

Digital Models and natural language. New perspectives for interpreting complexity - Modelli digitali e linguaggio natural. Nuove prospettive per interpretare la complessità

Original

Digital Models and natural language. New perspectives for interpreting complexity - Modelli digitali e linguaggio natural. Nuove prospettive per interpretare la complessità / Osello, A.; Ugliotti, F. M.; Rimella, N.; Loddo, F.. - In: AGATHÓN. - ISSN 2532-683X. - 16:(2024), pp. 212-219. [10.19229/2464-9309/16182024]

Availability:

This version is available at: 11583/2996847 since: 2025-01-23T09:03:34Z

Publisher:

LetteraVentidue edizioni

Published

DOI:10.19229/2464-9309/16182024

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

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



AGATHÓN

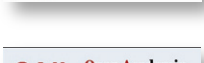
16
2024

AGATHÓN

International Journal
of Architecture, Art and Design

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

AGATHÓN is indexed on



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

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, Tunis), 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 SANJAN 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.

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» (Fioramonti, 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 (Giovanardi 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.

16
2024AGATHÓN
International Journal
of Architecture, Art and Design

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

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, multiscalar 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

MODELLI DIGITALI E LINGUAGGIO NATURALE

Nuove prospettive per interpretare la complessità

DIGITAL MODELS AND NATURAL LANGUAGE

New perspectives for interpreting complexity

Anna Osello, Francesca Maria Ugliotti, Nicola Rimella, Francesco Loddo

ABSTRACT

Nuove prospettive per l'interpretazione della complessità sono rese oggi possibili dalla collaborazione tra intelligenza umana e artificiale tramite i grandi modelli di linguaggio. Questo approccio può arricchire la narrazione delle opere edili e infrastrutturali tramite rappresentazioni semantiche tangibili e comprensibili che aumentano l'accessibilità dei modelli digitali agli utenti del settore. La ricerca esplora l'utilizzo di un chatbot come possibile strumento di interpretazione cognitiva per migliorare la comprensione e l'estrazione di conoscenza dai sempre più complessi sistemi di dati. I risultati dello studio descrivono l'implementazione di un prototipo a supporto dell'interrogazione delle informazioni grafiche e alfanumeriche in formato OpenBIM di una infrastruttura critica ai fini gestionali, manutentivi e di formazione del personale.

New perspectives for interpreting complexity are now made possible by the collaboration between humans and artificial intelligence through large language models. This approach can enrich the narrative of construction and infrastructure works through tangible and comprehensible semantic representations that increase the accessibility of digital models to users in the field. The research explores using a chatbot as a possible cognitive interpretation tool to improve understanding and knowledge extraction from increasingly complex data systems. The study results describe and highlight the crucial role of the prototype in supporting the interrogation of graphical and alphanumeric information in OpenBIM format of critical infrastructure for management, maintenance and personnel training purposes.

KEYWORDS

disegno 5.0, openbim, interazione uomo-intelligenza artificiale, large language model, chatbot

design 5.0, openbim, human-artificial intelligence interaction, large language model, chatbot

Anna Osello, Civil Engineer and PhD, is a Full Professor of Drawing at the Department of Structural, Building and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino (Italy). She conducts theoretical and applied research on BIM and interoperability of data management software for the digital built environment. Mob. +39 335/18.00.784 | E-mail: anna.osello@polito.it

Francesca Maria Ugliotti, Building Engineer and PhD, is a Researcher (RTDA) in Drawing at the Department of Structural, Construction and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino (Italy). She conducts research activities mainly on the intelligent digitisation of built heritage. Mob. +39 349/40.73.861 | E-mail: francesca.ugliotti@polito.it

Nicola Rimella, Building Engineer, is a PhD Candidate in Civil Engineering at the Department of Structural, Building and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino (Italy). He carries out research activities mainly in the field of integration of machine learning algorithms and visual programming for linear infrastructures. Mob. +39 366/32.57.734 | E-mail: nicola.rimella@polito.it

Francesco Loddo, Civil Engineer, is a PhD Candidate in Civil Engineering at the Department of Structural, Building and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino (Italy). He conducts research activities to digitalise linear infrastructures' design and maintenance processes. Mob. +39 333/79.18.494 | E-mail: francesco.loddo@polito.it



Il rapporto tra forma e contenuto è da sempre al centro del dibattito critico del settore disciplinare del Disegno; i processi descrittivi e interpretativi dell'architettura hanno subito un'evoluzione nel tempo, ampliando in modo esponenziale i loro confini in relazione al progresso e all'innovazione tecnologica (Pone, 2022; Lo Turco, Giovannini and Tomalini, 2021). Il passaggio dal disegno manuale a quello digitale ha segnato un punto significativo che ha portato a un sempre più creativo utilizzo degli strumenti di rappresentazione (Magliocco and Caneppa, 2022); la riduzione della complessità di una architettura a una superficie piana è stata ampiamente superata con l'avvento della modellazione tridimensionale virtuale (Fatta, 2020), che estende e arricchisce le raffigurazioni possibili tramite il design parametrico (Massari et alii, 2022), generativo (Manni and Valzano, 2023) o computazionale. I processi creativi utilizzano dati, numeri e parametri in forma di algoritmi per trovare soluzioni, facendo entrare i codici informatici prepotentemente nella grammatica del disegno e abilitando nuovi orizzonti per gli ingegneri e gli architetti del mondo delle costruzioni.

L'affermazione negli ultimi decenni di metodologie di avanguardia nella gestione del processo edilizio, come il Building Information Modelling (BIM), e la più ampia adozione da parte dei tecnici della programmazione visuale hanno consentito un controllo sempre più spinto dell'opera (Zheng and Fischer, 2023) attraverso l'utilizzo di strumenti informatizzati a supporto del processo progettuale e gestionale. Questi approcci innovativi hanno portato l'uomo a confrontarsi con sistemi di rappresentazione sempre più vasti e articolati, con una prospettiva multidisciplinare e multi-scalare.

I confini del progetto architettonico diventano sempre più inclusivi abbracciando domini eterogenei attraverso processi interoperabili e integrabili: se da un lato un numero sempre maggiore di variabili può contribuire alla descrizione di un progetto, dall'altro questo proliferare di dati affatica l'intelletto umano (HI) per la loro comprensione e qualificazione. In questo contesto sono necessarie applicazioni software che garantiscano una maggiore efficienza nella ricerca delle informazioni, facilitando il coordinamento dei soggetti nelle diverse fasi, quindi influenzando le performance complessive (Lin, 2023).

Nel contesto attuale l'Intelligenza Artificiale (AI) si configura come tecnologia dirompente per supportare l'uomo nell'elaborazione dei dati per l'estrazione di valore o conoscenza attraverso un approccio di tipo semantico alla rappresentazione. L'interazione HI-AI è possibile grazie ai grandi modelli di linguaggio (LLM) (Elghaish et alii, 2022), contribuendo alla traduzione di un concetto astratto in rappresentazione tangibile e comprensibile, innescando nuove strategie di narrazione di progetti di opere edilizie e infrastrutturali; diverse sono le modalità di collaborazione (Loddo et alii, 2024) per descrivere e interpretare il mondo consentendo la trasformazione di dati grezzi in informazioni utilizzabili (Fig. 1).

L'obiettivo della ricerca è esplorare l'utilizzo di un chatbot come strumento di interpretazione cognitiva per l'estrazione e l'elaborazione automatica di dati rappresentanti modelli digitali tramite algoritmi di comprensione del linguaggio naturale. Il flusso operativo è illustrato in Figura 2: un chatbot facilita la comunicazione tra uomo e algoritmi di AI basati su LLM (Adamopoulou and Maglogiannis, 2020) tramite interfacce o dispositivi che interagiscono con oggetti e servizi (Arquilla and Paracolli,

2023). È un sistema cognitivo, poiché capace di apprendere, ragionare con uno scopo e interagire con HI o altri sistemi digitali (Demirkan, Earley and Harmon, 2017): l'utente formula richieste in linguaggio naturale e il chatbot le interpreta, classificandole in query appropriate e utili a fornire risposte (Chizhik and Zhrebtsova, 2020).

Lo studio si focalizza sull'uso di chatbot per consultare dati relativi a opere edili e infrastrutturali in modo intuitivo; la creazione di un prototipo basato su un caso reale è fondamentale per validare l'approccio e analizzarne le implicazioni. L'innovazione risiede nella capacità di interagire sequenzialmente con le informazioni grafiche e alfanumeriche del modello digitale in formato OpenBIM per finalità gestionali, manutentive e formazione del personale.

L'interfacciamento con banche dati BIM e la selezione automatica di informazioni rispetto a obiettivi formulati in linguaggio naturale sono temi di grande rilevanza per la comunità scientifica, permettendo un'accessibilità senza precedenti, in particolare per utenti privi di competenze specifiche nella modellazione digitale e gestione informatica dei dati. Questo approccio è cruciale nell'ambito del Digital Twin (Barricelli, Casiraghi and Fogli, 2019), che descrive il funzionamento di un sistema tramite il suo gemello digitale, capace di integrare dati statici del patrimonio costruito con Big Data (Osello et alii, 2024).

Stato dell'arte | I cosiddetti programmi chatbot facilitano l'interazione operatore-software attraverso comandi basati sul linguaggio naturale che, vagliati dall'AI, sono in grado di fornire soluzioni più o meno complesse. Nel contesto della filiera delle costruzioni, la possibilità di automatizzare la creazione di immagini e modelli 3D (Zhang et alii, 2023) ha motivato la ricerca a interrogarsi rispetto a questa nuova opportunità.

Diverse pubblicazioni analizzano l'uso della messaggistica istantanea in questo contesto, sottolineandone le potenzialità (Rane, Choudhary and Rane, 2023; Fig. 3) lungo l'intero ciclo di vita di un'opera (Espinosa Gispert et alii, 2023): in fase di progettazione gli assistenti virtuali supportano architetti e ingegneri nella verifica di regolamenti, linee guida e standard edilizi, ma anche nella redazione di documenti preliminari (Ko et alii, 2023); in fase di gestione facilitano la consultazione di inventari e scadenze, con la possibilità di generare notifiche per eventi critici come guasti (Alhammadi, 2023). I chatbot possono anche fornire accesso rapido ai dati attraverso piattaforme di collaborazione come Microsoft Teams e Slack, supportando riunioni tecniche.

Lo sviluppo di interfacce di dialogo per esaminare i modelli BIM è cruciale per facilitare la collaborazione tra professionisti, consentendo una comprensione più chiara delle informazioni (Mutis and Ramachandran, 2021; Lin, Huang and Putranto, 2022).

Secondo Cho e Lee (2019), la principale criticità nell'uso dei chatbot in ambito edilizio riguarda l'interoperabilità con i modelli BIM e nonostante sia possibile creare modelli dettagliati trasferire informazioni durante il ciclo di vita dell'opera è spesso laborioso: la letteratura si concentra infatti sull'interoperabilità tra software, ma anche quella tra persone con varie competenze che operano sul manufatto in tempi diversi è cruciale (Yousefzadeh et alii, 2015). Il problema è evidente nella difficoltà di sfruttare i dati BIM nei programmi operativi nonostante la scomposizione dei modelli BIM in elementi e la loro schematizzazione in tabelle ne faciliti la comprensione e l'i-

spezione. Questa semplificazione avviene tramite open database (Lin, 2023) o esportazione in formato Industry Foundation Classes¹ (IFC) e altri formati testuali (Fernandes et alii, 2024).

L'esportazione in formato IFC garantisce lo scambio di informazioni tra software BIM e altri programmi: il software di importazione deve leggere il file o convertirlo e accedere alle Application Programming Interface² (API) per implementare le funzionalità del chatbot. Tuttavia l'aspetto critico nella condivisione dei dati riguarda la semantica dei modelli in quanto, sebbene il formato IFC sia progettato per favorire l'interoperabilità grazie a una struttura standard (Bormann et alii, 2018), le discrepanze nell'interpretazione dei dati possono causare perdite di informazioni.

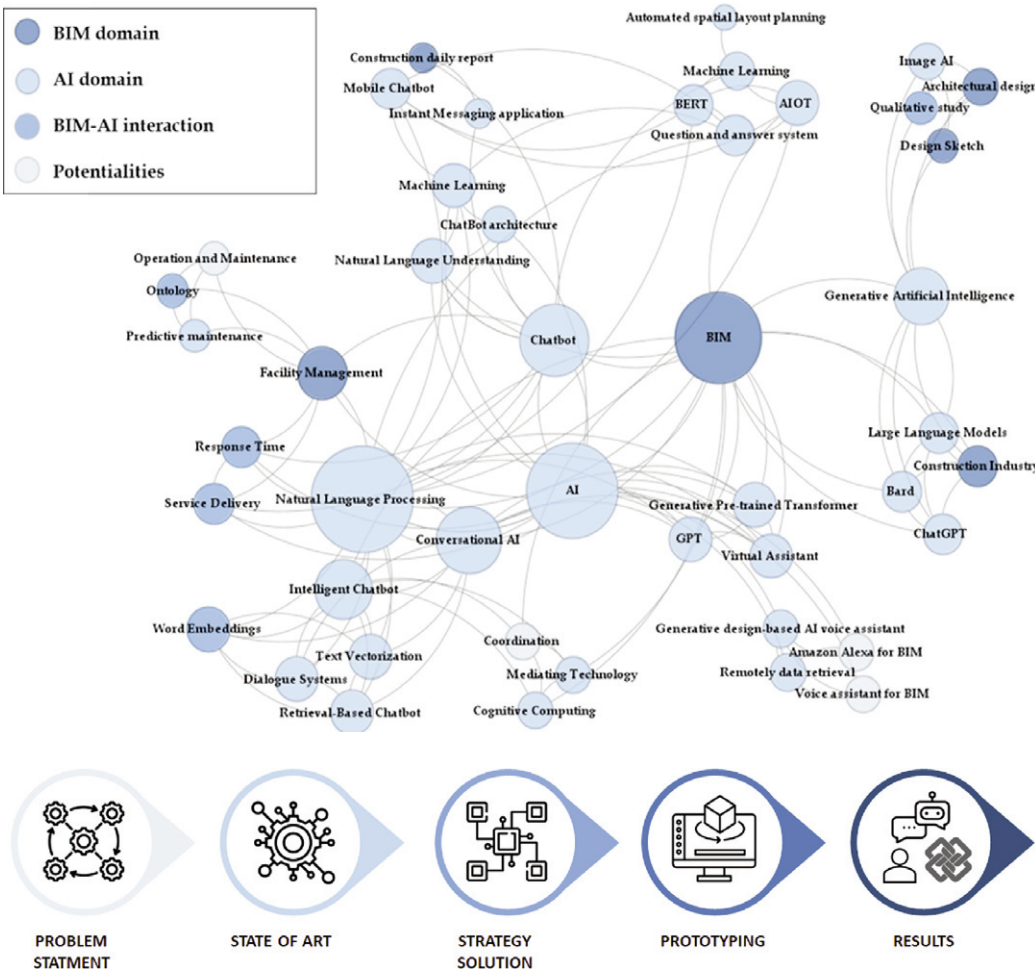
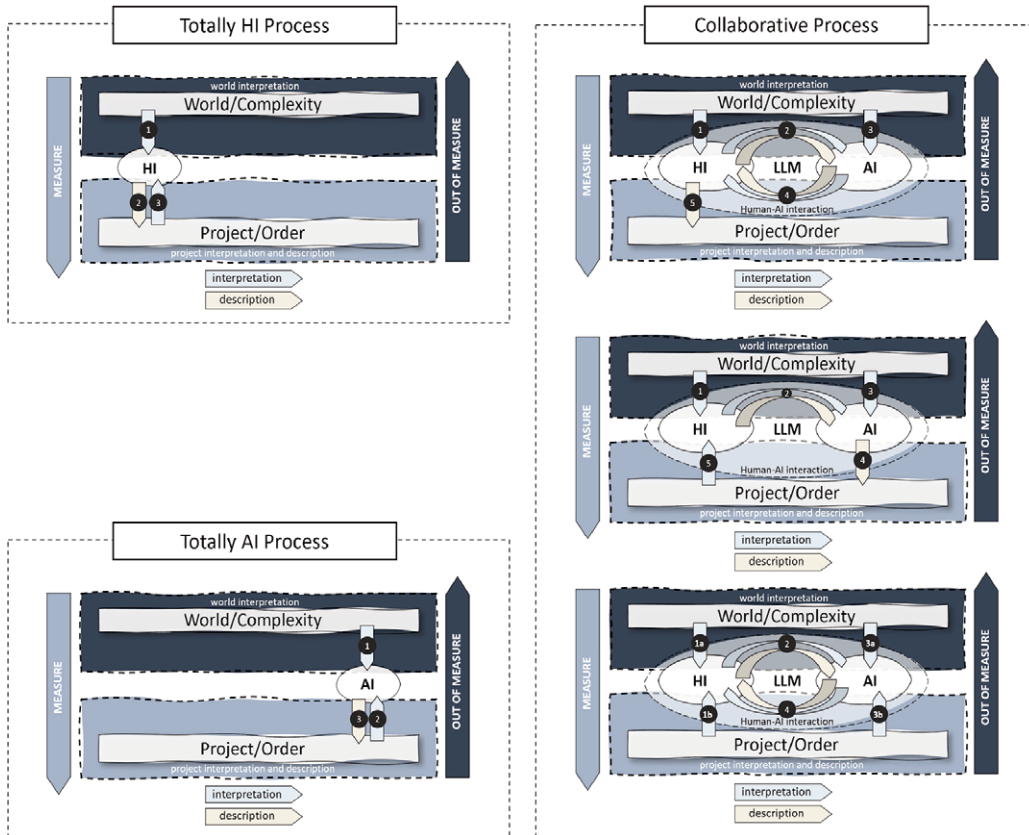
Per risolvere queste problematiche si propone un assistente virtuale che interagisce con i modelli BIM tramite linguaggio naturale (Fig. 4), migliorando l'accesso alle informazioni lungo il ciclo di vita dell'edificio. Il chatbot individua l'intento dell'utente e, attraverso moduli Natural Language Processing (NLP), elabora risposte scritte, vocali o grafiche come immagini o modelli 3D. Un chatbot deve avere un modello Natural Language Understanding (NLU) robusto per identificare gli intenti dell'utente e fornire risposte precise e un database vasto per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Metodologia e fasi | La metodologia proposta si sofferma nell'interpretazione di un progetto digitale tramite AI, analizzando le modalità di integrazione tra modelli OpenBIM³ e chatbot; in questa sezione viene descritta l'architettura di sistema sviluppata per interpretare i dati IFC dei modelli BIM (Fig. 5). Il software di modellazione 3D Blender⁴ è indagato per l'interazione con il chatbot in quanto offre la maggiore gamma di possibili interazioni, risultando particolarmente ottimizzato per la renderizzazione, le animazioni e le simulazioni direttamente all'interno dell'ambiente di lavoro. L'integrazione dei modelli risulta pertanto particolarmente utile per simulare sequenze di costruzione, movimenti di macchinari o dinamiche di flusso delle persone. Blender eccelle inoltre nella gestione delle geometrie 3D complesse, consentendo modifiche avanzate di mesh, superfici e curve; la comunicazione avviene attraverso un plugin sviluppato in Blender tramite linguaggio di programmazione Python⁵, che integra un chatbot creato tramite Dialogflow.⁶

L'interfaccia è costituita da due parti principali. Il chatbot è responsabile della comunicazione tra l'utente e il software, tramite tecnologie NLP; per il riconoscimento dell'intento (Intent Recognition) e l'estrazione dei valori delle entità (Entity Extraction) vengono utilizzate API specifiche per interagire con il database BIM. Il Viewer consente la visualizzazione del modello BIM direttamente nell'interfaccia, aiutando l'utente a visualizzare e interagire con i dati visivi e informativi.

La prima fase consiste nella progettazione del modulo NLP tramite la creazione di Intent ed Entity; per capire come impostare il dialogo con l'agente di Dialogflow sono state seguite le buone norme discusse in Amershi et alii (2019), in modo da garantire un'esperienza fluida durante la conversazione.

Dopo la creazione dell'agente devono essere create le entità e gli intenti attraverso l'interfaccia di Dialogflow; esse vengono definite per facilitare l'aggiunta della pertinenza agli intenti utente e l'identificazione dei dati dell'obiettivo in una richiesta uten-



te. Sono realizzate in base al contesto del dominio in cui vengono utilizzate e devono essere associate a un intento specifico; a titolo esemplificativo, non esaustivo, viene mostrato l'Entity Class utilizzato nell'Intent 'Class_Selection' per selezionare gli oggetti in base alla loro classe IFC (Fig. 6). L'obiettivo è far riconoscere all'assistente virtuale le classi IFC tramite sinonimi. Ad esempio, si vuole che la classe IfcPipeSegment venga riconosciuta anche inserendo la parola 'pipe', in modo da agevolare la conversazione (Fig. 6, punto 1). Di conseguenza, l'agente reagisce alla frase 'select all the door' individuando correttamente l'Intent e riconoscendo al suo interno il parametro 'class' uguale a 'IfcDoor' (Fig. 6, punto 2).

Contestualmente devono essere impostati gli Intent in modo da poter richiamare funzioni specifiche quando l'agente classifica la richiesta dell'utente nel modo corretto. La definizione degli Intent prevede: l'impostazione delle frasi d'addestramento usate dall' algoritmo in NLP per classificarlo durante la conversazione (Fig. 7, punto 1); l'inserimento di diverse Entity in modo da creare parametri specifici da utilizzare nelle chiamate API dei programmi nei quali viene implementato il servizio di assistente virtuale (Fig. 7, punto 2); la fase di test dell'agente Dialogflow (Fig. 7, punto 3). L'interfaccia per la creazione dell'Intent 'Select_byParameterValue' ripercorre questi passaggi; in questo caso si può osservare che durante la validazione il chatbot ha individuato l'Intent corretto alla frase 'show me the elements with parameter level equal to 0' e all'interno di questo i parametri 'name' corrispondente a 'level' e 'value' corrispondente a '0'.

L'integrazione del modulo NLP con l'interfaccia di Blender avviene tramite l'utilizzo della sezione Scripting del programma, che consente di eseguire script in linguaggio Python e quindi comunicare, tramite API, con il server di Dialogflow. Dopo l'importazione dei dati BIM tramite il formato IFC nel programma è possibile eseguire funzioni specifiche grazie al riconoscimento degli Intent e delle Entity, sfruttando le librerie di IfcOpenShell⁷ per accedere alle informazioni del modello BIM.

Risultati | L'architettura della soluzione tecnica (Fig. 8) precedentemente descritta è stata implementata attraverso un caso studio reale (Fig. 9) per validarne l'approccio; il prototipo realizzato si pone l'obiettivo di interrogare la banca dati grafica e alfanumerica derivante da un processo di digitalizzazione standardizzato di un consistente parco centrali idroelettriche (Ugliotti, 2024). Il chatbot assolve alla necessità di accedere alla complessa struttura del database BIM in modo semplice e intuitivo anche da parte di personale non esperto, al fine di consultare l'anagrafica dei principali componenti che costituiscono gli impianti a fini gestionali e manutentivi (Dejaco et alii, 2022).

Come software di BIM authoring è stato utilizzato Autodesk Revit 2024⁸, successivamente esportato in formato IFC4 e importato in Blender 4.2 tramite

Fig. 1 | Collaborative HI-AI interaction processes (source: Loddo et alii, 2024; adapted by the Authors).

Fig. 2 | Methodological research approach (credit: the Authors, 2024).

Fig. 3 | Keywords in the research context (credit: the Authors, 2024).

Fig. 4 | Designing the strategic solution (credit: the Authors, 2024).

l'Add-on Bonsai⁹ sviluppato da lfcOpenShell e disponibile gratuitamente online. Il linguaggio di programmazione Python rende possibile il collegamento, tramite API, tra Dialogflow e funzioni specifiche di Blender come, ad esempio, la selezione o il conteggio di elementi tramite linguaggio naturale.

Una volta stabilito il flusso operativo è possibile parlare con il chatbot (Fig. 10), in modo da inviare le richieste all'agente Dialogflow. Sono proposti una serie di casi d'uso esplicativi per: a) l'individuazione di elementi, sia per classe – ad esempio tutte le tubature, sia rispetto al valore di un determinato parametro – attrezzature elettriche e meccaniche che risultano afferenti al medesimo gruppo di produzione elettrica (Fig. 11); b) il conteggio di oggetti aventi determinate caratteristiche, come ad esempio le attrezzature mantenute da un determinato soggetto in una specifica data (Fig. 12).

Si illustra nel dettaglio il primo caso. In fase di avvio della conversazione il chatbot comunica all'utente cosa può fare; contestualmente l'interfaccia di Blender mostra il modello IFC (Fig. 11, punto 1) e successivamente l'utente chiede di selezionare gli elementi 'pipe'. Tramite il riconoscimento dell'Intent 'Class_Selection' viene eseguito uno script in grado di selezionare elementi con la classe IFC richiesta (Fig. 11, punto 2), come precedentemente descritto. Per facilitare l'individuazione degli elementi di interesse l'utente chiede di nascondere gli altri oggetti (Fig. 11, punto 3) e il chatbot esegue lo script associato all'Intent specifico. La conversazione prosegue con la richiesta da parte dell'utente di selezionare gli oggetti per valore (Fig. 13), richiedendo l'Intent 'Select_byParameterValue' specificando il nome del parametro 'Raggruppamento' (Fig. 11, punto 4) e il valore 'Gruppo 2' (Fig. 11, punto 5).

Conclusioni | Il contributo si inserisce nel più ampio dibattito internazionale che esplora i benefici che l'AI può apportare alle scienze dure. Nello specifico la ricerca promuove un approccio metodologico e tecnologico, ancora poco esplorato, legato all'interpretazione dei modelli digitali in formato OpenBIM da parte dell'AI attraverso i grandi modelli di linguaggio. Riconosciuto il valore insostituibile della narrazione antropocentrica, l'AI è in grado di descrivere all'HI, in tempo reale, una visione chiara dell'opera interpolando le richieste dell'utente con le informazioni BIM.

Il potenziale impatto positivo rispetto all'efficienza e alla fruizione si arricchisce di significato quando la soluzione, ideata per superare problemi tecnici di accessibilità del dato, viene sfruttata per migliorare le capacità dell'asset management workforce nel suo complesso, non solo in termini di consultazione ma anche come strumento innovativo e user-friendly per le attività di formazione degli operatori nel settore delle costruzioni, indipendentemente dal grado di specializzazione.

I maggiori limiti riscontrati risiedono nella necessità di programmare manualmente tutte le funzioni da attuare con i chatbot e nel collegarle successivamente all'intento. Questo aspetto è rilevante nelle fasi preliminari di utilizzo, tuttavia i diversi obiettivi di interrogazione dei modelli potrebbero richiedere i medesimi intenti ed entità, consentendo la velocizzazione della replicabilità del metodo. Il sistema impostato restituisce un risultato con significato nel momento in cui il modello BIM da interrogare è standardizzato, ovvero quando il relativo formato OpenBIM dispone di una corretta classificazione e map-

patura degli oggetti che deve essere controllata durante le fasi di modellazione ed esportazione.

Il prototipo descritto nel presente contributo è funzionale a comprendere in modo preliminare le potenzialità di utilizzo e risponde a uno stato di avanzamento preliminare della ricerca. Le funzionalità attualmente implementate sono state testate su un unico caso studio, seppur complesso, e si basano su semplici modelli LLM. Ulteriori considerazioni saranno conseguibili nelle fasi successive della sperimentazione, che si concentreranno sia sulla verifica di quanto impostato rispetto ad altri casi studio aumentando la mole di dati e abilitando interrogazioni trasversali tra modelli, sia sull'ampliamento e l'arricchimento delle API utilizzate e delle funzioni disponibili dei programmi per la creazione di oggetti, superando le attuali azioni di selezione e conteggio, sia sull'implementazione di modelli più complessi basati sulle reti neurali, come ChatGPT.¹⁰

Alla luce di quanto esposto si ritiene che lo studio contribuisca a delineare un nuovo filone di ricerca nell'ambito del disegno e della rappresentazione del Patrimonio costruito, allineato con le metodologie più avanzate di gestione dei dati. Lo stimolante paradigma del Digital Twin, combinato con le nuove possibilità offerte dalle tecnologie di informazione e visualizzazione, offre infatti modalità innovative di approcciare, studiare e investigare il Patrimonio costruito e le infrastrutture critiche, sfruttando le potenzialità della rappresentazione semantica. Tali tematiche saranno certamente al centro delle riflessioni della comunità scientifica nei prossimi decenni, riunendo un numero sempre maggiore di ricercatori con competenze diversificate nel paradigma della Società 5.0 (Fukuyama, 2018), nella quale la tecnologia è orientata a migliorare la qualità di vita dell'uomo.

The relationship between form and content has always been at the centre of critical debate in the disciplinary field of Drawing. The descriptive and interpretative processes of architecture have evolved, exponentially expanding their boundaries regarding progress and technological innovation (Pone, 2022; Lo Turco, Giovannini and Tomalini, 2021). The shift from manual to digital drawing marked a significant point that led to an increasingly creative use of representation tools (Magliocco and Canepa, 2022). The reduction of the complexity of architecture to a flat surface has been largely overcome with the advent of virtual three-dimensional modelling (Fatta, 2020), which extends and enriches the representations possible through parametric (Massari et alii, 2022), generative (Manni and Valzano, 2023) or computational design. Creative processes use data, numbers, and parameters in the form of algorithms to find solutions, bringing computer codes powerfully into the design grammar and enabling new horizons for engineers and architects in the construction world.

The emergence over the past decades of cutting-edge methodologies in building process management, such as Building Information Modelling (BIM), and the broader adoption by engineers of visual programming have allowed for an ever-increasing control of the work (Zheng and Fischer, 2023) through the use of computerised tools to support the design and management process. These innovative approaches have led to humans being confronted with increasingly vast and articulated systems of rep-

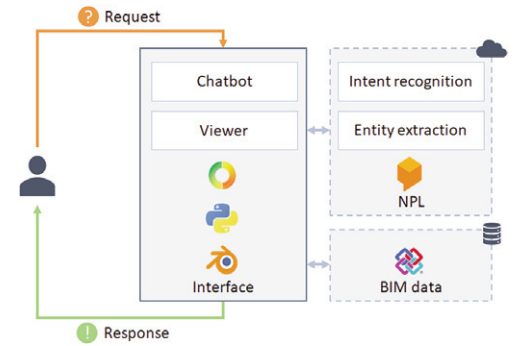


Fig. 5 | Architecture of the technical solution (credit: the Authors, 2024).

resentation with a multi-disciplinary and multi-scalar perspective.

The boundaries of architectural design are becoming more and more inclusive, embracing heterogeneous domains through interoperable and integrable processes. While an increasing number of variables can contribute to the description of a project, this proliferation of data strains the Human Intellect (HI) in understanding and qualifying them. In this context, there is a need for software applications that ensure greater efficiency in the search for information, facilitating the coordination of actors at different stages and thus influencing overall performance (Lin, 2023).

In the current context, Artificial Intelligence (AI) emerges as a disruptive technology that supports humans in processing data to extract value or knowledge through a semantic approach to representation. HI-AI interaction is made possible by Large Language Models – LLM (Elghaish et alii, 2022), contributing to the translation of an abstract concept into a tangible and comprehensible representation, triggering new strategies of storytelling for building and infrastructure projects. Different modes of collaboration (Loddo et alii, 2024) can be used to describe and interpret the world by enabling the transformation of raw data into usable information (Fig. 1).

The research aims to explore using a chatbot as a cognitive interpretation tool for extracting and automatically processing data representing digital models via natural language understanding algorithms. The operational flow is illustrated in Figure 2: a chatbot facilitates communication between humans and AI algorithms based on LLM (Adamopoulou and Maglogiannis, 2020) via interfaces or devices that interact with objects and services (Arquilla and Paracoli, 2023). It is a cognitive system, as it is capable of learning, reasoning with a purpose and interacting with HI or other digital systems (Demirkan, Earley and Harmon, 2017): the user formulates requests in natural language, and the chatbot interprets them, classifying them into appropriate queries to provide answers (Chizhik and Zherebtsova, 2020).

The study's primary focus is on the innovative use of chatbots to intuitively access construction and infrastructure data. Creating a prototype based on a real case is critical in validating the approach and analysing its implications. The novelty lies in the sequential interaction with the digital model's graphic and alphanumeric information in OpenBIM format for management, maintenance, and personnel training purposes.

Interfacing with BIM databases and the automatic selection of information against targets formu-

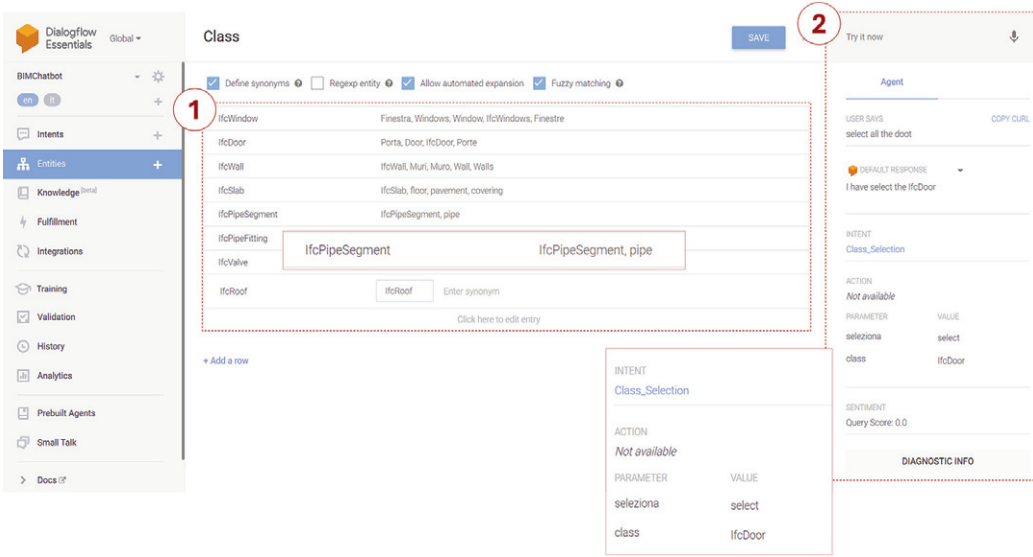
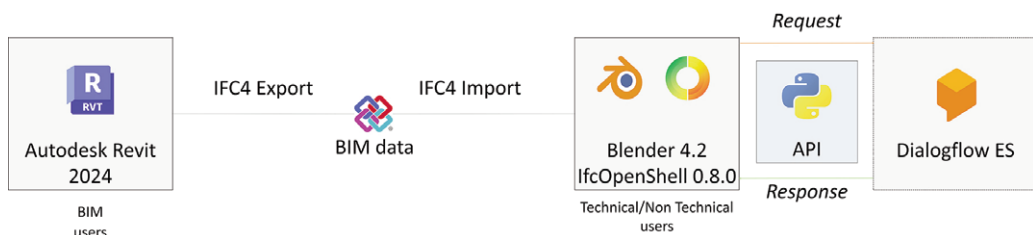
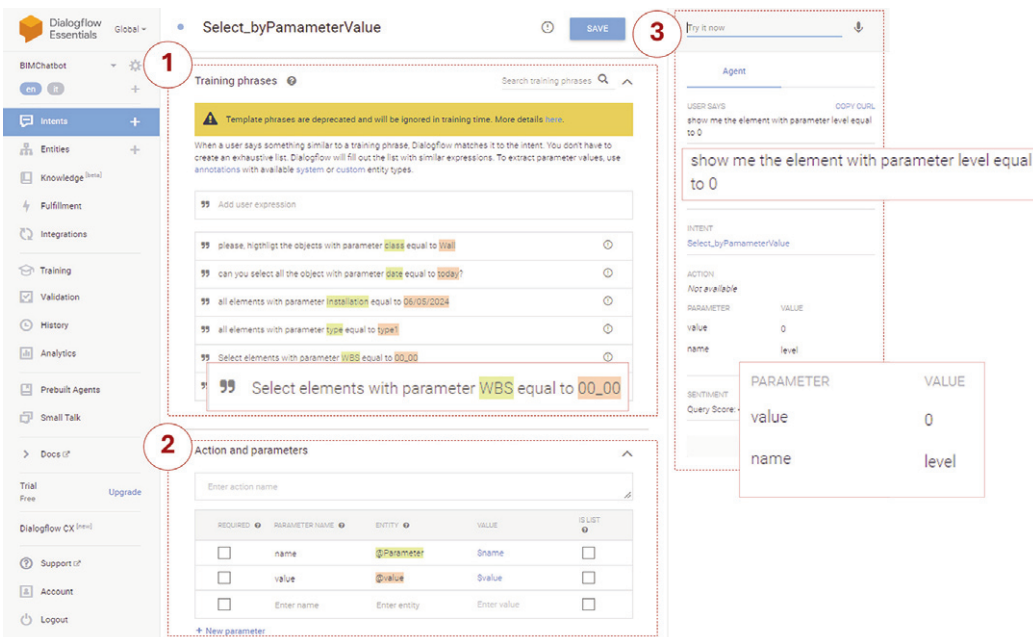


Fig. 6 | Example of setting up Entities on Dialogflow (credit: the Authors, 2024).

Fig. 7 | Example of Intent setting on Dialogflow (credit: the Authors, 2024).

Fig. 8 | Implementing the strategic solution in the case study (credit: the Authors, 2024).



Next page

Fig. 9 | Meano hydroelectric power station in Pomaretto (TO) used as a case study (credit: the Authors, 2024).

Fig. 10 | Blender Scripting interface for prototype development (credit: the Authors, 2024).

Fig. 11 | Example of conversation with natural language element selection (credit: the Authors, 2024).

Fig. 12 | Example of conversation with natural language element counting (credit: the Authors, 2024).

lated in natural language are issues of great relevance to the scientific community, enabling unprecedented accessibility, particularly for users without specific skills in digital modelling and computerised data management. This approach is crucial in the context of the Digital Twin (Barricelli, Casiraghi and Fogli, 2019), which describes the functioning of a system through its digital copy, capable of integrating static data of the built heritage with Big Data (Osello et alii, 2024).

State of the art | So-called chatbot programmes facilitate operator-software interaction through natural language-based commands that, screened by AI, can provide more or less complex solutions. In the construction industry, the possibility of automating the creation of 3D images and models (Zhang

et alii, 2023) has motivated research to question this new opportunity.

Several publications analyse the use of instant messaging in this context, emphasising its potential (Rane, Choudhary and Rane, 2023; Fig. 3) throughout the entire life cycle of a construction project (Espinoza Gispert et alii, 2023). In the design phase, virtual assistants support architects and engineers in the verification of regulations, guidelines and building standards, but also in the drafting of preliminary documents (Ko et alii, 2023); in the management phase, they facilitate the consultation of inventories and schedules, with the possibility of generating notifications for critical events such as failures (Alhammadi, 2023). Chatbots can also provide quick access to data through collaboration platforms such as Microsoft Teams and Slack, supporting technical meetings.

Developing dialogue interfaces to examine BIM models is crucial for facilitating collaboration between professionals and enabling a clearer understanding of information (Mutis and Ramachandran, 2021; Lin, Huang and Putranto, 2022).

According to Cho and Lee (2019), the main critical issue in using chatbots in construction concerns interoperability with BIM models. Despite the creation of detailed models, transferring information during the building lifecycle is often laborious: indeed, the literature focuses on interoperability between software, but interoperability between people with various skills operating on the building at different times is also crucial (Yousefzadeh et alii, 2015). The problem is evident in the difficulty of exploiting BIM data in operational programs, even though the decomposition of BIM models into elements and their

schematisation in tables facilitates their understanding and inspection. This simplification is done through open databases (Lin, 2023) or export in Industry Foundation Classes¹ (IFC) and other textual formats (Fernandes et alii, 2024).

Exporting in the IFC format ensures the exchange of information between BIM and other software: the importing software has to read the file or convert it and access the Application Programming Interface² (API) to implement the chatbot functionality. However, the critical aspect of data sharing relates to the semantics of the models. Although the IFC format is designed to promote interoperability through a standard structure (Borrmann et alii, 2018), discrepancies in data interpretation can cause information loss.

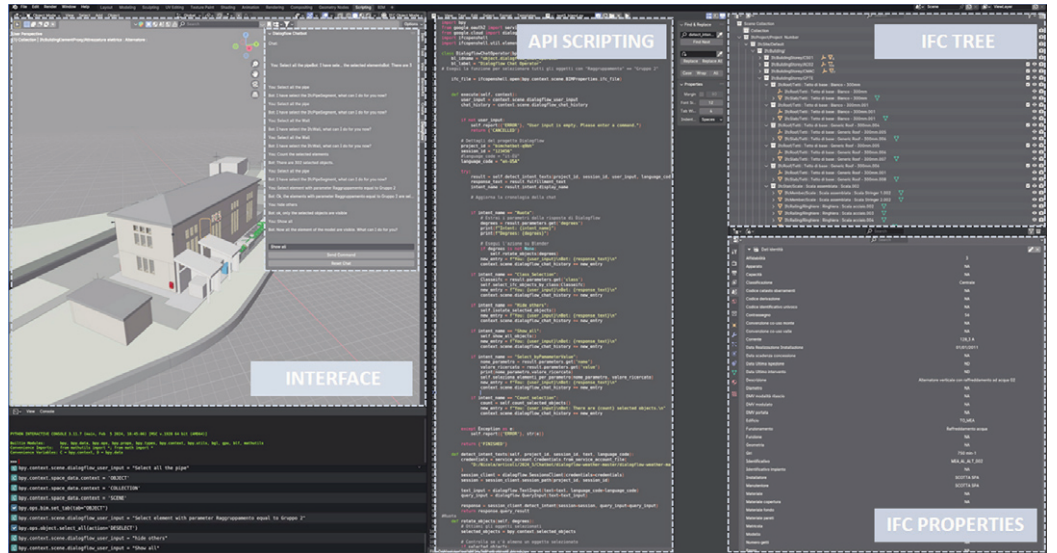
To solve these problems, a virtual assistant is proposed that interacts with BIM models via natural language (Fig. 4), improving access to information throughout the building lifecycle. The chatbot detects the user's intent and, through Natural Language Processing (NLP) modules, processes written, spoken or graphical responses such as images or 3D models. A chatbot must have a robust Natural Language Understanding (NLU) model to identify user intent and provide accurate responses. An extensive database is also required to achieve the intended goals.

Methodology and phases | The proposed methodology focuses on interpreting a digital project through AI and analysing how OpenBIM³ models and chatbots are integrated. This section describes the system architecture developed to interpret the IFC data of BIM models (Fig. 5). The 3D modelling software Blender⁴ is investigated for the interaction with the chatbot as it offers the greatest range of possible interactions, being particularly optimised for rendering, animations and simulations directly within the working environment. Therefore, integrating models is beneficial for simulating construction sequences, machinery movements, or people flow dynamics. Blender also handles complex 3D geometries, allowing advanced modifications of meshes, surfaces and curves. Communication occurs via a plugin developed in Blender using the Python⁵ programming language, which integrates a chatbot created via Dialogflow.⁶

The interface consists of two main parts. The chatbot communicates between the user and the software via NLP technologies. Specific APIs interact with the BIM database for Intent Recognition and Entity Extraction. The Viewer allows the user to visualise the BIM model directly in the interface, helping the user visualise and interact with visual and informative data.

The first step is to design the NLP module by creating Intent and Entity. To understand how to set up the dialogue with the Dialogflow agent, the good rules discussed in Amershi et alii (2019) were followed to ensure a smooth conversation.

After creating the agent, entities and intents must be created via the Dialogflow interface. Entities are defined to facilitate the addition of relevance to user intents and identifying target data in a user request. They are realised according to the context of the domain in which they are used and must be associated with a specific intent. As a non-exhaustive example, the Entity Class used in the Intent 'Class_Selection' to select objects based on their IFC class is shown (Fig. 6). The aim is to make the virtual assistant recognise IFC classes by synonyms. For exam-



ple, we want the class IfcPipeSegment to be recognised by entering the word 'pipe' to facilitate conversation (Fig. 6, point 1). Consequently, the agent reacts to the sentence 'select all the door' by correctly identifying the Intent and recognising the parameter 'class' equal to 'IfcDoor' (Fig. 6, point 2). At the same time, Intents must be set to call specific functions when the agent correctly classifies the user's request. The definition of the Intents involves the setting of the training phrases used by the algorithm

in NLP in order to classify it during the conversation (Fig. 7, point 1); the insertion of various Entities in order to create specific parameters to be used in the API calls of the programs in which the virtual assistant service is implemented (Fig. 7, point 2); the testing phase of the Dialogflow agent (Fig. 7, point 3). The interface for creating the Intent 'Select_byParameterValue' retraces these steps. It can be seen that, in this case, during validation, the chatbot identified the correct Intent in the sentence 'show me the ele-

ments with parameter level equal to 0' and within this, the parameters 'name' corresponding to 'level' and 'value' corresponding to '0'.

The integration of the NLP module with the Blender interface takes place through the use of the Scripting section of the program, which allows scripts to be executed in Python language and thus communicate via API with the Dialogflow server. After importing the BIM data via the IFC format into the software, it is possible to execute specific functions thanks to the recognition of Intents and Entities, using the libraries of IFCOpenShell⁷ to access the BIM model information.

Results | The architecture of the technical solution (Fig. 8) described above was implemented through an actual case study (Fig. 9) to validate the approach. The realised prototype aims to query the graphic and alphanumeric database resulting from a standardised digitalisation process of a large hydroelectric power plant park (Ugliotti, 2024). The chatbot fulfils the need to access the complex structure of the BIM database and intuitively, even by non-expert personnel, to consult the master data of the main components making up the plants for management and maintenance purposes (Dejaco et alii, 2022). Autodesk Revit 2024⁸ was used as BIM authoring software. Subsequently, it was exported in IFC4 format and imported into Blender 4.2 via the Add-on Bonsai⁹, developed by IFCOpenShell and available free online. The Python programming language makes it possible to link Dialogflow with specific Blender functions via API, such as selecting or counting elements via natural language.

Once the workflow has been established, it is possible to talk to the chatbot (Fig. 10) to send requests to the Dialogflow agent. A series of explanatory use cases are proposed for: a) the identification of items, either by class – e.g., all pipes or concerning the value of a specific parameter – electrical and mechanical equipment, which are about the same electrical production group (Fig. 11); b) the counting of items with specific characteristics, such as the equipment maintained by a particular person on a specific date (Fig. 12).

The first case is illustrated in detail. At the start of the conversation, the chatbot tells the user what he can do; simultaneously, the Blender interface shows

```

1 # Intent: Selezione di elementi per parametri
2 nome_parametro = result.parameters.get('nome')
3 valore_ricerca = result.parameters.get('valore')
4 print('Intento: Selezione di elementi per parametri. Parametro: ' + nome_parametro + ', Valore: ' + valore_ricerca)
5 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
6 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
7 context_sessione_dialogo = ChatHistory.from_entity(context_sessione_dialogo, nome_parametro, valore_ricerca)

8 # Selezione di elementi per parametri
9 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
10 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
11 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
12 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
13 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
14 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
15 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
16 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
17 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
18 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
19 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
20 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
21 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
22 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
23 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
24 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
25 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
26 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
27 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
28 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
29 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
30 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
31 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
32 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
33 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
34 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
35 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
36 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
37 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
38 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
39 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
40 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
41 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
42 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
43 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
44 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
45 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
46 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
47 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
48 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
49 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
50 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
51 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
52 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
53 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
54 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
55 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
56 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
57 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
58 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
59 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
60 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
61 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
62 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
63 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
64 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
65 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
66 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
67 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
68 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
69 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
70 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
71 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
72 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
73 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
74 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
75 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
76 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
77 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
78 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
79 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
80 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
81 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
82 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
83 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
84 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
85 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
86 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
87 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
88 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
89 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
90 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
91 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
92 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
93 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
94 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
95 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
96 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
97 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
98 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
99 # Parametri: nome_parametro, valore_ricerca
100 # Entita': nome_parametro, valore_ricerca
    
```

Fig. 13 | Example of Dialogflow agent interaction and Blender API (credit: the Authors, 2024).

the IFC model (Fig. 11, point 1). Next, the user is asked to select 'pipe' elements. By recognising the Intent 'Class_Selection', a script can select elements with the required IFC class (Fig. 11, point 2), as previously described. To facilitate the identification of the elements of interest, the user asks to hide the other objects (Fig. 11, point 3), and the chatbot executes the script associated with the specific Intent. The conversation continues with the user requesting to select the objects by value (Fig. 13), requesting the Intent 'Select_byParameterValue' by specifying the parameter name 'Grouping' (Fig. 11, point 4) and the value 'Group 2' (Fig. 11, point 5).

Conclusions | The contribution is part of the broader international debate exploring the benefits that AI can bring to the hard sciences. Specifically, the research promotes a methodological and technological approach, which has yet to be explored, related to AI interpreting digital models in OpenBIM format through large language models. Recognising the irreplaceable value of the anthropocentric narrative, AI can describe to the HI a clear vision of the work in real-time by interpolating the user's requests with BIM information.

The potential positive impact concerning efficiency and utilisation is enriched when the solution, designed to overcome technical problems of data accessibility, is exploited to improve the capabilities of

the asset management workforce as a whole, not only in terms of consultation but also as an innovative and user-friendly tool for the training activities of operators in the construction sector, regardless of their degree of specialisation. The major limitation is the need to manually program all functions to be implemented with chatbots and link them to intent. This aspect is relevant in the preliminary stages of use. However, the different model interrogation objectives may require identical intents and entities, allowing the replicability of the method to be speeded up. The system set returns a result when the BIM model to be queried is standardised, i.e., when the relevant OpenBIM format has the correct object classification and mapping, which must be checked in the modelling and export phases.

The prototype described in this contribution is functional to gain a preliminary understanding of the potential for use and corresponds to a preliminary research stage. The currently implemented functionalities were tested on a single, albeit complex, case study based on simple LLM models. Further considerations will be achieved in the subsequent phases of the experimentation, which will focus both on verifying what has been set up concerning other case studies by increasing the amount of data and enabling transversal queries between models and on extending and enriching the APIs used and the functions available in the programmes for creating objects, going beyond the current selection and counting actions, and on implementing more complex models based on neural networks, such as ChatGPT.¹⁰

In light of the above, the study outlines a new line of research in the drawing and representation of the Built Heritage, aligned with the most advanced data management methodologies. The stimulating paradigm of the Digital Twin, combined with the new possibilities offered by information and visualisation technologies, offers innovative ways of approaching, studying and investigating the built heritage and critical infrastructures, exploiting the potential of semantic representation. These issues will undoubtedly be at the centre of the scientific community's reflections in the coming decades, bringing together an increasing number of researchers with diverse expertise in the paradigm of Society 5.0 (Fukuyama, 2018), in which technology is geared towards improving the quality of human life.

Acknowledgements

This study was carried out within the RETURN Extended Partnership and received funding from the European Union Next-GenerationEU (National Recovery and Resilience Plan – NRRP, Mission 4, Component 2, Investment 1.3 – D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005) CUP E13C22001860001.

The contribution is the result of a common reflection of the Authors. Nevertheless, the introductory and 'Conclusions' paragraphs are to be attributed to F. M. Ugliotti, 'State of the art' to F. Loddo, 'Methodology and phases' to N. Rimella, and 'Results' to N. Rimella and F. M. Ugliotti.

Notes

- 1) For more information about the IFC format, please visit: buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/ [Accessed 3 September 2024].
- 2) To learn more about how APIs work, please visit: wikipedia.org/wiki/Application_programming_interface [Accessed 3 September 2024].

- 3) For more information on the OpenBIM methodology, please visit: buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/ [Accessed 3 September 2024].
- 4) For more information on Blender software, please visit: docs.blender.org/ [Accessed 3 September 2024].
- 5) For more information on the Python programming language, please visit: docs.python.org/3/ [Accessed 3 September 2024].
- 6) For more information on the DialogueFlow service, please visit: cloud.google.com/dialogflow/es/docs/basics?hl=it [Accessed 3 September 2024].
- 7) For more information about the ifcOpenShell libraries, please visit: docs.ifcopenshell.org/ [Accessed 3 September 2024].
- 8) For more information on Autodesk Revit software, please visit: autodesk.com/it/products/revit/features [Accessed 3 September 2024].
- 9) For more information on the Blender Bonsai add-on, please visit: docs.bonsaibim.org [Accessed 8 September 2024].
- 10) For more information on ChatGPT, please visit: botflo.com/dialogflow-vs-chatgpt/ [Accessed 8 September 2024].

References

Adamopoulou, E. and Maglogiannis, L. (2020), "An Overview of Chatbot Technology", in Maglogiannis, I., Iliadis, L. and Pimenidis, E. (eds), *Artificial Intelligence Applications and Innovations – Proceedings of the 16th IFIP WG 12.5 International Conference, AIAI 2020, Neos Marmaras, Greece, June 5-7, 2020*, IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 584, part II, Springer, Cham, pp. 373-383. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-49186-4_31 [Accessed 19 September 2024].

Alhammadi, M. (2023), "Optimising Customer Service Delivery and Response Time through AI-Enhanced Chatbots in Facilities Management-A Mixed-Methods Research", in *American Journal of Smart Technology and Solutions*, vol. 2, issue 2, pp. 43-54. [Online] Available at: doi.org/10.54536/ajst.v2i2.2206 [Accessed 19 September 2024].

Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fournery, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin-Gil, R. and Horvitz, E. (2019), "Guidelines for Human-AI Interaction", in Brewster, S. and

- Fitzpatrick, G. (eds), *CHI 2019 – Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Glasgow, Scotland UK, May 4-9, 2019*, Association for Computing Machinery, New York, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3290605.3300233 [Accessed 19 September 2024].
- Arquilla, V. and Paracoli, A. (2023) “Design sull’esperienza dell’utente e sostenibilità degli oggetti con intelligenza artificiale | User experience design and sustainability of AI-infused objects”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 259-268. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13222023 [Accessed 19 September 2024].
- Barricelli, B. R., Casiraghi, E. and Fogli, D. (2019), “A Survey on Digital Twin – Definitions, Characteristics, Applications, and Design Implications”, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 167653-167671. [Online] Available at: doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2953499 [Accessed 19 September 2024].
- Borrmann, A., Beetz, J., Koch, C., Liebich, T. and Muhic, S. (2018), “Industry Foundation Classes – A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models”, in Borrmann, A., König, M., Koch, C. and Beetz, J. (eds), *Building Information Modeling*, Springer, Cham, pp. 81-126. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_5 [Accessed 19 September 2024].
- Chizhik, A. and Zherebtsova, Y. (2020), “Challenges of Building an Intelligent Chatbot”, in Bolgov, R. V., Chugunov, A. V. and Voiskounsky, A. E. (eds), *Proceedings of the International Conference on Internet and Modern Society (IMS-2020)*, ITMO University, St. Petersburg (Russia), June 17-20, 2020, Intelligent Memory Systems, pp. 277-287. [Online] Available at: ceur-ws.org/Vol-2813/rpaper21.pdf [Accessed 19 September 2024].
- Cho, J. and Lee, G. (2019), “A Chatbot System for Construction Daily Report Information Management”, in Al-Husseini, M. (ed.), *Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2019, Banff, Canada, May 21-24, 2019*, pp. 429-437. [Online] Available at: doi.org/10.22260/ISARC2019/0058 [Accessed 19 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 19 September 2024].
- Demirkan, H., Earley, S. and Harmon, R. R. (2017), “Cognitive Computing”, in *IT Professional*, vol. 19, issue 4, pp. 16-20. [Online] Available at: doi.org/10.1109/MITP.2017.3051332 [Accessed 19 September 2024].
- Elghaish, F., Chauhan, J. K., Matameh, S., Farzad, P. R. and Hosseini M. (2022), “Artificial intelligence-based voice assistant for BIM data management”, in *Automation in Construction*, vol. 140, article 104320, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104320 [Accessed 19 September 2024].
- Espinosa Gispert, D., Yitmen, I., Sadri, H. and Taheri, A. (2023), “Development of an ontology-based asset information model for predictive maintenance in building facilities”, in *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. ahead-of-print, issue ahead-of-print, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.1108/SASBE-07-2023-0170 [Accessed 19 September 2024].
- 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 19 September 2024].
- Fernandes, D., Garg, S., Nikkel, M. and Guven, G. (2024), “A GPT-Powered Assistant for Real-Time Interaction with Building Information Models”, in *Buildings*, vol. 14, issue 8, article 2499, pp. 1-30. [Online] Available at: doi.org/10.3390/buildings14082499 [Accessed 19 September 2024].
- Fukuyama, M. (2018), “Society 5.0 – Aiming for a new human-centered society”, in *Japan Spotlight*, vol. 1, pp. 47-50. [Online] Available at: jef.or.jp/journal/pdf/220th_Special_Article_02.pdf [Accessed 3 September 2024].
- Ko, J., Ennemoser, B., Yoo, W., Yan, W. and Clayton, M. J. (2023), “Architectural spatial layout planning using artificial intelligence”, in *Automation in Construction*, vol. 154, article 105019, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105019 [Accessed 19 September 2024].
- Lin, T.-H., Huang, Y.-H. and Putranto, A. (2022), “Intelligent question and answer system for building information modeling and artificial intelligence of things based on the bidirectional encoder representations from transformers model”, in *Automation in Construction*, vol. 142, article 104483, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104483 [Accessed 19 September 2024].
- Lin, W. Y. (2023), “Prototyping a Chatbot for Site Managers Using Building Information Modeling (BIM) and Natural Language Understanding (NLU) Techniques”, in *Sensors*, vol. 23, issue 6, article 2942, pp. 1-29. [Online] Available at: doi.org/10.3390/s23062942 [Accessed 19 September 2024].
- Lo Turco, M., Giovannini, E. C. and Tomalini, A. (2021) “Fisico, Digitale, Virtuale, Immateriale – Esperienze di ricerca in ambito museale | Physical, Digital, Virtual, Intangible – Research experiences in Museums”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 10, pp. 140-149. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/10122021 [Accessed 19 September 2024].
- Loddo, F., Osello, A., Rimella, N., Polania Rodriguez, D., Ugliotti, F. M. and Ventura, G. V. (2024), “Approccio semantico alla rappresentazione – Verso una collaborazione Uomo-AI per la misura della dismisura | Semantic approach to representation – Toward a collaborative Human-AI for the measurement of the out-of-measure”, in Bergamo, F., Calandriello, A., Ciammaichella, M., Friso, I., Gay, F., Liva, G. and Monteleone, C. (eds), *Misura / Dismisura – Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione – Congresso della Unione Italiana per il Disegno | Measure / Out of Measure – Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers – Congress of Unione Italiana per il Disegno, Padova-Venezia, Settembre 12-14, 2024*, FrancoAngeli, Milano, pp. 3135-3144. [Online] Available at: doi.org/10.3280/oa-1180-c630 [Accessed 19 September 2024].
- Magliocco, A. and Canepa, M. (2022), “Cruscotti a servizio della governance – Monitoraggio di indicatori di prestazione e indicatori aggregati | Governance dashboards – Monitoring of key performance and aggregate indicators”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 36-45. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1232022 [Accessed 19 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 19 September 2024].
- Massari, G. A., Barbini, A., Bernardini, E. and Roman, O. (2022) “Riquilificazione energetica dell’edilizia esistente – Modellazione e gestione geometrico-informativa | Energy retrofitting of existing buildings – Geometric-informative modelling and management”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 146-157. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12132022 [Accessed 19 September 2024].
- Mutis, I. and Ramachandran, A. (2021), “The Bimbot – Mediating technology for enacting coordination in team-work collaboration”, in *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 26, pp. 144-158. [Online] Available at: doi.org/10.36680/j.itcon.2021.009 [Accessed 19 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 19 September 2024].
- Pone, S. (2022) “Maker – Il ritorno dei costruttori – Una possibile transizione digitale per l’Architettura | Maker – The return of the builders – A possible digital transition for Architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 14-23. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1212022 [Accessed 19 September 2024].
- Rane, N., Choudhary, S. and Rane, J. (2023), “Integrating Building Information Modelling (BIM) With ChatGPT, Bard, and Similar Generative Artificial Intelligence in the Architecture, Engineering, and Construction Industry – Applications, a Novel Framework, Challenges, and Future Scope”, in *SSRN*, pp. 1-22. [Online] Available at doi.org/10.2139/ssrn.4645601 [Accessed 19 September 2024].
- Ugliotti, F. M. (2024), *Sostenibilità e digitalizzazione nella produzione idroelettrica – Una sfida moderna per una forma di generazione antica*, Gangemi Editore, Roma.
- Yousefzadeh, S., Spillane, J. P., Lamont, L., McFadden, J. and Lim, J. P. B. (2015), “Building information modelling (BIM) software interoperability – A review of the construction sector”, in Raidén, A. and Aboagye-Nimo, E. (eds), *Proceeding of the 31st Annual ARCOM Conference 2015, Lincoln, England, September 7-9, 2015*, ARCOM, pp. 711-720. [Online] Available at: hdl.handle.net/10344/7152 [Accessed 19 September 2024].
- Zhang, C., Wang, W., Pangaro, P., Martelaro, N. and Byrne, D. (2023), “Generative Image AI Using Design Sketches as input – Opportunities and Challenges”, in *C&C ’23 – Proceedings of the 15th Conference on Creativity and Cognition, New York, USA, Virtual Conference, June 19-21, 2023*, Association for Computing Machinery, New York, pp. 254-259. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3591196.3596820 [Accessed 19 September 2024].
- Zheng, J. and Fischer, M. (2023), “Dynamic prompt-based virtual assistant framework for BIM information search”, in *Automation in Construction*, vol. 155, article 105067, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105067 [Accessed 19 September 2024].