, T. L. (2016), *Thank You for Being Late – An Optimist's Guide to Thriving in the Age of Accelerations*, Picador, New York.
- Gaddi, R. and Mastrodonato, L. (2024), “Micro-reti locali per la transizione verde della filiera della lana | Local micro-networks for green transition of the wool supply chain”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 344-353. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15292024 [Accessed 30 December 2024].
- Gausa, M. (2024), “Complessità, n-città e sistemi dinamici multilivello – Verso una (geo)urbanità in rete e in reti | Complexity, n-city, and multilevel dynamic systems – Towards a networked (geo)urbanity and networks”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 16-29. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1612024 [Accessed 30 December 2024].
- Ghosh, A. (2017), *La grande cecità – Il cambiamento climatico e l'impensabile*, Neri Pozza, Vicenza.
- Giachetta, A. and Buondonno, L. (2024), “La formazione dell'Architetto in realtà complesse – Un nuovo approccio sul piano cognitivo | Architect training in multifaceted environments – A new cognitive level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 50-59. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1642024 [Accessed 30 December 2024].
- Giovanardi, M., Castellan, C., La Rosa, M., Pavlovic, A. and Pracucci, A. (2024), “Progettare BIPV – Strategie per gestire la complessità del fotovoltaico integrato in facciata | Designing BIPV – Strategies for managing complexity in the integration of photovoltaics in facades”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 186-193. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16152024 [Accessed 30 December 2024].
- Haraway, D. J. (2019), *Chthulucene – Sopravvivere su un Pianeta infetto*, Produzioni Nero, Roma. [Online] Available at: neroeditions.com/product/chthulucene/ [Accessed 30 December 2024].
- Iverson-Radtke, A. and Paans, O. (2024), “Computazione incorporata e spazio-materialità – Esplorare la complessità con la cyber-modellazione | Embodied computation and spatiomateriality – Exploring complexity through cybermodelling”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 194-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16162024 [Accessed 30 December 2024].
- Langella, C. Russo, D. and Scalisi, F. (2024), “Design e Gastrofisica – Innovazione e sostenibilità dei sistemi alimentari multisensoriali | Design and Gastrophysics – Innovation and sustainability of multisensory food systems”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 250-277. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16222024 [Accessed 30 December 2024].
- Lauria, A. (ed.) (2017), *Piccoli spazi urbani – Valorizzazione degli spazi residuali in contesti storici e qualità sociali*, Liguori Editore, Napoli.
- Lawton, M. P. (1982), “Competence, environmental press, and the adaptation of older people”, in Lawton, M. P., Windley, P. G. and Byerts, T. O. (eds), *Aging and the environment – Theoretical approaches*, Springer, New York, pp. 33-59.
- Losco, G., Pasqualini, C. and Khodaparast, M. (2024), “Rivitalizzare le comunità rurali – Autosufficienza energetica e valorizzazione delle risorse boschive locali | Revitalising rural communities – Energy self-sufficiency and valorisation of local forest resources”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 174-185. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16142024 [Accessed 30 December 2024].
- Maffei, S., Bolzan, P., Bianchini, M., Zeccara, F., Barbero, S., Campagnaro, C., Di Prima, N., Filippini, A., Puglielli, M., Rosato, L., Lotti, G. and Pontillo, G. (2024), “Svelare la complessità della transizione circolare per il settore del mobile imbottito | Unveiling the complexity of circular transition for the upholstered furniture sector”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 304-313. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16252024 [Accessed 30 December 2024].
- Magliocco, A. and Oneto, G. (2023), “Configurazioni spaziali nell'analisi ambientale urbana – Il contributo dell'isola di calore | Spatial configurations in urban environmental analysis – The role of the heat island effect”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 216-223. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14182023 [Accessed 30 December 2024].
- Mantzias, P. (2024), “La previsione strategica urbana nel contesto europeo – Le lezioni di Ginevra e Lussemburgo | Urban strategic foresight in European territories – Lessons from Geneva and Luxembourg”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 30-47. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1522024 [Accessed 30 December 2024].
- Mascitti, J. and Paciotti, D. (2024), “Verbal Design Modelling – Complessità, IA e innovazione di prodotto | Verbal Design Modelling – Complexity, AI and product innovation”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 344-353. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16292024 [Accessed 30 December 2024].
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens III, W. W. (1972), *The Limits to Growth*, Universe Books, New York.
- Mitchell, M. (2021), *Complexity – A Guide Tour*, Oxford University Press, New York. [Online] Available at: academia.edu/40227220/Complexity_A_Guided_Tour_Melanie_Mitchell_2009_ [Accessed 30 December 2024].
- Mobus, G. E. and Kalton, M. C. (2015), *Principles of Systems Science*, Springer, New York. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-1-4939-1920-8 [Accessed 30 December 2024].
- Montuori, L., Converso, S. and Rabazo Martín, M. (2024), “Spazi pubblici della transizione energetica – Un progetto a Nepi per il New European Bauhaus | Public spaces of the energy transition – A design in Nepi for the New European Bauhaus”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 138-147. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15102024 [Accessed 30 December 2024].
- Morin, E. (2020), “Per l'uomo è tempo di ritrovare sé stesso”, interview by Scialoja, A., in *Avvenire.it*, 15/04/2020. [Online] Available at: avvenire.it/agora/pagine/per-luomo-tempo-di-ritrovare-se-stesso [Accessed 30 December 2024].
- Morpurgo, E. (2024), “Biomateriali e zone umide – Filiere per l'edilizia e il tessile dalla valorizzazione di ecosistemi locali | Biomaterials and wetlands – Supply chains for construction and textiles through the enhancement of local ecosystems”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 314-323. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16262024 [Accessed 30 December 2024].
- Nava, C. and Melis, A. (2024), “IA generativa e complessità – Verso un nuovo paradigma nel design digitale rigenerativo | Generative IA and complexity – Towards a new paradigm in regenerative digital design”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 40-49. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1632024 [Accessed 30 December 2024].
- Ochshorn, J. (2024), “Analisi della complessità e delle contraddizioni in Architettura | Critiquing complexity and contradiction in Architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 108-117. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1692024 [Accessed 30 December 2024].
- Olivastri, C. and Tagliasco, G. (2024), “Servizi per il riuso e il riparo – L'allestimento tra touchpoints e infrastrutture relazionali | Services for reuse and repair – The arrangement between touchpoints and relational infrastructures”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 324-331. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15272024 [Accessed 30 December 2024].
- Osello, A. Ugliotti, F. M., Rimella, N. and Loddo, F. (2024a), “Modelli digitali e linguaggio naturale – Nuove

prospettive per interpretare la complessità | Digital models and natural language – New perspectives for interpreting complexity”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 212-219. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16172024 [Accessed 30 December 2024].

Osello, A., Zucco, M., Iacono, E. and Del Giudice, M. (2024b), “Logiche nascoste della complessità – Interfacce grafiche e algoritmi per il sistema edificio | Hidden logic of complexity – Graphical interfaces and algorithms for the building system”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 202-211. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16172024 [Accessed 30 December 2024].

Pietroni, L., Di Stefano, A. and Galloppo, D. (2023), “Il design modulare verso l’economia circolare – Dal ‘fare per disfare’ al ‘fare per rifare’ | Modular design towards the circular economy – From ‘making to unmake’ to ‘making to re-make’”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 274-283. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14232023 [Accessed 30 December 2024].

Porfirione, C., Ferrari Tumay, X. and Leggiero, I. (2024), “Conoscenza, innovazione e cambiamento – Il potere dell’errore nel design e nei sistemi complessi | Knowledge, innovation, and change – The power of error in design and complex systems”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 232-241. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16202024 [Accessed 30 December 2024].

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-Erlandsson, L., Weber, L. and Rockström, J. (2023), “Earth beyond six of nine planetary boundaries”, in *Science Advances*, vol. 9, issue 37, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1126/sciadv.adh2458 [Accessed 30 December 2024].

Rosmino, A. (2024), “Corpi, menti e design – Un approccio integrato per l’innovazione museale | Bodies, minds, and design – An integrated approach to museum innovation”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 278-289. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16232024 [Accessed 30 December 2024].

Santos Malaguti de Sousa, C., Queiroz Ferreira Barata, T., Dutra Profirio de Souza, C. and de Melo, F. G. (2023), “Gestione delle foreste urbane – Percorsi tecnologici design-driven per la valorizzazione dei rifiuti da potatura | Urban forests management – Design-driven technological routes for wood waste valuing”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 291-300. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13252023 [Accessed 30 December 2024].

Swiader, M., Lin, D., Szymon, S., L Kazak, J. K., Iha, K., van Hoof, J., Belčáková, I. and Altiok, S. (2020), “The application of ecological footprint and biocapacity for environmental carrying capacity assessment – A new approach for European cities”, in *Environmental Science and Policy*, vol. 105, pp. 56-74. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envsci.2019.12.010 [Accessed 30 December 2024].

Tonkinwise, C. (2015), “Design for Transitions – From and to what?”, in *Design Philosophy Papers*, vol. 13, issue 1, pp. 85-92. [Online] Available at: doi.org/10.1080/14487136.2015.1085686 [Accessed 30 December 2024].

Tucci, F., Altamura, P. and Pani, M. M. (2023), “Modulare le dinamiche urbane in chiave climatica – Spazi intermedi e neutralità climatica | Modulating urban dynamics from a climate perspective – In-between spaces and climate neutrality”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 204-215. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14172023 [Accessed 30 December 2024].

UN – United Nations (2015a), *Paris Agreement*. [Online] Available at: unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf [Accessed 30 December 2024].

UN – General Assembly (2015b), *Transforming our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 30 December 2024].

Valenti, A., Scalisi, F., Sposito, C., Dellamotta L. and Masserdotti, A. (2024), “Energia, tecnologia emotiva e valore culturale dei dati – Creare consapevolezza nell’utente con lo storytelling | Energy, emotional technology and cultural value of data – Creating user awareness through storytelling”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 70-83. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1552024 [Accessed 30 December 2024].

Venturi, R. (1966), *Complexity and Contradiction in Architecture*, The Museum of Modern Art, New York.

Villani, T., Romagna, G. and Oddi, A. (2024), “Ottimizzare la fruibilità nei musei – Gestione integrata di dati sui modi d’uso dello spazio e dei contenuti culturali | Optimising usability in museums – Integrated management of data on the use of space and cultural content”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 220-231. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16192024 [Accessed 30 December 2024].

WHO – World Health Organization (2018), *The Global Network for Age-Friendly Cities and Communities – Looking back over the last decade, looking forward to the next*. [Online] Available at: iris.who.int/bitstream/handle/10665/278979/WHO-FWC-ALC-18.4-eng.pdf?sequence=1 [Accessed 30 December 2024].

ARTICLE INFO

Received	10 September 2024
Revised	11 October 2024
Accepted	14 October 2024
Published	30 December 2024

LOGICHE NASCOSTE DELLA COMPLESSITÀ

Interfacce grafiche e algoritmi per il sistema edificio

HIDDEN LOGIC OF COMPLEXITY

Graphical interfaces and algorithms for the building system

Anna Osello, Michele Zucco, Emmanuele Iacono, Matteo Del Giudice

ABSTRACT

La teoria della complessità fornisce un quadro essenziale per analizzare gli edifici come sistemi complessi, dove elementi architettonici, strutturali e impiantistici interagiscono e influenzano il comportamento globale del sistema. Per gestire tale complessità, metodi e strumenti BIM per il Facility Management sfruttano il linguaggio del disegno per rappresentare la complessità dei dati e ottimizzarne la gestione. L'analisi di oltre tremila locali del Palazzo della Regione Piemonte, caso studio di questo contributo, dimostra come algoritmi e automatismi possano agevolare la gestione di grandi quantità di dati per migliorare la visualizzazione e l'interpretazione delle informazioni. Il contributo esamina il valore di interfacce grafiche nel rivelare logiche nascoste della complessità per trasformarle in risorse disponibili per gli utenti in un nuovo sistema di supporto decisionale.

Complexity theory provides an essential framework for analysing buildings as complex systems, influenced by the interaction of architectural, structural and building services elements. To manage this complexity, BIM methods and tools for Facility Management leverage the language of drawing to represent the complexity of data and optimise its management. The analysis of more than three thousand rooms of the Piedmont Region Palace as a case study for this contribution demonstrates how algorithms and automatisms can facilitate the management of large amounts of data to improve the visualisation and interpretation of information. This paper examines the value of graphical interfaces in revealing hidden logics of complexity and transforming them into resources available to users for a new decision support system.

KEYWORDS

sistemi complessi, BIM, algoritmi, visualizzazione dei dati, interfacce grafiche per gli utenti

complex systems, BIM, algorithms, data visualisation, graphical user interfaces

Anna Osello is a Full Professor of Drawing at the Politecnico di Torino (Italy). Her research focuses on BIM and DIM for smart city development. Since 2015, she has coordinated the drawingTOthefuture Laboratory and the VR@polito Laboratory, and she has carried out theoretical and applied research on the topics of BIM and the interoperability of data management software for the digital built environment. E-mail: anna.osello@polito.it

Michele Zucco is a Building Engineer and PhD Candidate in Urban and Regional Development at the Politecnico di Torino (Italy). He carries out research activities at the drawingTOthefuture Laboratory, mainly in the field of Drawing and BIM and methodology applied to Facility Management strategies for Public Administration. E-mail: michele.zucco@polito.it

Emmanuele Iacono is an Architect and PhD Candidate in Civil and Environmental Engineering at the Politecnico di Torino (Italy). He carries out research activities at the drawingTOthefuture Laboratory, focusing mainly on disaster risk assessment and the development of Digital Twin methodologies, integrating GIS, BIM and IoT domains as Advanced Spatial Decision Support Systems. E-mail: emmanuele.iacono@polito.it

Matteo Del Giudice is a Researcher at the Department of Structural, Geotechnical and Construction Engineering at the Politecnico di Torino (Italy). He has been studying and applying BIM methodology since 2009, investigating interoperability issues in real case studies in national and international contexts. E-mail: matteo.delgiudice@polito.it



I sistemi complessi sono un oggetto di studio fondamentale nelle scienze moderne, rappresentando un paradigma che cerca di comprendere come molteplici elementi interagenti possano generare comportamenti globali non prevedibili dalle proprietà dei singoli componenti. Prima di avviare la trattazione è fondamentale discernere tra 'complesso' e 'complicato': il primo, dal latino 'cum + plectere' (intrecciato insieme), indica una struttura la cui proprietà non derivano dalle singole parti, mentre il secondo, dal latino 'cum + plicare' (piegato insieme), si riferisce a sistemi che possono essere compresi analizzando le parti separatamente. Mentre un sistema complicato può essere 'spiegato' scomponendolo, un sistema complesso richiede un approccio olistico per la comprensione totale (Gentili, 2021). La teoria generale dei sistemi considera un sistema come un'entità che può avere natura fisica o astratta, delimitata da un confine che regola le interazioni tra elementi interni ed esterni, contrastando la visione di un insieme caotico di elementi isolati e proponendo un modello di interconnessione tra le parti (von Bertalanffy von, 1969; Fig. 1).

In sintesi un sistema complicato, seppur composto da molteplici componenti, può essere decomposto in sottoparti analizzabili separatamente; mentre un sistema complesso caratterizzato dall'emergenza – intesa come proprietà di 'e-mergere' a livello macroscopico – non può essere compreso semplicemente studiando le singole parti che lo compongono (De Santis, 2016; Morin, 2001). La comprensione di un sistema complesso esige l'analisi delle interazioni tra i suoi elementi e dei pattern emergenti, piuttosto che una mera scomposizione; in tal senso la teoria di Birkhoff (1933) rivela l'importanza di un equilibrio tra ordine e complessità, affermando che la gradevolezza percepita è massima quando l'ordine – definito da semplicità, simmetria ed equilibrio – prevale sulla complessità, generando un 'oggetto' di elevata bellezza estetica.

Il presente contributo persegue una duplice finalità: da un lato intende definire e riconoscere il sistema edificio come complesso, evidenziando l'importanza di un approccio olistico, dall'altro mostra come tale approccio, applicato a un caso studio reale attraverso algoritmi e interfacce grafiche, sveli le logiche intrinseche e nascoste del manufatto, permettendo una gestione e visualizzazione più efficace della sua complessità. Il caso studio in esame è il Palazzo Unico della Regione Piemonte (PURP), parte del progetto di ricerca finanziato da CSI Piemonte dal titolo 'Identificazione di strumenti e metodi innovativi per la manutenzione del patrimonio edilizio'. Per raggiungere gli obiettivi prefissati, il contributo adotta una struttura progressiva che accompagna dal quadro teorico alle applicazioni pratiche, illustrando come i concetti di complessità si traducano in strumenti concreti per la gestione edilizia.

A partire dall'introduzione teorica si dimostra come l'edificio sia un sistema complesso, sottolineando l'esigenza di un linguaggio grafico capace di decifrare le relazioni indirette per renderlo comprensibile e misurabile. Si delinea un flusso metodologico in tre fasi – analisi, decodifica e sintesi – che illustra l'uso di strumenti come il Visual Programming Language (VPL) per gestire tale complessità attraverso modelli informativi che esplorano le potenzialità del disegno come linguaggio tecnico-percettivo. Inoltre si sviluppano algoritmi e cruscotti interattivi per facilitare la comprensione visiva

delle dinamiche, concludendo con una riflessione sui limiti e le sfide dell'approccio proposto.

L'edificio come sistema complesso: stato dell'arte e linguaggi grafici

Nell'ambito della progettazione e della gestione degli edifici, il riconoscimento dell'edificio come sistema complesso solleva importanti interrogativi riguardo ai metodi di analisi e gestione; nella teoria dei sistemi complessi si evidenziano due approcci distintivi: il riduzionismo e l'olismo. Mentre il primo considera il mondo come una macchina composta da parti governate dal nesso causa-effetto, il secondo concepisce la realtà come sistema dinamico e integrato che supera la semplice somma delle parti valorizzando le proprietà emergenti dalle interazioni (Capra and Luisi, 2015). La visione olistica sostenuta dal pensiero sistemico enfatizza l'importanza di comprendere le relazioni globali e interne per affrontare adeguatamente la complessità dei sistemi; questi paradigmi riflettono visioni divergenti della realtà e influenzano profondamente le modalità con cui i sistemi vengono studiati e interpretati.

I sistemi complessi presentano caratteristiche e comportamenti che non possono essere adeguatamente compresi tramite un'unica prospettiva essendo caratterizzati da fenomeni come l'emergenza, la totalità, la non-linearità, l'interdipendenza, l'equifinalità e la retroazione (Capra and Luisi, 2015; Pantazis and Gerber, 2019). L'emergenza si riflette ad esempio nelle caratteristiche nuove e imprevedibili che emergono dall'interazione tra le parti, mentre la totalità implica che il sistema deve essere compreso come un tutto integrato e non solo come la somma delle sue parti: tali proprietà denotano che le dinamiche interne e le interazioni tra le parti possono generare comportamenti e caratteristiche del sistema che non sono evidenti analizzando isolatamente i singoli elementi.

La comprensione della complessità emerge come un tema centrale sia nell'architettura e nell'ingegneria, dove le dinamiche spaziali e funzionali richiedono un'attenta analisi metodica, sia nell'esplorazione artistica di Mondrian e del movimento De Stijl, che affrontano la sfida di rappresentare e interpretare la complessità della realtà attraverso un processo di progressiva astrazione e semplificazione formale (Russell, 2018). Dal momento che la capacità umana di generare informazioni eccede l'abilità di comprenderle pienamente, la metafora dell'albero – storicamente adottata per rappresentare la complessità della conoscenza e la ramificazione dei saperi (Fig. 2) – diviene disegno dello sforzo di decodificazione e organizzazione delle informazioni.

Attraverso la sua serie di opere sugli alberi Mondrian intraprende un percorso di progressiva astrazione volto a decodificare la complessità: partendo da una rappresentazione tradizionale della realtà, egli destruttura l'albero, allontanandosi progressivamente dalla dimensione fenomenica per esplorarne le forme essenziali (Holtzman and James, 1987). In 'Avond; De rode boom' (Fig. 3) permane un legame con la natura con forme e colori riconoscibili; mentre in 'Study for Blue Apple Tree' (Fig. 4) comprime la forma dissolvendo lo sfondo e con 'Horizontal Tree' (Fig. 5) adotta un reticolo cubista che riduce il legame con la realtà fenomenica pur conservando una traccia di oggettività; l'intera complessità della forma naturale giunge all'astrazione nel 'Bloeiende appelboom' (Fig. 6) dove la forma

naturale viene dissolta in piani e geometrie che dissolvono il riferimento spaziale originario (van Haafden, 2003).

Mondrian indaga la complessità intrinseca delle forme naturali scomponendole in linee, piani e colori essenziali (Fig. 7), sfidando le convenzioni tradizionali e riducendola a un ordine geometrico puro, senza perderne l'essenza. Negli ultimi anni adotta un linguaggio visivo caratterizzato da un reticolo rigoroso di linee e colori per decifrare la complessità urbana di New York (Fig. 8), creando una sintesi schematica che riflette il dinamismo della città (Bois, 1988). Similmente Theo van Doesburg, seguendo i principi del De Stijl, impiega proiezioni ortogonali e assonometrie (Fig. 9) per disarticolare l'architettura in elementi geometrici, mantenendo coerenza visiva e traducendo la complessità in forme geometriche rigorose che ne facilitano la comprensione (Jaffe, 1989).

Parallelamente nel settore edilizio affrontare e gestire la complessità dei sistemi con relazioni multiple e non lineari richiede strumenti, metodi e linguaggi capaci di tradurre l'analisi logica e critica delle funzioni d'uso degli edifici in diagrammi geometrici univoci di facile lettura (Cavallari-Murat, 1982); i grafi di Eulero, composti da nodi e archi, offrono un metodo efficace per visualizzare la complessità degli ambienti antropizzati (Delucchi, Gaiffi and Perazza, 2012). Tale configurazione consente di mappare le interrelazioni all'interno di un sistema complesso, facilitando la rappresentazione delle reti di connessioni in modo visivamente accessibile e logicamente coerente.

Per costruire un tale schema è essenziale condurre un'indagine scientifica delle correlazioni tra gli elementi del sistema al fine di sviluppare soluzioni matematicamente coerenti e minimamente soggette a errori (Novello, 2012); la complessità del sistema edilizio può essere rappresentata mediante schemi funzionali distributivi, come quelli sviluppati per la Villa Sarego (Fig. 10), che forniscono un quadro comparativo dettagliato e permettono, al contempo, di identificare e analizzare gli elementi strutturali dell'architettura, quali varianti, invariati, relazioni e ricorrenze. Tali rappresentazioni migliorano la valutazione della qualità e della funzionalità degli edifici, ottimizzando i processi progettuali.

Nell'ambito della gestione degli edifici l'integrazione tra strumenti come i modelli informativi, VPL e Facility Management (FM) rappresenta una svolta cruciale poiché ottimizza la gestione multiscalare e multidimensionale degli asset immobiliari, migliorando visualizzazione e controllo (Fatta, 2020). Tuttavia la gestione di sistemi complessi richiede un approccio metodologico sistemico e una sinergia tra innovazioni di processo e tecnologie abilitanti (Lauria, and Azzalin, 2020), per evitare criticità che potrebbero compromettere la qualità complessiva (Giallocosta, 2019). Tra le tecnologie più innovative vi è il concetto di Digital Twin (Grieves, 2014) che collega mondo fisico e virtuale tramite sensori, migliorando il flusso di dati e la gestione predittiva degli edifici (Dejaco et alii, 2022). Sebbene l'uso del Building Information Modeling (BIM) presenti criticità nella frammentazione dei dati, standard OpenBIM e l'integrazione in tempo reale possono superare tali ostacoli; sfruttare un approccio modulare dovrebbe anche semplificare la gestione della complessità architettonica (Manni and Valzano, 2023).

Sia nel contesto scientifico che artistico emerge il tentativo di rendere intellegibile la complessità

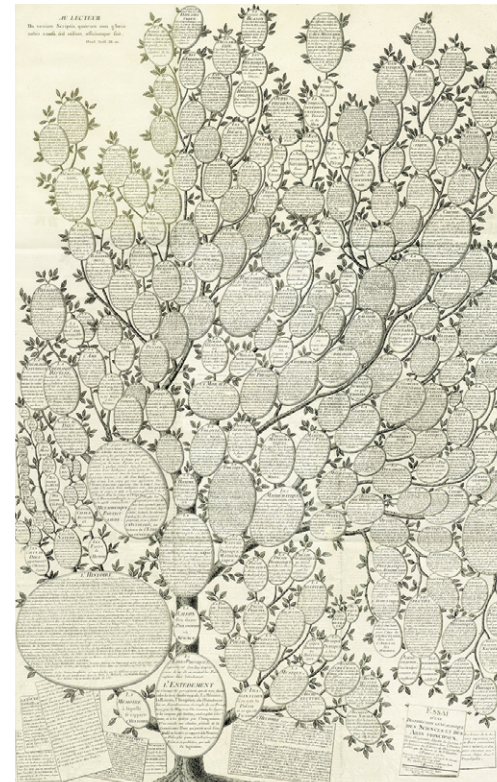
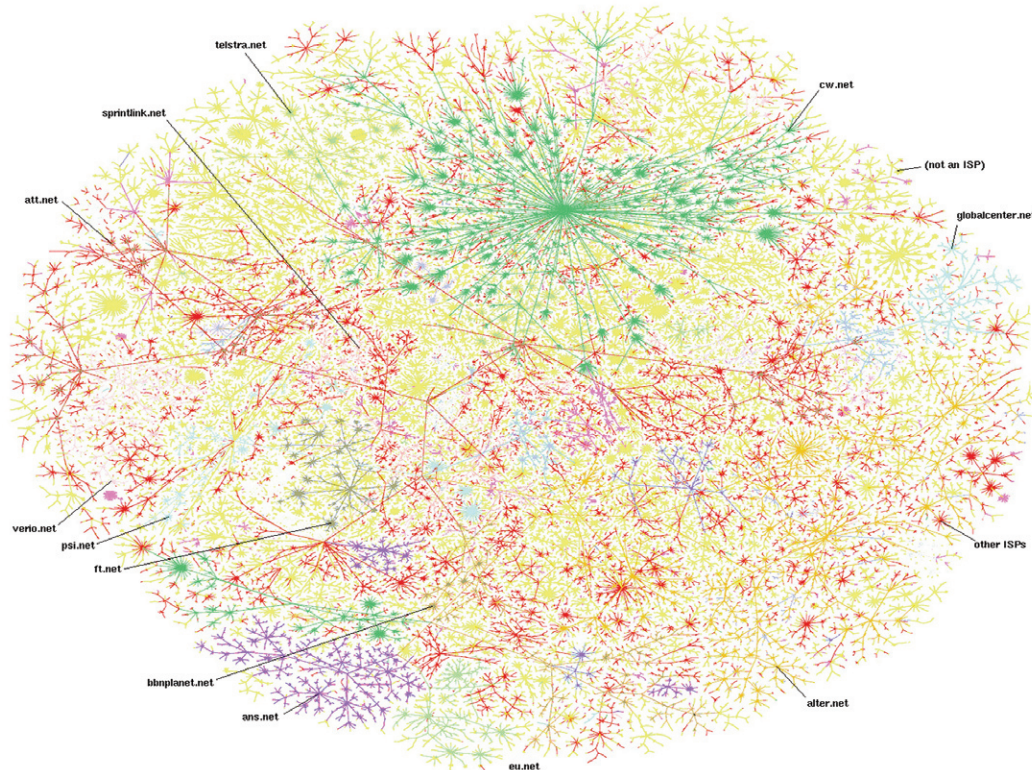


Fig. 1 | Complex system: 1999 Internet map (credit: B. Cheswick, 1999).

Fig. 2 | 'Essai d'une distribution généalogique des sciences et des arts principaux' (credit: Diderot and d'Alembert, 1751).

Tab. 1 | Properties of complex systems: definitions and examples for the building system (credit: The Authors, 2024).

Properties of Complex Systems	Description	Examples in the Building
Emergence	Property for which new and unpredictable features emerge from the interaction of constituent parts	Energy efficiency and occupant comfort result from synergistic interactions among various elements (thermal insulation, heating systems, passive design)
Totality	A system cannot be understood through the analysis of its individual components alone	A building is a unique and integrated environment in which each component (walls, systems, spaces) contributes to the overall functioning, going beyond the simple sum of its parts
Non-linearity	The relationships between components do not follow direct proportionality; small changes can have significant effects	Improving thermal insulation can reduce energy costs and improve comfort, but it could also negatively affect other factors (such as natural ventilation)
Interdependence	Each component interacts with the others, contributing to the overall behaviour of the system	The configuration of interior spaces affects energy distribution; the choice of materials affects acoustic and thermal properties
Equipfinality	Different paths can lead to the same end result; the same state can be achieved in different ways	A comfortable indoor environment can be achieved with either materials with high thermal inertia or an advanced air conditioning system, demonstrating that various approaches can achieve the same goal
Feedback	Feature in which the behaviour of the system affects its components, which in turn change the overall behaviour	Heating and cooling systems regulate indoor temperature based on outdoor conditions, creating a feedback loop; material wear and tear depends on occupants' use of spaces

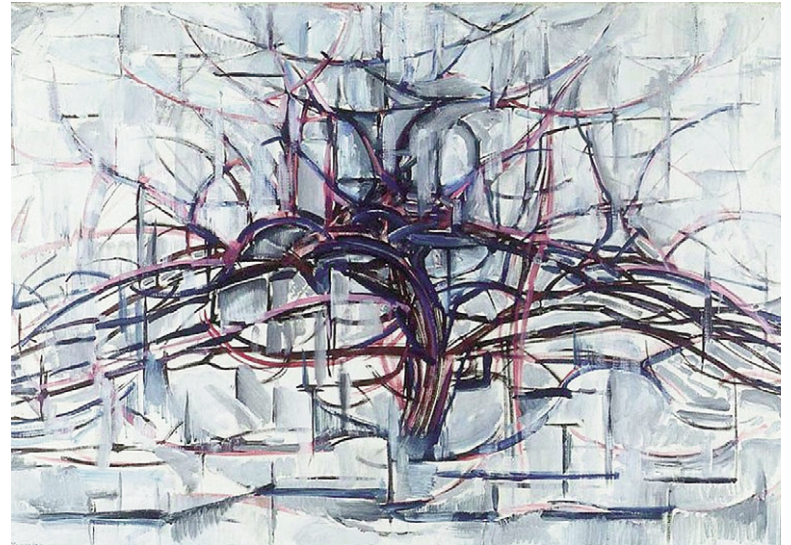
attraverso la scomposizione e reinterpretazione, utilizzando linguaggi diversi; essa deve essere affrontata simultaneamente sviluppando un linguaggio che permetta di scomporre e analizzare il sistema in componenti elementari (approccio riduzionistico) e interpretando il comportamento del sistema nella sua totalità (approccio olistico): questa strategia combina analisi dettagliate e comprensione globale valorizzando una valutazione completa delle dinamiche del sistema edilizio.

È evidente che in questo scenario un edificio può essere considerato un sistema complesso, poiché non rappresenta una semplice sommatoria di spazi, elementi tecnici, materiali e impianti, ma al contrario un insieme integrato in cui ogni componente interagisce con le altre determinando il comportamento globale del 'sistema edificio'. La complessità di tale sistema si manifesta attraverso le stesse proprietà tipiche dei sistemi complessi (Pantazis and Gerber, 2019; Manni and Valzano, 2023);

a tal proposito, la Tabella 1 rimanda a una panoramica dettagliata delle proprietà con le relative descrizioni ed esempi.

Metodologia e fasi della ricerca | L'approccio metodologico adottato ricostruisce il flusso procedurale per la gestione del Patrimonio costruito, mediante un diagramma ad albero che illustra il processo decisionale informativo (Fig. 11); tale schema inizia dalla definizione del quadro esigenziale, comprendente le esigenze dell'utente, le condizioni del manufatto e le variabili coinvolte articolandosi in tre fasi: analisi, decodifica e sintesi.

La fase di analisi si concentra sulla comprensione globale del manufatto attraverso diverse attività di raccolta dati, quali l'osservazione percettiva, il rilievo geometrico e lo studio analitico della documentazione tecnica disponibile; a tale scopo risulta necessario un modello informativo basato sul BIM per integrare una vasta gamma di dati sia statici che dinamici (Grieves, 2014). Questa prima organizzazione consente di ottenere una rappresentazione digitale coerente ed efficace, fungendo da piattaforma di riferimento per l'aggregazione e l'analisi di dati provenienti da diverse fonti (ad esempio sensori IoT, scansioni laser e fotogrammetria) e dati spaziali e non spaziali. Tale approccio me-



Figg. 3, 4 | 'Avond; De rode boom' (1908-1910) and 'Study for Blue Apple Tree Series' (1909) by Piet Mondrian (credits: Kunstmuseum Den Haag, The Hague).

Figg. 5, 6 | 'Horizontal Tree' (1911) and 'Bloeiende appelboom' (1912) by Piet Mondrian (credits: Munson-Williams-Proctor Arts Institute, Utica; Kunstmuseum Den Haag, The Hague).

toadologico non solo gestisce la complessità delle informazioni stabilendo le correlazioni necessarie per comprendere le relazioni tra i singoli componenti e l'intero manufatto (Buratti, Conte and Rossi, 2022), ma riflette il paradigma della complessità descritto da Morin (1993), in quanto l'interconnessione tra le parti e l'insieme è cruciale per una comprensione olistica del sistema.

La fase di decodifica si basa sulla manipolazione e ottimizzazione dei dati precedentemente raccolti utilizzando le potenzialità parametriche del modello BIM. L'informazione storicizzata nel modello deve essere ulteriormente elaborata per supportare le attività collaborative tipiche della fase di gestione: grazie alla teoria del Computational Thinking logiche operative basate sul pensiero computazionale ottimizzano l'uso del modello BIM nella gestione e la manutenzione (Mariani, 2020). Strumenti basati sul VPL eseguono processi automatici per la rappresentazione dell'informazione attraverso interfacce grafiche interattive. Algoritmi per identificare le logiche più efficaci nell'impiego dei modelli informativi riflettono i principi della teoria generale dei sistemi e li applicano al Patrimonio costruito, enfatizzando l'importanza dell'interrelazione e della gerarchizzazione tra sottosistemi per una gestione efficace.

La fase di sintesi usa i risultati generati dagli algoritmi precedenti e sulle logiche identificate per esplorare ulteriormente le potenzialità del modello BIM. Sviluppando interfacce grafiche personalizzate tramite strumenti di Business Intelligence (BI) è possibile visualizzare i dati complessi in modo sistematico ottimizzando così la velocità e l'efficienza delle decisioni dei vari attori coinvolti (Deutsch, 2015; Osello et alii, 2024). Questa fase può essere supportata dall'impiego di tecnologie di realtà estesa (XR) che migliorano l'interazione dell'utente consentendo una gestione più efficace delle attività manutentive e aumentando la consapevolezza degli operatori coinvolti (Zucco, Del Giudice and Osello, 2024).

Il processo descritto culmina con l'azione da parte dell'utente che sfrutta il modello BIM computazionale per definire la strategia manutentiva ottimale, tuttavia la crescente complessità dei dati richiede un approccio metodologico utile a estrarre informazioni utili alla gestione a lungo termine dell'edificio, il che implica la capacità intrinseca dell'utente di identificare correlazioni tra variabili eterogenee e di creare nuove conoscenze tramite modelli predittivi avanzati.

L'approccio descritto è applicato al caso di studio del PURP (Fig. 12) che integra metodologie BIM

e tecniche di visualizzazione per le attività di FM, costituendo una prima risposta alle sfide contemporanee della gestione del Patrimonio costruito e promuovendo una maggiore efficienza, trasparenza e sostenibilità nel processo decisionale informativo.

Gli algoritmi | Le possibilità date dall'utilizzo di strumenti VPL, i quali consentono di strutturare automatismi non già predisposti tra le funzionalità base del software, fanno sì che la complessità intrinseca di un edificio possa essere facilmente decodificata. La costruzione di algoritmi strutturati sotto forma di grafi fatti di nodi e connessioni che divengono essi stessi sorte di alberi, diramazioni di logiche elementari assemblate a costituire nuove personalizzate funzionalità, diviene così la modalità attraverso la quale la comprensione e la conoscenza degli articolati aspetti di un edificio modellato divengono possibili.

In modo particolare si è voluto esplorare tali possibilità attraverso lo sviluppo di due differenti algoritmi, realizzati all'interno dell'applicativo Dynamo for Autodesk Revit, con l'obiettivo di studiare alcuni aspetti del presente caso studio tramite due diverse modalità di astrazione del sistema architettonico.

In primo luogo si è messa alla prova la possibilità di estrapolare l'organizzazione spaziale-fun-

zionale dell'edificio esplorando le potenzialità dei summenzionati schemi funzionali-distributivi (Cavallari-Murat, 1982; Novello, 2012) come strumento di rappresentazione grafica della stessa. Ciascun nodo del grafo rappresenta una funzione specifica, raffigurata come un cerchio la cui area è proporzionale alla superficie ad essa assegnata e le connessioni tra i diversi nodi indicano le possibili relazioni spaziali e modalità di comunicazione tra le varie funzioni. La lettura di una tale schematizzazione degli spazi dell'edificio consente dunque di cogliere, in modo immediato e sintetico, la struttura spaziale-funzionale dell'edificio, facilitandone la comprensione sia per il professionista che per l'utente finale.

L'algoritmo sviluppato a tale scopo permette all'utente di effettuare una scelta iniziale, tramite la quale sarà generato il diagramma per il livello dell'edificio desiderato; da esso, attraverso un'operazione di filtraggio degli elementi presenti all'interno dell'intero modello, selezionati prima per livello e poi per categoria, sono estratti gli elementi necessari per l'analisi spaziale, ovvero locali e porte. Dei primi viene letta la destinazione d'uso assegnata, la quale determinerà una specifica codifica cromatica nel diagramma, la superficie, utilizzata per proporzionare il relativo cerchio, nonché la sua posizione nello spazio, sotto forma di centroide del poligono costituente il perimetro dello stesso.

Allo stesso modo sono letti gli elementi identificati come porte, i quali sono utilizzati per ricostruire le relazioni tra gli spazi che esse mettono in comunicazione; tali relazioni sono computate attraverso una serie di operazioni, parzialmente elaborate anche tramite lo sviluppo di script ad hoc in linguaggio Python, che in primis stabiliscono una comunicazione con la Revit API (interfaccia di programmazione del software) così da poter estrarre, da ciascun oggetto, il parametro relativo ai punti di accesso (da locale / a locale); in seguito utilizzano tale informazione per determinare l'esistenza di un collegamento tra due locali separati da una di tali porte, quindi grazie agli identificativi presenti per ciascun locale, è possibile materializzare un albero di relazioni tra i locali dell'edificio, piano per piano, e visualizzare tali relazioni all'interno del suddetto diagramma (Fig. 13).

La seconda esplorazione delle possibilità della programmazione visuale finalizzata alla comprensione della complessità dell'edificio è stata orientata alla costruzione di un automatismo che per-

mettesse, a seguito di una ricostruzione volumetrica di tutti gli spazi dell'edificio, di effettuare una verifica speditiva del modello, definendo una codifica grafica con la quale mappare determinate proprietà dei locali, utile successivamente a effettuare una lettura visiva dei valori e individuare potenziali anomalie.

L'algoritmo strutturato a tale scopo raccoglie i dati relativi ai locali presenti all'interno di ciascun livello del modello e ne estrapola perimetro e altezza, per ricostruirne tridimensionalmente la geometria (poiché i locali, all'interno del software, risultano essere entità astratte, descritte spazialmente soltanto dai componenti edilizi che le delimitano), nonché parametri utili alla verifica grafica di cui sopra, tra cui tipo e categoria funzionale. Dopo una preliminare operazione di ricostruzione volumetrica – basata sull'elaborazione dei perimetri appartenenti a ciascun locale, l'estrusione indipendente di ognuno di essi e la successiva sottrazione booleana dei solidi interni da quello esterno (così da poter gestire casi limite di presenza di vuoti o di locali nidificati) – una mappatura cromatica dei locali viene applicata a ciascuno di essi in base alla selezione, da parte dell'utente, del parametro del quale visualizzare l'output grafico.

Il risultato è un modello volumetrico che può divenire allo stesso tempo punto di arrivo dell'analisi o principio di verifiche più dettagliate (Fig. 14). In particolare, grazie alla quantità di dati raccolti sull'edificio, all'interno del medesimo algoritmo è possibile predisporre grafici, i quali elaborano dati direttamente estratti dalle proprietà associate a ogni locale, per una visione d'insieme di quanto modellato e compilato; essi possono essere un primo passo verso la definizione di interfacce grafiche orientate alla comprensione della complessità dell'edificio.

Visualizzazione del sistema edificio | La visualizzazione delle informazioni riveste un ruolo fondamentale, in particolare quando si tratta di gestire un sistema complesso come un edificio. La capacità di rappresentare visivamente dati rilevanti non solo facilita la comprensione delle dinamiche e delle interazioni tra gli elementi strutturali e funzionali dell'edificio, ma contribuisce anche a migliorare il processo decisionale attraverso un'esperienza interattiva e intuitiva. È essenziale, dunque, che la progettazione dell'interfaccia grafica segua un approccio

sistematico e ragionato, adottando soluzioni visive che garantiscano chiarezza, accessibilità e gestione efficace delle informazioni (Conato and Frighi, 2020).

Esempio di tale approccio è il cruscotto interattivo sviluppato tramite applicazioni di BI (Fig. 15): questa interfaccia grafica permette una visualizzazione chiara e ordinata delle informazioni attraverso diversi diagrammi e selettori che consentono di filtrare i dati secondo criteri specifici, come le categorie dei locali e i livelli dell'edificio. L'uso di grafici a barre, diagrammi a torta, chord diagram e indici di performance (KPI) consente di rendere la complessità del sistema edilizio una risorsa visibile, gestibile e comprensibile. In particolare, elementi chiave come i KPI e i chord diagram evidenziano le relazioni tra le categorie di spazi e le funzioni, facilitando l'analisi delle interconnessioni critiche all'interno dell'asset.

Gli strumenti descritti, offrendo un'elevata interattività, consentono la manipolazione e l'interrogazione semi-automatica dei dati, ottimizzando l'efficienza del processo decisionale per le operazioni di FM (Halmetoja and Forns-Samso, 2020).

Riflessioni conclusive: trasferibilità, limiti e sviluppi futuri

La visione proposta dal contributo, che combina approcci riduzionistici e olistici per affrontare la complessità del Patrimonio costruito, permette di svelare e gestire le logiche nascoste nel sistema edilizio, attraverso strumenti di visualizzazione avanzati e una progettazione sistemica. L'adozione di algoritmi e modelli BIM, combinati con i principi del Computational Thinking, consente di decodificare e visualizzare la complessità delle relazioni tra gli elementi dell'edificio: il risultato è una rappresentazione ottimizzata per il FM che riduce la complessità operativa proponendosi come uno strumento scalabile e affidabile per il supporto alle decisioni. Il processo presentato, inteso come flusso metodologico, è trasferibile in altri settori affini che similmente richiedono lo sviluppo di modelli digitali complessi finalizzati alla gestione di asset. Ciò che potrebbe differire è tuttavia la concreta implementazione dell'algoritmo proposto, rispetto alle caratteristiche del contenitore informativo, alle specifiche esigenze dell'utilizzatore e ai requisiti informativi propri del settore d'interesse.

Malgrado l'evidente rilevanza degli approcci sistemici per affrontare la complessità intrinseca dei

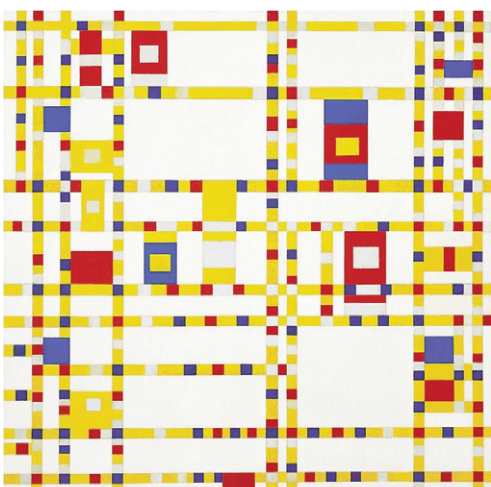


Fig. 7 | 'Tableau I' (1921) by Piet Mondrian (credit: Kunstmuseum Den Haag, The Hague).

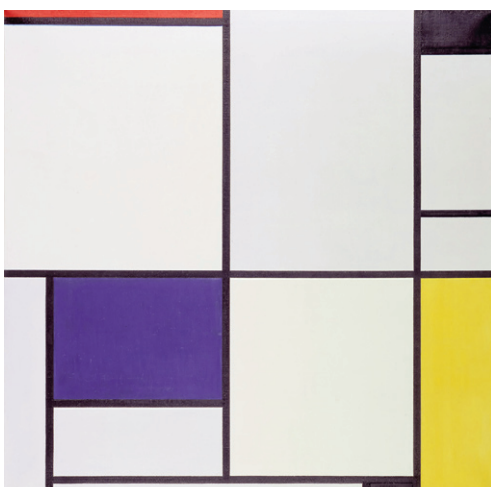


Fig. 8 | 'Broadway Boogie Woogie' (1943) by Piet Mondrian (credit: MoMA, New York).

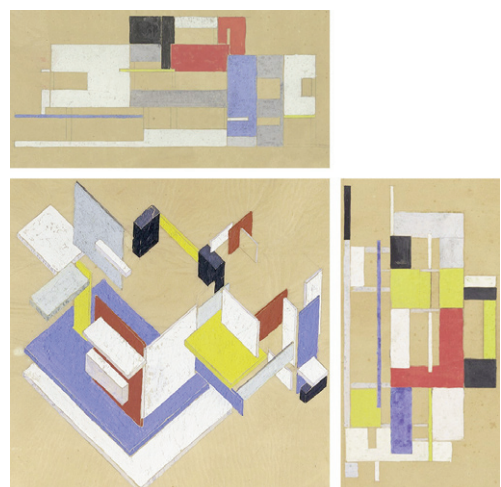


Fig. 9 | 'Composition with Maison Particulière' by Theo van Doesburg' (credit: The Authors, 2024).

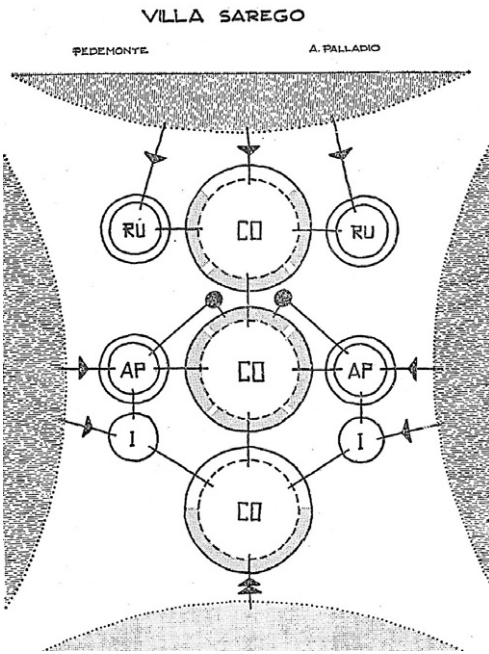


Fig. 10 | Functional urban plan of the complex Villa Sarego in Pedemonte by Andrea Palladio, designed by Augusto Cavallari-Murat (source: Cavallari-Murat, 1982).

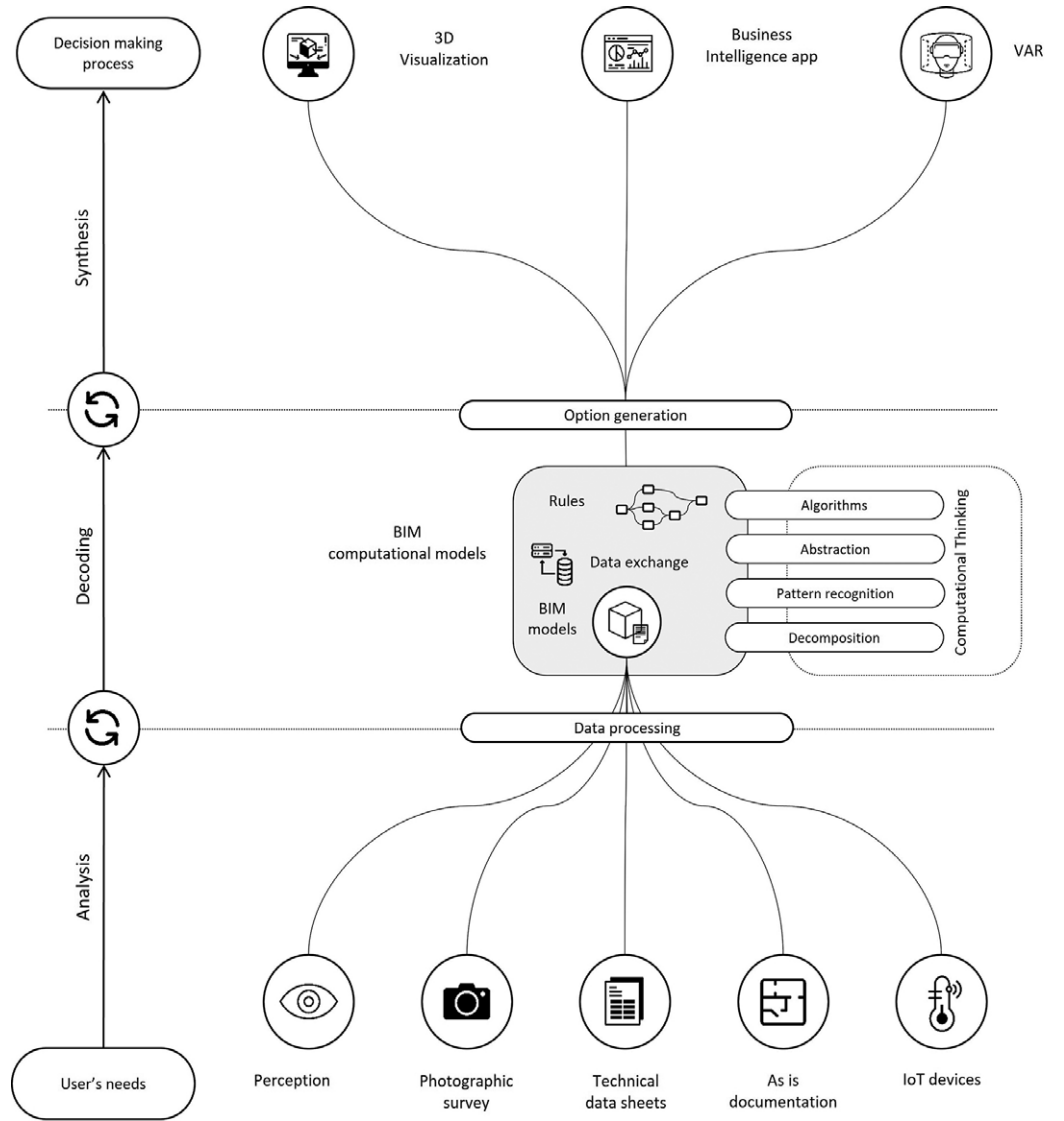


Fig. 11 | Methodological outline (credit: The Authors, 2024).

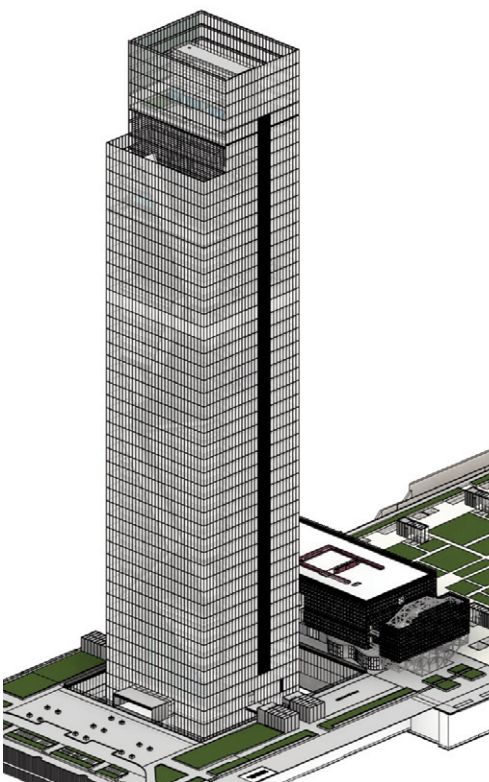


Fig. 12 | BIM model of the case study: Palazzo Unico della Regione Piemonte (credit: The Authors, 2024).

sistemi edilizi (Lauria and Azzalin, 2020; Giallocosta, 2019; Fatta, 2020), l'approccio proposto evidenzia limiti e criticità di natura epistemologica, applicativa e sociale. La concezione dell'edificio come sistema complesso richiede una comprensione olistica delle interazioni tra i suoi molteplici elementi, comportando l'adozione di un linguaggio grafico innovativo. Tuttavia, sebbene teoricamente promettente, nella pratica si dimostra di difficile attuazione, poiché la traduzione delle dinamiche complesse in schemi visivi può condurre a una semplificazione eccessiva, compromettendo la ricchezza delle informazioni necessarie per una gestione ottimale.

Parallelamente, l'impiego di modelli informativi e dei relativi dati offre vantaggi in termini di visualizzazione e analisi ma richiede l'adozione di strumenti e competenze tecniche avanzate, rappresentando un ostacolo significativo per molte organizzazioni pubbliche, caratterizzate da risorse limitate e formazione insufficiente. Infine la crescente dipendenza dagli automatismi tecnologici rischia di relegare in secondo piano la valutazione qualitativa, essenziale per cogliere le peculiarità di ciascun edificio, che sfugge a un'analisi meramente quantitativa ma vitale per una gestione efficace della complessità architettonica e funzionale.

Tra gli impatti auspicati nel presente studio l'approccio all'edificio inteso come sistema complesso e integrato permette, attraverso la visualizzazione interattiva e intuitiva dei dati complessi, anche a utenti

non esperti come i decisori pubblici e privati di accedere a dati e comprendere le informazioni sulla gestione degli edifici, migliorando il processo decisionale. Sviluppi futuri potrebbero orientarsi verso l'integrazione tra strumenti di FM e tecnologie emergenti (Intelligenza Artificiale e Machine Learning) per abilitare analisi predittive sempre più accurate, migliorando la gestione delle criticità operative. Analogamente l'integrazione con sistemi di monitoraggio in tempo reale tramite sensori e reti IoT permetterebbe la creazione di un Digital Twin, ottimizzando la gestione proattiva delle strutture e favorendo efficienza e sostenibilità (Dejaco et alii, 2022).

È auspicabile che l'innovazione tecnologica rinnovi il settore delle costruzioni accogliendo la transizione digitale come un'opportunità portare a sistema la gestione dei fabbricati adottando tali strumenti per 'dispiegare' e dipanare la complessa rete di interrelazioni del sistema edifico. L'esperienza del PURP testimonia la volontà di una Pubblica Amministrazione di raccogliere questa sfida proponendosi come esempio d'avanguardia sul territorio nazionale.

Complex systems are a fundamental object of study in modern science, representing a paradigm that seeks to understand how multiple interacting elements can generate global behaviour that cannot

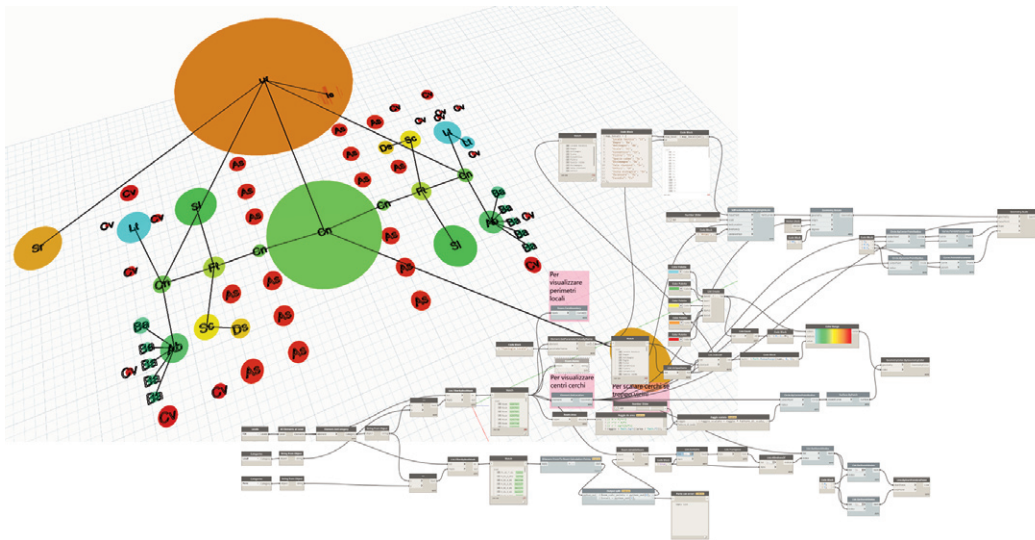
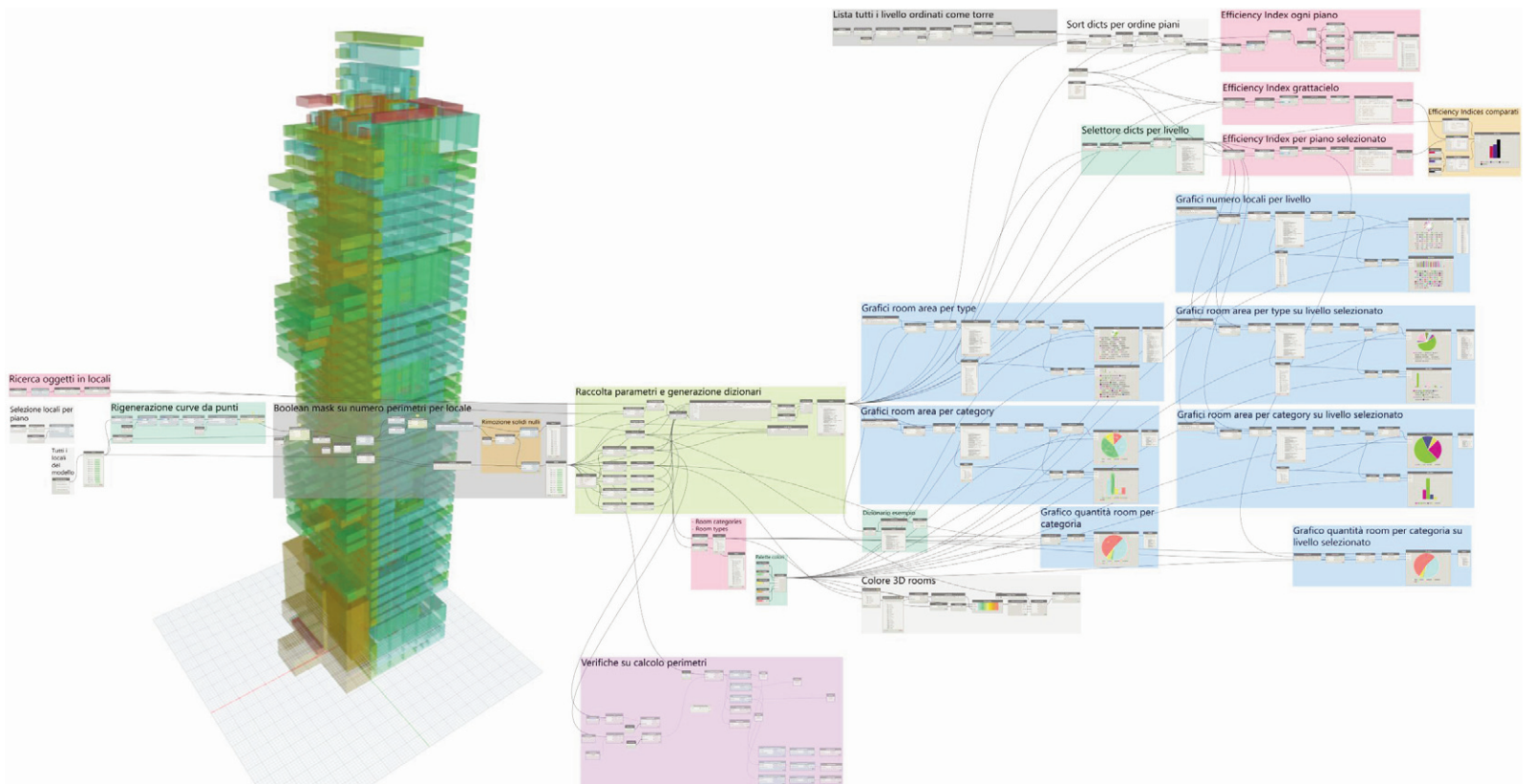


Fig. 13 | Algorithm for generating functional distribution diagrams and their graphical restitution (credit: The Authors, 2024).

Fig. 14 | Algorithm for room generation and its graphical restitution (credit: The Authors, 2024).

Next page

Fig. 15 | Usage diagram of the proposed user-based application (credit: The Authors, 2024).

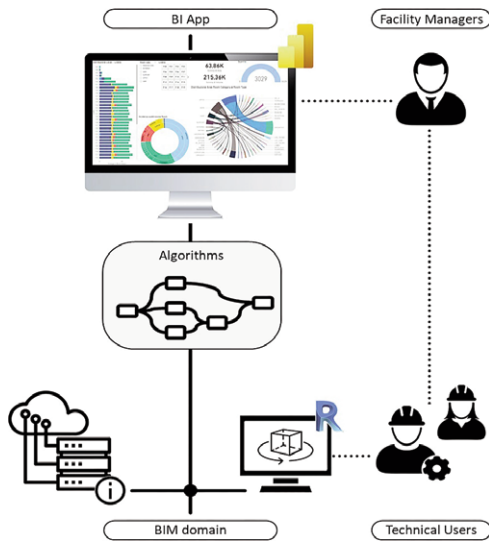


be predicted based on the properties of individual components. It is essential to discern between ‘complex’ and ‘complicated’ before commencing: the former, from the Latin ‘cum + plectere’ (woven together), indicates a structure whose properties are not derived from its individual parts, while the latter, from the Latin ‘cum + plicare’ (folded together), refers to systems that can be understood by analysing the parts separately. While a complicated system can be ‘unfolded’ and thus explained by breaking it down, a complex system requires a holistic approach for total understanding (Gentili, 2021). General systems theory views a system as an entity that can be physical or abstract, defined by a boundary that regulates the interactions between internal and external elements. This contrasts with the view of a chaotic collection of isolated elements and proposes a model of interconnectedness between the parts (von Bertalanffy von, 1969; Fig. 1).

In summary, a complicated system, even if comprising multiple components, can be decomposed into sub-parts that can be analysed separately. On the other hand, a complex system is characterised by emergence – understood as the property of ‘emerging’ at the macroscopic level – and cannot be understood simply by studying its individual parts (De Santis, 2016; Morin, 2001). The understanding of a complex system requires the analysis of the interactions between its elements and emerging patterns, rather than mere decomposition; in this sense, Birkhoff’s theory (1933) reveals the importance of a balance between order and complexity, stating that perceived pleasantness is at its maximum when order – defined by simplicity, symmetry and balance – prevails over complexity, generating an ‘object’ of high aesthetic beauty.

This contribution pursues a twofold purpose: on the one hand, it aims to define and recognise the

building system as complex, highlighting the importance of a holistic approach, and on the other hand, it shows how this approach, applied to a concrete case study through algorithms and graphical interfaces, reveals the intrinsic and hidden logic of the building, enabling more effective complexity management and visualisation. The case study under examination is the Palazzo Unico della Regione Piemonte (PURP), part of the CSI Piedmont-funded research project entitled ‘Identificazione di strumenti e metodi innovativi per la manutenzione del patrimonio edilizio’ (lit. ‘Identification of innovative tools and methods for the maintenance of the built heritage’). To achieve these objectives, the contribution adopts a progressive structure that leads from the theoretical framework to practical applications, illustrating how complexity concepts are translated into concrete tools for building management. The theoretical introduction shows how the building is a complex sys-



tem, emphasising the need for a graphic language capable of deciphering the indirect relationships to make it comprehensible and measurable. A three-stage methodological flow – analysis, decoding and synthesis – is outlined, illustrating the use of tools such as Visual Programming Language (VPL) to manage such complexity through information models that explore the potential of drawing as a technical-perceptual language. Furthermore, algorithms and interactive dashboards are developed to facilitate a visual understanding of the dynamics, culminating in a reflection on the limitations and challenges of the proposed approach.

The building as a complex system: state of the art and graphic languages

In the building design and management field, the recognition of the building as a complex system raises important questions regarding methods of analysis and management. Two distinctive approaches stand out in complex systems theory: reductionism and holism. While the former considers the world a machine composed of parts governed by the cause-effect nexus, the latter conceives of reality as a dynamic and integrated system that goes beyond the simple sum of the parts by enhancing the properties emerging from interactions (Capra and Luisi, 2015). The holistic view advocated by systems thinking emphasises the importance of understanding global and internal relationships to address the complexity of systems adequately. These paradigms reflect divergent views of reality and profoundly influence how systems are studied and interpreted.

Complex systems exhibit characteristics and behaviours that cannot be adequately understood through a single perspective as they are characterised by phenomena such as emergence, totality, non-linearity, interdependence, equifinality and feedback (Capra and Luisi, 2015; Pantazis and Gerber, 2019). Emergence is reflected, for example, in the new and unpredictable characteristics that stem from the interaction between the distinct parts, while wholeness implies that the system must be understood as an integrated whole and not merely as the sum of its parts. Such properties denote that internal dynamics and interactions among the parts can generate non-evident system behaviours and characteristics by analysing individual elements in isolation.

Understanding complexity emerges as a central theme in architecture and engineering, where

spatial and functional dynamics require careful methodical analysis. It is also evident in the artistic exploration of Mondrian and the De Stijl movement, challenged with representing and interpreting reality's complexity through progressive abstraction and formal simplification (Russell, 2018). Since the human capacity to generate information exceeds the ability to comprehend it fully, the metaphor of the tree – historically adopted to represent the complexity of knowledge and the branching of knowledge (Fig. 2) – becomes the graphic representation of the effort to decode and organise information. Through his series of works on trees, Mondrian embarks on a path of progressive abstraction aimed at decoding complexity: starting from a traditional representation of reality, he deconstructs the tree, progressively moving away from the phenomenal dimension to explore its essential forms (Holtzman and James, 1987). 'Avond; The Red Tree' (Fig. 3) shows a connection to nature through recognisable shapes and colours; whereas in 'Study for Blue Apple Tree' (Fig. 4), the shape is compressed by dissolving the background. With 'Horizontal Tree' (Fig. 5), the artist adopts a cubist grid that reduces the link with phenomenal reality while retaining a trace of objectivity. The entire complexity of the natural form reaches abstraction in 'Bloeiende appelboom' (Fig. 6), where the natural form is dissolved into planes and geometries that dissolve the original spatial reference (van Haafte, 2003).

Mondrian investigates the intrinsic complexity of natural forms by breaking them down into essential lines, planes and colours (Fig. 7), defying traditional conventions and reducing them to pure geometric order, without losing their essence. In recent years, Mondrian has adopted a visual language characterised by a strict grid of lines and colours to decipher the urban complexity of New York (Fig. 8), creating a schematic synthesis that reflects the city's dynamism (Bois, 1988). Similarly, Theo van Doesburg, following the principles of De Stijl, employs orthogonal projections and axonometries (Fig. 9) to disarticulate architecture into geometric elements, maintaining visual coherence and translating complexity into rigorous geometric forms that facilitate understanding (Jaffe, 1989).

At the same time, in the building sector, dealing with and managing the complexity of systems with multiple and non-linear relationships requires tools, methods and languages capable of translating the logical and critical analysis of building use functions into unambiguous geometric diagrams that are easy to read (Cavallari-Murat, 1982). Euler graphs, composed of nodes and arcs, offer an effective method for visualising the complexity of man-made environments (Delucchi, Gaiffi and Pemazza, 2012). Such a configuration makes it possible to map the interrelationships within a complex system, facilitating the representation of network connections in a visually accessible and logically coherent manner.

To construct such a scheme, it is essential to conduct a scientific investigation of the correlations between the elements of the system to develop mathematically consistent and minimally error-prone solutions (Novello, 2012). The complexity of the building system can be represented through functional distribution schemes, such as those developed for the Villa Sarego (Fig. 10), which provide a detailed comparative picture and, at the same time, make it possible to identify and analyse the structural elements of architecture, such as variants, invariants, relation-

ships and recurrences. Similar representations improve the assessment of the quality and functionality of buildings, optimising design processes.

In building management, the integration of tools such as information models, VPL and Facility Management (FM) represents a fundamental breakthrough as they optimise the multi-scalar and multi-dimensional management of real estate assets, improving visualisation and control (Fatta, 2020). However, managing complex systems requires a systemic methodological approach and a synergy between process innovations and enabling technologies (Lauria and Azzalin, 2020) to avoid critical issues that could compromise the overall quality (Giallocosta, 2019). Among the most innovative technologies is the Digital Twin concept (Grieves, 2014), which links the physical and virtual worlds via sensors, improving data flow and predictive management of buildings (Dejaco et alii, 2022). Although the use of Building Information Modeling (BIM) presents critical issues in data fragmentation, these can be overcome through OpenBIM standards and real-time integration. Using a modular approach should also simplify the management of architectural complexity (Manni and Valzano, 2023).

In both scientific and artistic contexts, there is an attempt to understand complexity through decomposition and reinterpretation using different languages. The complexity of the building system must be addressed simultaneously by developing a language that allows the system to be broken down and analysed into elementary components (reductionist approach) and by interpreting the behaviour of the system as a whole (holistic approach). This strategy combines detailed analysis and global understanding by enhancing a comprehensive assessment of building system dynamics.

It is evident that in this scenario, a building can be considered a complex system since it is not a simple sum of spaces, technical elements, materials and installations, but on the contrary an integrated whole in which each component interacts with the others, determining the overall behaviour of the 'building system'. The complexity of such a system manifests itself through the same properties that are typical of complex systems (Pantazis and Gerber, 2019; Manni and Valzano, 2023); in this regard, Table 1 refers to a detailed overview of the properties with descriptions and examples.

Methodology and research stages | The methodological approach adopted reconstructs the procedural flow for managing built heritage through a tree diagram illustrating the information decision-making process (Fig. 11). This approach begins with the definition of the requirements framework, including the user's needs, the conditions of the artefact, and the variables involved. It is divided into three phases: analysis, decoding, and synthesis.

The analysis phase focuses on the global understanding of the artefact through various data collection activities, such as perceptual observation, geometric survey and analytical study of the available technical documentation. This requires a BIM-based information model to integrate a wide range of both static and dynamic data (Grieves, 2014). This first organisation allows for a coherent and effective digital representation, serving as a reference platform for the aggregation and analysis of data from various sources (such as IoT sensors, laser scanning and photogrammetry) and other spatial and non-spatial data. This

methodological approach not only handles the complexity of information by establishing the correlations necessary to understand the relationships between individual components and the entire artefact (Buratti, Conte and Rossi, 2022) but also reflects the complexity paradigm described by Morin (1993), where the interconnection between the parts and the whole is crucial for a holistic understanding of the system.

The decoding phase is based on the manipulation and optimisation of previously collected data using the parametric potential of the BIM model. The information stored in the model must be further processed to support the collaborative activities typical of the management phase. Thanks to Computational Thinking theory, operational logics based on computational thinking optimise the use of the BIM model in management and maintenance (Mariani, 2020). VPL-based tools perform automatic processes for representing information through interactive graphical interfaces. Algorithms to identify the most effective logic in the use of information models reflect the principles of general systems theory and apply them to the built heritage, emphasising the importance of interrelation and hierarchy between subsystems for effective management.

The synthesis phase makes use of the results generated by the previous algorithms and the identified logic to further explore the BIM model's potential. By developing customised graphical interfaces using Business Intelligence (BI) tools, complex data can be visualised systematically, thereby optimising the speed and efficiency of decisions made by the various actors involved (Deutsch, 2015; Osello et alii, 2024). This phase can be supported by the use of extended reality (XR) technologies that improve user interaction by enabling more effective management of maintenance activities and increasing the awareness of the operators involved (Zucco, Del Giudice and Osello, 2024).

The described process culminates with the user taking action using the computational BIM model to define the optimal maintenance strategy; however, the increasing complexity of the data requires a methodological approach to extract useful information for the long-term management of the building, which implies the user's inherent ability to identify correlations between heterogeneous variables and to create new knowledge through advanced predictive models.

The approach described is applied to the PURP case study (Fig. 12) that integrates BIM methodologies and visualisation techniques for FM activities, constituting an initial response to the contemporary challenges of managing the built heritage and promoting greater efficiency, transparency and sustainability in information decision-making.

The algorithms | The possibilities provided by the use of VPL tools, which allow for the structuring of automatism not already included in the basic functionality of the software, mean that the inherent complexity of a building can be easily decoded. The construction of structured algorithms in the form of graphs of nodes and connections that themselves become tree-like, branches of elementary logic assembled to constitute new customised functionalities, thus becoming the mode through which understanding and knowledge of the articulated aspects of a modelled building become possible.

In particular, the aim was to explore these possibilities through the development of two different al-

gorithms, created within the Dynamo for Autodesk Revit software, to study certain aspects of the present case study using two different ways of abstracting the architectural system.

Firstly, the possibility of extrapolating the spatial-functional organisation of the building was tested by exploring the potential of the aforementioned functional-distributive schemes (Cavallari-Murat, 1982; Novello, 2012) as a tool for its graphic representation. Each node of the graph represents a specific function, depicted as a circle whose area is proportional to the area assigned to it. On the other hand, the connections between the different nodes indicate possible spatial relationships and modes of communication between the various functions. By interpreting this schematisation of building spaces, it is possible to immediately and concisely grasp the spatial-functional structure of the building, making it easier for both the professional and the end user to understand.

The algorithm developed for this purpose allows the user to make an initial choice, through which the diagram for the desired building level will be generated. By filtering the elements within the entire model, selected first by level and then by category, it is then possible to extract the elements necessary for spatial analysis, i.e. premises and doors. The assigned use for the former is read and determines a specific colour coding in the diagram, i.e. the surface area, used to proportion the relevant circle, as well as its position in space, in the form of the centroid of the polygon constituting its perimeter.

In the same way, the elements identified as doors are read and used to reconstruct the relationships between the spaces they connect. These relationships are computed through a series of operations, partially elaborated also through the development of ad hoc scripts in the Python language, which first establish communication with the Revit API (software programming interface) to extract, from each object, the parameter related to the access points (from room / to room). This information is then used to determine the existence of a connection between two rooms separated by one of these doors. Thus, thanks to the identifiers present for each room, it is possible to materialise a tree of relationships between the rooms of the building, floor by floor, and visualise these relationships within the aforementioned diagram (Fig. 13).

The second exploration of the possibilities of visual programming, aimed at understanding the building's complexity, focused on creating an automated system. This system would allow for quick verification of the model after a volumetric reconstruction of all the building's spaces, using graphic coding to map specific properties of the rooms and visually interpret values to identify potential anomalies.

The algorithm structured for this purpose collects data on the rooms within each model level. It then extrapolates perimeter and height, to reconstruct their geometry three-dimensionally (since the rooms, within the software, are abstract entities, spatially described only by the building components that delimit them), as well as parameters useful for the graphical verification mentioned above, including type and functional category. Following preliminary volumetric reconstruction – based on the elaboration of the perimeters belonging to each room, the independent extrusion of each of them and the subsequent Boolean subtraction of the internal solids from the external one (to handle borderline cases of the pres-

ence of voids or nested rooms) – a chromatic mapping of the rooms is applied to each of them according to the user's selection of the parameter whose graphic output is to be displayed.

The result is a volumetric model that can become either the endpoint of the analysis or the principle of more detailed verifications (Fig. 14). In particular, thanks to the amount of data collected on the building, the same algorithm can generate charts that process data directly extracted from the properties associated with each room, providing an overview of what has been modelled and compiled. These charts can be a first step toward creating graphical interfaces aimed at understanding the complexity of the building.

Visualisation of the building system | Visualisation of information plays a key role, particularly when dealing with a complex system such as a building. The ability to visually represent relevant data not only facilitates the understanding of the dynamics and interactions between structural and functional building elements but also contributes to improved decision-making through an interactive and intuitive experience. It is essential, therefore, for the design of the graphic interface to follow a systematic and reasoned approach, adopting visual solutions that ensure clarity, accessibility and effective management of information (Conato and Frighi, 2020).

An example of such an approach is the interactive dashboard developed using BI applications (Fig. 15). This graphic interface enables clear and orderly visualisation of information through various diagrams and selectors that make it possible to filter data according to specific criteria, such as room categories and building levels. The use of bar graphs, pie charts, chord diagrams and performance indices (KPIs) makes it possible to make the complexity of the building system a visible, manageable and understandable resource. In particular, key elements such as KPIs and chord diagrams highlight the relationships between space categories and functions, facilitating the analysis of critical interconnections within the asset.

The tools described, offering a high degree of interactivity, enable semi-automatic data manipulation and interrogation, optimising the efficiency of decision-making for FM operations (Halmetoja and Forns-Samsø, 2020).

Concluding remarks: transferability, limitations and future developments | The proposed vision, which combines reductionist and holistic approaches to deal with the complexity of the built heritage, allows the hidden logic in the building system to be unveiled and managed through advanced visualisation tools and systemic design. The adoption of BIM algorithms and models, combined with the principles of Computational Thinking, makes it possible to decode and visualise the complexity of the relationships between building elements. The result is an FM-optimised representation that reduces operational complexity by serving as a scalable and reliable decision-support tool.

The process, understood as a methodological flow, is transferable to other related fields that similarly require the development of complex digital models aimed at asset management. What might differ, however, is the concrete implementation of the proposed algorithm, with respect to the characteristics of the information container, the specific

needs of the user and the information requirements of the field of interest.

Despite the obvious relevance of systems approaches to address the inherent complexity of building systems (Lauria and Azzalin, 2020; Giallocosta, 2019; Fatta, 2020), the proposed approach highlights epistemological, applicative and social limitations and critical issues. The conception of the building as a complex system requires a holistic understanding of the interactions between its many elements, leading to the adoption of an innovative graphic language. However, although theoretically promising, it proves difficult to implement in practice, as the translation of complex dynamics into visual schemes can lead to oversimplification, compromising the wealth of information required for optimal management. In parallel, the use of information models and related data offers advantages in terms of visualisation and analysis but requires

the adoption of advanced tools and technical skills, representing a significant obstacle for many public organisations with limited resources and insufficient training. Finally, the risk is that the increasing reliance on technological automatism may relegate qualitative assessment to the background, and this is essential for capturing the peculiarities of each building, elusive to a merely quantitative analysis but vital for effective management of architectural and functional complexity.

One of the desired impacts is the approach to the building as a complex, integrated system, which allows even non-expert users, such as public and private decision-makers, to access data and understand building management information, thereby improving decision-making through interactive and intuitive visualisation of complex data. Future developments could move towards the integration of FM tools and emerging technologies (Artificial Intelli-

gence and Machine Learning) to enable increasingly accurate predictive analysis, improving the management of critical operational issues. Similarly, integration with real-time monitoring systems via sensors and IoT networks would enable the creation of a Digital Twin, optimising proactive facility management and promoting efficiency and sustainability (Dejaco et alii, 2022).

Hopefully, technological innovation will renew the construction industry by welcoming the digital transition as an opportunity to systematise building management by adopting such tools to ‘unfold’ and unravel the complex web of interrelationships in the building system. The PURP experience testifies to the willingness of a public administration to take up this challenge, setting itself up as a vanguard example in the country.

Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the authors. However, the introductory paragraphs, ‘The building as a complex system: state of the art and graphic languages’, and ‘Visualisation of the building system’ are to be attributed to M. Zucco, ‘Concluding remarks: transferability, limitations and future developments’ to M. Zucco, E. Iacono, and A. Osello, ‘Methodology and research stages’ to M. Del Giudice, and finally ‘The algorithms’ to E. Iacono.

References

- Birkhoff, G. D. (1933), *Aesthetic Measure*, Harvard University Press, Cambridge.
- Bois, Y.-A. (1988), “Piet Mondrian, New York City”, in *Critical Inquiry*, vol. 14, issue 2, pp. 244-277. [Online] Available at: [jstor.org/stable/1343446](https://www.jstor.org/stable/1343446) [Accessed 07 September 2024].
- Buratti, G., Conte, S. and Rossi, M. (2022), “Artificial Intelligence, Big Data and Cultural Heritage”, in Giordano, A., Russo, M., and Spallone, R. (eds), *Representation Challenges – Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*, FrancoAngeli, Milano, pp. 29-33, [Online] Available at: doi.org/10.3280/oa-686.4 [Accessed 06 September 2024].
- Capra, F. and Luisi, P. L. (2020), *Vita e Natura – Una visione sistemica – In un unico quadro teorico coerente, le idee e i modelli che costituiscono il fondamento della concezione sistemica della vita*, Aboca Edizioni, Sansepolcro.
- Cavallari-Murat, A. (1982), *Come carena viva – Scritti sparsi – Architettura tra lagune venete, Po e Tevere*, Bottega d’Erasmus, Torino.
- Conato, F. and Frighi, V. (2020), “Progetto e complessità – Un approccio multiscalar per attualizzare gli strumenti di controllo del progetto | Design and complexity – A multiscale approach for updating the project’s control tools”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 7, pp. 154-163. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/7162020 [Accessed 06 September 2024].
- De Santis, E. (2016), *I Sistemi Complessi come Sistemi di Sistemi*. [Online] Available at: academia.edu/20931342/I_Sistemi_Complessi_come_Sistemi_di_Sistemi [Accessed 06 September 2024].
- Dejaco, M. C., Scanagatta, C., Mannino, A. and Condotta, M. (2022), “Transizione digitale per il facility management – BIM, CMMS e manutenzione predittiva | Digital transition in facility management – BIM, CMMS and diagnostic maintenance”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 168-177. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12152022 [Accessed 20 September 2024].
- Delucchi, E., Gaiiffi, G. and Pernazza, L. (2012), “In primo piano – La teoria dei grafi”, in *Giochi e percorsi matematici*, Springer, Milano, pp. 27-37. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-88-470-2616-2_5 [Accessed 06 September 2024].
- Deutsch, R. (2015), *Data-Driven Design and Construction – 25 Strategies for Capturing, Analyzing and Applying Building Data*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Fatta, F. (2020), “Le molte dimensioni del modello digitale | The many dimensions of the digital model”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 7, pp. 16-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/722020 [Accessed 06 September 2024].
- Gentili, P. L. (2021), “Why is Complexity Science valuable for reaching the goals of the UN 2030 Agenda?”, in *Rendiconti Lincei | Scienze Fisiche e Naturali*, vol. 32, pp. 117-134. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s12210-020-00972-0 [Accessed 06 September 2024].
- Giallocosta, G. (2019), “Caratteri e criticità di innovazione di processo | Features and critical issues of process innovations”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 5-10. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/512019 [Accessed 20 September 2024].
- Grievess, M. (2014), *Digital Twin – Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*, whitepaper. [Online] Available at: 3ds.com/fileadmin/PRODUCTS-SERVICES/DELMIA/PDF/Whitepaper/DELMIA-APRISO-Digital-Twin-Whitepaper.pdf [Accessed 06 September 2024].
- Halmetoja, E. and Forns-Samsø, F. (2020), “Evaluating graphical user interfaces for buildings”, in *Journal of Corporate Real Estate*, vol. 22, issue 1, pp. 48-70. [Online] Available at: doi.org/10.1108/JCRE-08-2019-0037 [Accessed 06 September 2024].
- Holtzman, H. and James, M. S. (eds) (1986), *The New Art, the New Life – The Collected Writings of Piet Mondrian*, G. K. Hall & Co., Boston.
- Jaffe, H. L. C. (1989), *De Stijl 1917-1931 – Vision of Utopia*, Abbeville Press Inc, New York.
- Lauria, M. and Azzalin, M. (2020), “Open innovation per la gestione degli immobili in regime emergenziale e di post emergenza pandemica | Open innovation for property management in emergency and post-emergency pandemic regime”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 8, pp. 210-219. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8202020 [Accessed 20 September 2024].
- Manni, V. and Valzano, L. S. (2023), “Modularità e architettura adattiva – Una strategia per la gestione di sistemi d’involucro complessi | Modularity and adaptive architecture – A strategy for managing complex envelope systems”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 134-151. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14112023 [Accessed 20 September 2024].
- Mariani, M. (2020), “Visualizzare la complessità – L’approccio sistemico nella strategia progettuale”, in *AND | Rivista Di Architetture, Città E Architetti*, vol. 37, issue 1, pp. 102-109. [Online] Available at: and-architettura.it/index.php/and/article/view/300 [Accessed 07 September 2024].
- Morin, E. (2001), *Il metodo – Vol. 1 – La natura della natura*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Morin, E. (1993), *Introduzione al pensiero complesso – Gli strumenti per affrontare la sfida della complessità*, Sperling & Kupfer, Milano.
- Novello, G. (2012), “Disegnare grafi per dipanare la complessità – Eulero e Augusto Cavallari-Murat indagano luoghi, relazioni, funzioni ideando metodi per l’Ingegneria”, in *Storia dell’Ingegneria – Atti del 4° Convegno Nazionale – Tomo Primo, Napoli, 12-18 Aprile, 2012*, Cuzzolin, Napoli, pp. 265-275. [Online] Available at: iris.polito.it/handle/11583/2499175 [Accessed 06 September 2024].
- Osello, A., Del Giudice, M., Donato, A. J., and Fratto, A. (2024), “Verso la neutralità climatica – Il ruolo chiave del Digital Twin nell’Industria 5.0 | Towards climate neutrality – The key role of the Digital Twin in Industry 5.0”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 276-285. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15222024 [Accessed 06 September 2024].
- Pantazis, E. and Gerber, D. J. (2019), “Beyond geometric complexity – A critical review of complexity theory and how it relates to architecture engineering and construction”, in *Architectural Science Review*, vol. 62, issue 5, pp. 371-388. [Online] Available at: doi.org/10.1080/00038628.2019.1659750 [Accessed 06 September 2024].
- Russell, P. (ed.) (2018), *Piet Mondrian*, Delphi Publishing, London.
- van Haften, W. (2003), “Logic of artistic development – The case of Mondrian”, in *New Ideas in Psychology*, vol. 21, issue 3, pp. 221-246. [Online] Available at: doi.org/10.1063/newideapsych.2003.09.005 [Accessed 07 September 2024].
- von Bertalanffy, L. (1969), *General System Theory – Foundations, Development, Application*, George Braziller, New York.
- Zucco, M., Del Giudice, M. and Osello, A. (2024). “Digital Twin for BIM-FM Data Comparison – A Decision Support System Based on Graphical Interfaces”, in Giordano, A., Russo, M. and Spallone, R. (eds), *Advances in Representation – Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*, Springer, Cham, pp. 587-605. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-031-62963-1_36 [Accessed 06 September 2024].