POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Approccio algoritmico per l’applicazione degli standard grafici in ambiente BIM | Algorithmic Approach for the Application of Graphic Standards in the BIM Environment

Original
Approccio algoritmico per l’applicazione degli standard grafici in ambiente BIM | Algorithmic Approach for the Application of Graphic Standards in the BIM Environment / Del Giudice, Matteo; Iacono, Emmanuele. - In: DISEGNO. - ISSN 2533-2899. - ELETTRONICO. - diségno - Connecting. Drawing for Weaving Relationship:8(2021), pp. 59-70. [10.26375/disegno.8.2021.8]

Availability:
This version is available at: 11583/2972729 since: 2022-11-01T10:50:38Z

Publisher:
Unione Italiana per il Disegno

Published
DOI:10.26375/disegno.8.2021.8

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)

20 April 2024

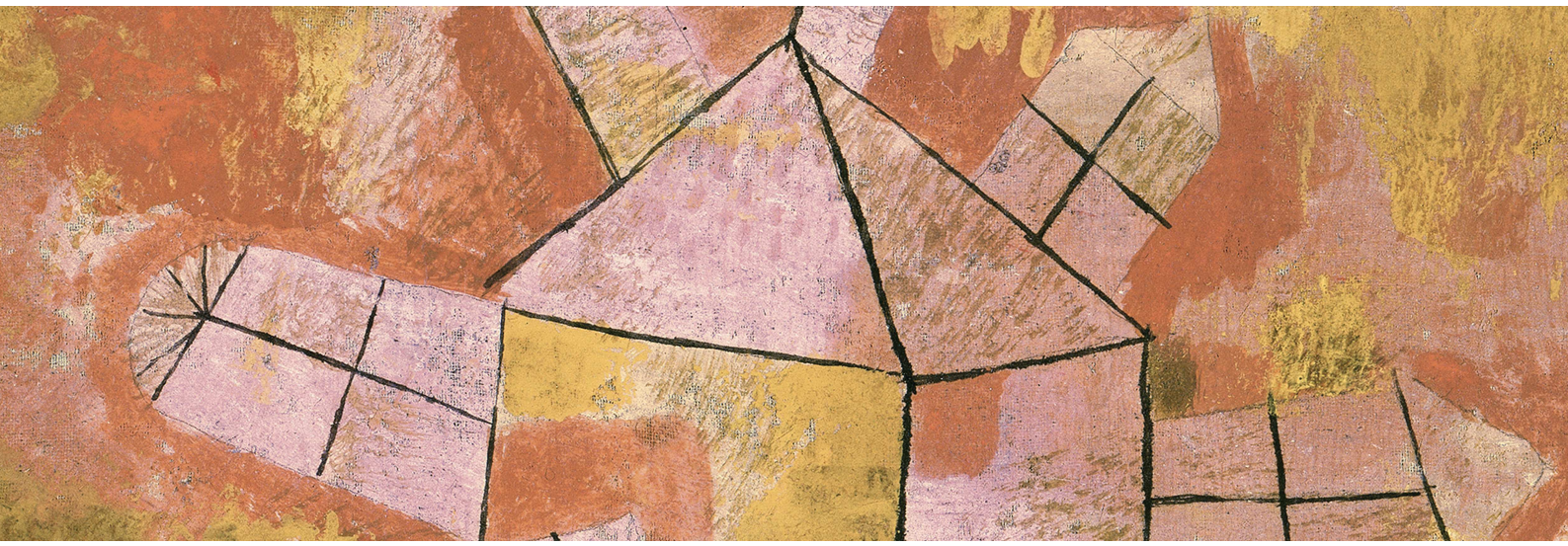
diségno 8.2021

unione italiana disegno
8.2021

diségno

ISSN 2533-2899

english version



diségno

8.2021

CONNECTING. DRAWING FOR WEAVING RELATIONSHIP

diségno

Biannual Journal of the UID Unione Italiana per il Disegno Scientific Society
n. 8/2021
http://disegno.unioneitalianadisegno.it

Editorial Director
Francesca Fatta, Presidente dell'Unione Italiana per il Disegno

Editor in Chief
Alberto Sdegno

Journal manager
Enrico Cicalò

Editorial board - scientific committee

Technical Scientific Committee of the Unione Italiana per il Disegno (UID)
Giuseppe Amoruso, Politecnico di Milano - Italia
Paolo Belardi, Università degli Studi di Perugia - Italia
Stefano Bertocci, Università degli Studi di Firenze - Italia
Mario Centofanti, Università degli Studi dell'Aquila - Italia
Enrico Cicalò, Università degli Studi di Sassari - Italia
Antonio Conte, Università degli Studi della Basilicata - Italia
Mario Docci, Sapienza Università di Roma - Italia
Edoardo Dotto, Università degli Studi di Catania - Italia
Maria Linda Falcidieno, Università degli Studi di Genova - Italia
Francesca Fatta, Università degli Studi *Mediterranea* di Reggio Calabria - Italia
Fabrizio Gay, Università Iuav di Venezia - Italia
Andrea Giordano, Università degli Studi di Padova - Italia
Elena Ippoliti, Sapienza Università di Roma - Italia
Francesco Maggio, Università degli Studi di Palermo - Italia
Anna Osello, Politecnico di Torino - Italia
Caterina Palestini, Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara - Italia
Lia M. Papa, Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Italia
Rossella Salerno, Politecnico di Milano - Italia
Alberto Sdegno, Università degli Studi di Udine - Italia
Chiara Vernizzi, Università degli Studi di Parma - Italia
Ornella Zerlenga, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" - Italia

Members of foreign structures
Caroline Astrid Bruzelius, Duke University - USA
Glaucia Augusto Fonseca, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasile
Pilar Chías Navarro, Universidad de Alcalá - Spagna
Frank Ching, University of Washington - USA
Livio De Luca, UMR CNRS/MCC MAP, Marseille - Francia
Roberto Ferraris, Universidad Nacional de Córdoba - Argentina
Ángela García Codoñer, Universitat Politècnica de València - Spagna
Pedro Antonio Janeiro, Universidade de Lisboa - Portogallo
Michael John Kirk Walsh, Nanyang Technological University - Singapore
Jacques Laubscher, Tshwane University of Technology - Sudafrica
Cornelie Leopold, Technische Universität Kaiserslautern - Germania
Carlos Montes Serrano, Universidad de Valladolid - Spagna
César Otero, Universidad de Cantabria - Spagna
Guillermo Peris Fajarnes, Universitat Politècnica de València - Spagna
José Antonio Franco Taboada, Universidade da Coruña - Spagna

Editorial board - coordination
Paolo Belardi, Enrico Cicalò, Francesca Fatta, Andrea Giordano, Elena Ippoliti, Francesco Maggio, Alberto Sdegno, Ornella Zerlenga

Editorial board - staff
Laura Carlevaris, Massimiliano Ciammaichella, Enrico Cicalò, Luigi Cocchiarella, Massimiliano Lo Turco, Giampiero Mele, Valeria Menchetelli, Barbara Messina, Cosimo Monteleone, Paola Puma, Paola Raffa, Veronica Riavis, Cettina Santagati, Alberto Sdegno (delegate of Editoria board – coordination)

Graphic design
Paolo Belardi, Enrica Bistagnino, Enrico Cicalò, Alessandra Cirafici

Editorial office
piazza Borghese 9, 00186 Roma
redazione.diségno@unioneitalianadisegno.it

Cover
Paul Klee, Revolving house, 1921. Detail.

The articles published have been subjected to double blind peer review, which entails selection by at least two international experts on specific topics.
For Issue No. 8/2021, the evaluation of contributions has been entrusted to the following referees:
Fabrizio Agnello, Piero Albisinni, Marinella Arena, Marcello Balzani, Carlo Bianchini, Enrica Bistagnino, Stefano Brusaporci, Massimiliano Campi, Maria Grazia Cianci, Alessandra Cirafici, Francesco Di Paola, Tommaso Empler, Laura Farroni, Federica Maietti, Marco Muscogiuri, Pilar Chías Navarro, Sandro Parrinello, Maria Elisabetta Ruggiero, Salvatore Santuccio, Giovanna Spadafora, Roberta Spallone, Marco Vitali, Andrea Zerbi

Consultant for English translations Elena Migliorati.

Published in June 2021

ISSN 2533-2899

8.2021 diségno

7 *Francesca Fatta* **Editorial**

Cover

9 *Agostino De Rosa* So Distant, almost Close

Image

22 *Mario Ridolfi* *Love Knot*

23 *Massimo Mariani* Mario Ridolfi's *Love Knot*

CONNECTING. DRAWING FOR WEAVING RELATIONSHIP

Prometheus. Theory and Technique

29 *José María Gentil Baldrich* A Reflection on the Spanish Expresión Gráfica Arquitectónica at the Zaragoza Congress "*Pingui Minerva*"

35 *Alessio Bortot* The Sphere between Stereotomy and Cartography. From Stony Traits to the Representation of the Cosmos

47 *Giorgio Buratti, Sara Conte, Valentina Marchetti, Michela Rossi* Weaving Ontology. Patterns of Textile Structures from the Knot to the Digital Lace

59 *Matteo Del Giudice, Emmanuele Iacono* Algorithmic Approach for the Application of Graphic Standards in the BIM Environment

Metis. The Mutation of Form

73 *Francesco Cervellini* Connecting. Notes and Exercises for a Theory of the Practice of *Disegno* of the Visual Form

87 *Pablo J. Juan-Gutiérrez* Reversible Ideas, Irreversible Drawings. Time as a Connector in Architectural Drawing

97 *Nicolas Turchi* The Architecture of Spacetime: Memory as a Project

109 *Starlight Vattano* Bodily Simultaneity in Avant-garde Art. Graphic Readings and Schemas

Mnemosyne. The Construction of Memory

123 *Giuseppe Amoruso* — The Crown of Thorns of Notre-Dame de Paris, Mythological Representations of Memory

131 *Salvatore Damiano* — Drawing Space in the Places of Myth: Luigi Moretti and Sicily

143 *Giuseppe Antuono, Valeria Cera, Vincenzo Cirillo, Emanuela Lanzara* — *In-between Places*. Multi-Scale Digital Hybridations of the Campania Caves&Quarries System

157 *Ilaria Trizio, Francesca Savini, Adriana Marra, Andrea Ruggieri* — The Virtual Tour as a Digital Tool for Linking the Disciplines of the Drawing and the Archaeology of Buildings

169 *Fabrizio Agnello, Laura Barrale* — Reconnecting Past and Present with Old Photos. Reconstruction of the Church of the Stimmate in Palermo

Hermes. The story of Place and Things

183 *Alessandra Cirafici* — Armed Architecture/Weapons of Architecture

197 *Elena Ippoliti, Andrea Casale* — Representations of the City. The Diffuse Museum *The Esquilino Tales*

211 *Graziano Mario Valenti, Alessandro Martinelli* — Aspects and Criticalities of the Fruition in Subjective of the Digital Space: the 'First Person View'

221 *Giorgio Garzino, Maurizio Marco Bocconcino, Mariapaola Vozzola, Giada Mazzone* — From the Representation of Urban Vulnerability: the Drawing of Graphic Abacuses for the Project

RUBRICS

Readings/Rereadings

237 *Massimiliano Ciammaichella* — Remember, You Are an Artist, Not a Scholar. Six Drawing Lessons by William Kentridge

Reviews

247 *Ornella Zerlenga* — Massimiliano Ciammaichella (2021). *Scenografia e prospettiva nella Venezia del Cinquecento e Seicento. Premesse e sviluppi del teatro barocco*. Napoli: La scuola di Pitagora editrice

250 *Francesco Maggio* — Elena Ippoliti (2020). *Il disegno per Gaetano Rapisardi. Progetti per Siracusa tra cronache e storia* Milano: Franco Angeli

253 *Andrea Giordano* — Veronica Riavis (2020). *La Chiesa di Sant'Ignazio a Gorizia tra architettura e pittura. Analisi geometrica e restituzioni per la rappresentazione tattile*. Trieste: EUT Edizioni Università di Trieste

256 *Eduardo Carazo Lefort* — Roberta Spallone, Marco Vitali (2020). *Sistemi voltati complessi: geometria, disegno, costruzione*. Canterano (Roma): Aracne editrice

259 *Enrica Bistagnino* — Alessandra Cirafici, Ornella Zerlenga (2020). *WordLikeSignMovie. Content switch*. Napoli: La scuola di Pitagora editrice

262 *Emanuela Chiavoni* — Giorgia Aureli, Fabio Colonnese, Silvia Cutarelli (a cura di). (2020). *Intersezioni. Ricerche di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura*. Roma: Artemide edizioni

Events

267 *Cecilia Bolognesi* — *Documentazione & Digitale 2020 Rome*. Knowledge and communication of Cultural Heritage

270 *Elena D'Angelo* — Workshop 3D Modeling & BIM. *Digital Twin*

273 *Letizia Bollini* — *Remediating Distance*s. Presentation of IMG Journal 3/2020

276 *Alessandro Luigini* — Second Annual Travelling Meeting of the *XYdigitale* Project and the *XY* Journal

281 **The UID Library**

285 **UID Awards 2020**

diségno 8 / 2021

Editorial

Francesca Fatta

An introduction

Issue No. 8 of *diségno* represents an 'exception,' or rather a 'variant' of the program of events of the Unione Italiana per il Disegno; a necessary variant, in adaptation to the pandemic wave that has changed the life of the entire world for over a year.
The 42nd International UID Conference entitled *Connettere. Un disegno per annodare e tessere / Connecting. Drawing for weaving relationships*, which should have been held in mid-September 2020 on the Calabrian shores of the Messina Strait area, was postponed to the following year, same period. In substitution it was decided to organize a Study Day on the discipline in reference to the current hardships that the pandemic has imposed on us.
The Covid-19 pandemic will, therefore, leave a trace even in the life calendar of the UID, and on the uninterrupted sequence of the forty-one annual conferences that to this day have characterized the association's scientific structure.
The Study Day took up the themes that had been previously established for the Conference, the Proceedings of which were published by Franco Angeli in open-access reflecting, and in fact launching, a further focus, which then became the call of the conference to be held next September in Reggio Calabria: *Languages*, *Distances*, *Technologies*.
In the current issue, continuing the rhythm of our journal's even-numbered issues, we have thus decided to give an account of the results of the book of the *Proceedings*, inviting the authors of the papers evaluated in double peer review with the highest score to produce a long paper on the proposed topics.

An acknowledgement

Since March 2021, diségno has been indexed in Scopus. This is an important step forward for the growth of our still young publication, which aims to achieve full recognition as a Class A disciplinary scientific journal.
I would therefore like to thank both the Editorial Board and the Editorial Staff.

 BY-NC-ND

Issue No. 8

This issue, which we have defined as 'atypical' in light of its previously described characteristics, is intended to define a moment of reflection on the Proceedings of the conference *Connettere. Un disegno per annodare e tessere/ Connecting. Drawing for weaving relationships*, and features the contributions of the Study Day held on 18 September 2020.
The *Cover* has been entrusted to Agostino De Rosa, with an *overture* that deals with the theme of 'connections' in relation to languages, distances and technologies, following a path that starting from the '*segno-di-segno*' unfolds towards deep, intimate and archetypal considerations.
This is followed by a comment on the design of Mario Ridolfi's famous *Nodo d'amore* (*Love knot*), chosen precisely for the intertwinings and weavings evoked by the subtitle 'drawing for weaving relationships.' The comment has been entrusted to one of his former students, Massimo Mariani, currently Councilor of the C.N.I. - Consiglio Nazionale degli Ingegneri d'Italia (National Council of Italian Engineers), responsible for Culture, who gives us a brief but intense testimonial of the Master's work.
The four Topics are introduced by José María Gentil Baldrich, professor emeritus at the Escuela Tecnica Superior de Arquitectura de Sevilla, for the theme *Prometheus: theory and technique*; Franco Cervellini for the theme *Metis: the mutation of form*; Giuseppe Amoruso for the theme *Mnemosyne: the construction of memory*; and Alessandra Cirafici for the theme *Hermes: the story* of places and things. I am particularly pleased to present this sequence of keynotes that effectively 'connects' different generations of scholars, belonging to different contexts and backgrounds, yet all of them decidedly linked to the various aspects of the discipline.
The columns that are a regular feature of all the issues of our journal present an overview of the vitality of Drawing and of its researchers.
Massimiliano Ciammaichella, in *Readings/Rereadings*, leads us to reflect on William Kentridge's *Six Drawing Lessons*.
This is followed by reviews of a selection of the monographs produced this past year, and of some of the events, seminars and congresses held in the last six months.
Starting with this issue, there is a new column which will be present in the even-numbered issues, concerning the prizes and awards that the UID presents, as is customary, during the activities of the annual conference: the UID Golden Awards, the "Gaspare De Fiore" Awards, and other prizes that may have been conferred.

Issue No. 9 and the future

Our editorial team is already working on Issue No. 9: a thematic issue, as is now customary, which will deal with the theme of *Visionary Drawing*. We are moving towards the renewal of UID's governing direction and bodies and a new structure for the Scientific Committee, Editorial Board and Editorial Staff. It is important to consider how, in these four years of life, *diségno* has grown thanks to the work and dedication of our entire scientific community, whose members, in their different capacities as authors, editors, reviewers, have believed in it.
The experience of the journal founded by Vito Cardone continues and will always be renewed, we are sure, at its very best.

Approccio algoritmico per l'applicazione degli standard grafici in ambiente BIM

Matteo Del Giudice, Emmanuele Iacono

Abstract

Nell'era della connessione digitale, il settore delle costruzioni sta attraversando una transizione che coinvolge numerosi aspetti, anche legati alla rappresentazione del manufatto edilizio. Le Information and Communication Technologies (ICTs) nel processo edilizio stimolano l'adozione di metodi e strumenti innovativi orientati alla comunicazione di un'idea progettuale, spostando l'attenzione dal tecnigrafo digitale al modello informativo. L'adozione del Building Information Modelling (BIM) sta innescando un'inversione radicale di prospettiva, tale per cui lo sviluppo di un modello 3D parametrico consente la generazione di una serie di elaborati grafici coordinati, evitando ridondanza informativa e conseguenti incoerenze. Tradizionalmente, la produzione di contenuti progettuali sfrutta standard e convenzioni grafiche, ereditate dagli strumenti di modellazione informativa. Il contributo mira a sviluppare un approccio critico sulle capacità attuali dei modelli collaborativi BIM di produrre tali elaborati, nell'ambito del processo edilizio. Tale studio si inserisce all'interno di un ampio ambito di ricerca focalizzato sull'ottimizzazione del processo edilizio migliorando la connessione fra tradizione e innovazione nella scienza del disegno.

Parole chiave: Building Information Modeling, Visual Programming Language, standard grafici, BIM connesso, algoritmi.

Introduzione

La digitalizzazione del settore delle costruzioni ha visto negli ultimi anni un'accelerazione notevole, dovuta in gran parte all'influenza dello sviluppo delle cosiddette *Information and Communication Technologies*. Si tratta di un processo di innovazione che non interessa solo l'industria edilizia, ma che coinvolge l'intera società contemporanea, che pertanto si sta orientando verso sempre più articolati e complessi sistemi di connessione e ottimizzazione della gestione dei dati, nell'ottica di procedere verso lo sviluppo di città, e quindi di società, sempre più intelligenti. Tutto ciò è conseguenza della quarta rivoluzione industriale, che implica necessariamente un radicale mutamento dei processi produttivi, attraverso reti di sensori, *smart manufacturing*, *cloud manufacturing*, e un generale mutamento di paradigma nei metodi progettuali e produttivi [Qi, Tao 2018, p. 3585].

Fra i numerosi esempi che si potrebbero proporre, uno dei più eloquenti può certamente essere l'introduzione di sensori all'interno degli edifici, che consente lo sviluppo di modelli edilizi innovativi che siano in grado non solo di replicarne le proprietà e l'aspetto dei propri componenti costruttivi, ma anche il comportamento degli stessi nel tempo, in maniera dinamica. Tali modelli richiedono tuttavia la presenza di apposite interfacce grafiche che rendano possibile la visualizzazione di dati e informazioni tali da poter soddisfare le esigenze degli utenti interessati.

Per queste ragioni, la rappresentazione architettonica e delle intenzioni progettuali va orientandosi sempre più

 BY-NC-ND

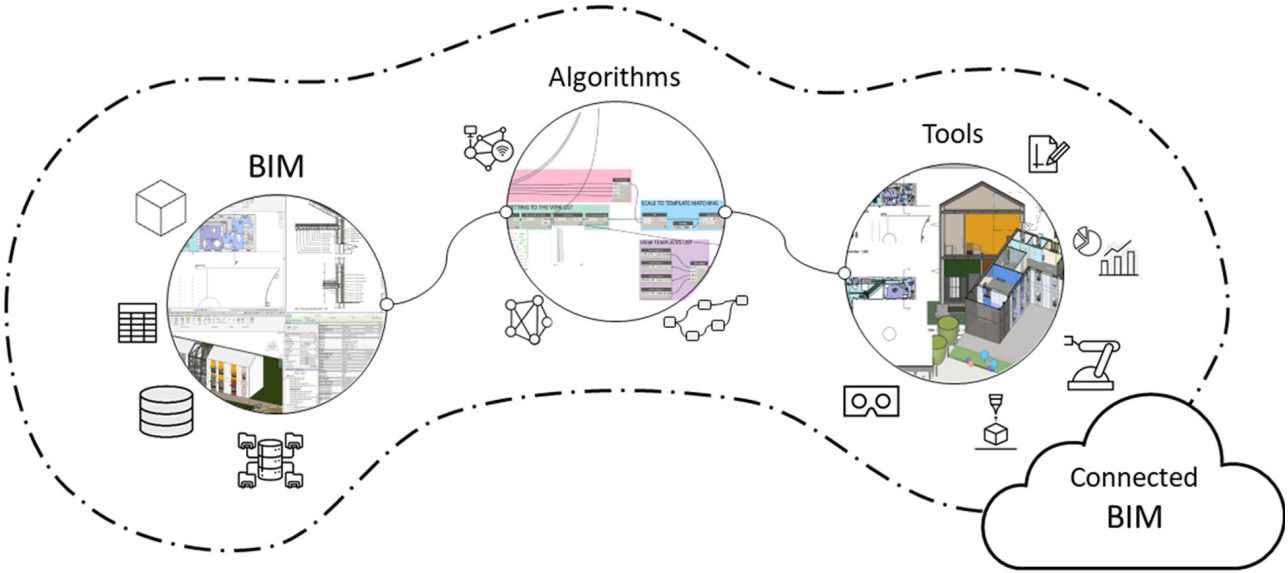


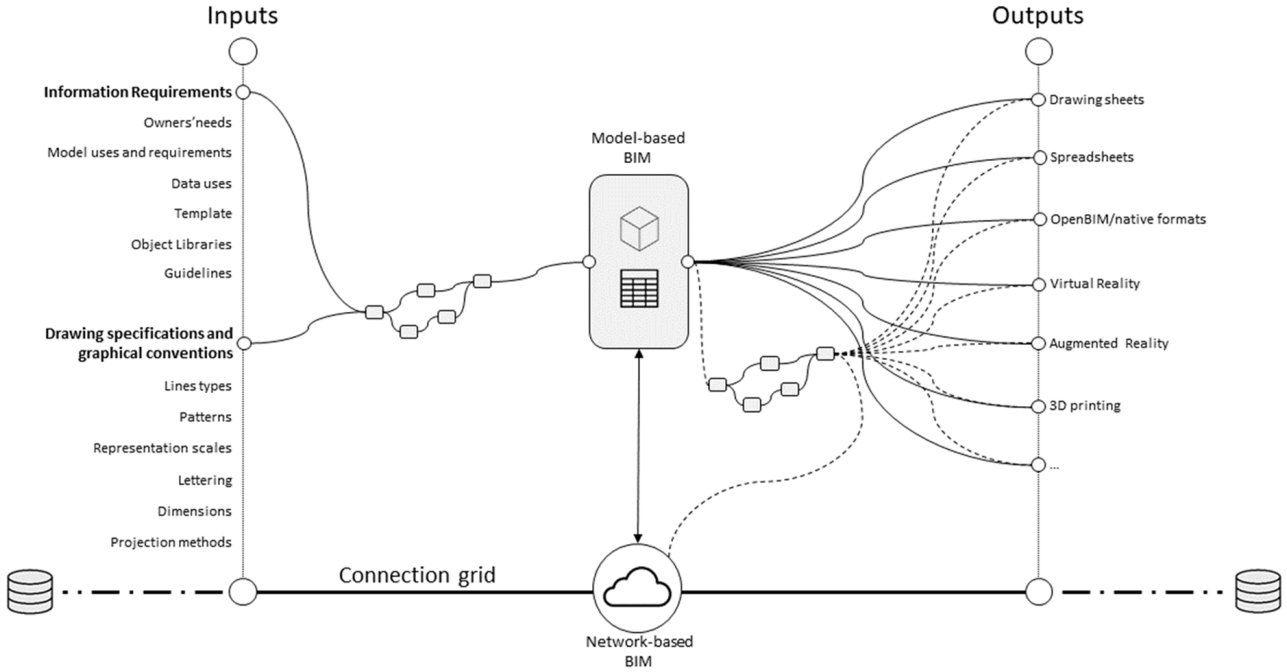
Fig. 1. Concettualizzazione alla base dell'ipotesi del Connected BIM (immagine degli autori).

verso la cosiddetta metodologia BIM (*Building Information Modeling*), che si basa sulla realizzazione di un modello tridimensionale parametrico, i cui elementi costituenti ospitano proprietà, dati, e informazioni numeriche e grafiche di ogni genere, tali da essere in grado di ottimizzare la gestione informativa del processo edilizio [Osello 2012, pp. 29-33].
L'organizzazione dei modelli informativi di cui sopra deve quindi essere finalizzata alla rappresentazione non solo tramite gli standard normativi e le convenzioni grafiche, ma anche attraverso modalità nuove di visualizzazione, ad esempio con le tecnologie della realtà virtuale e della realtà aumentata (VAR). Da ciò ne deriva che è possibile ottimizzare notevolmente le potenzialità della rappresentazione attraverso lo sviluppo di modelli informativi rappresentanti gli edifici e il loro comportamento rilevato tramite sensori collegati, generando di conseguenza quello che si identifica come un "gemello digitale" [Maatev 2020].
Date queste premesse, è possibile affermare che ci si trovi in quella che viene detta "era della connessione" [Autodesk 2020, pp. 6-12], nella quale lo sviluppo di modelli BIM deve essere basato su alcuni concetti fondamentali: 1) set di dati che possano descrivere caratteristiche e comportamento dell'edificio, sia in maniera statica che in maniera dinamica; 2) algoritmi capaci di ricevere, elaborare e produrre ampie quantità di informazioni e dati, così da poter formulare considerazioni sullo stato attuale degli edifici e prevederne il comportamento futuro, ottimizzandone la gestione; 3) interfacce *smart* che siano in grado di garantire una agevole interazione uomo-macchina (fig. 1). Quanto detto dovrebbe essere reso possibile tramite una costante condivisione tra utenti [Ratti, Claudel 2017; Garzino 2011, pp. 135-176].
Al momento, una concezione simile di modello informativo connesso è sovente associata allo sviluppo di un *Common Data Environment* (CDE), ossia una piattaforma dati condivisa, che però non comporta automaticamente la predisposizione di algoritmi in grado di ottimizzare la rappresentazione grafica sulla base dei requisiti progettuali esplicitati dalle normative del disegno; ne consegue che non è sufficiente l'adozione di un CDE per il raggiungimento di un livello di maturità BIM tale da consentire un adeguato *Integrated Project Delivery* (IPD) [Succar 2009, pp. 6-8, 31-34].

Nella migliore delle ipotesi, le modalità di connessione sopra esposte rendono possibile l'utilizzo di sistemi dotati di piattaforme basate su *cloud* che tuttavia consentono unicamente la visualizzazione. D'altra parte, sarebbe invece auspicabile che tali sistemi possano essere ulteriormente sviluppati in maniera tale da consentire agli utenti direttamente interessati non solo di visualizzare, ma anche di interagire in modo diretto con il modello attraverso modifica, creazione, eliminazione, integrazione, aggiornamento degli elementi e dei dati su essi presenti. Questo garantirebbe la possibilità di un agile avanzamento ed evoluzione del modello che vada di pari passo con l'evoluzione del proprio processo edilizio.
Nonostante il processo di modellazione e gestione attraverso il BIM consenta di generare elaborati di progetto notevolmente migliori tramite l'integrazione di modelli, strumenti analitici, piattaforme collaborative, e *Big Data* in generale, al momento è ancora significativo lo scarto tra la produzione di tali modalità di visualizzazione e le rappresentazioni grafiche riferite invece a convenzioni e standard codificati nell'ambito della disciplina del disegno e della rappresentazione grafica.
Il presente articolo presenta un possibile approccio analitico basato sulla creazione di algoritmi, con l'obiettivo di testarne l'efficacia nell'ottica dell'ottimizzazione della rappresentazione grafica in ambiente BIM. Tale approccio implica l'applicazione in maniera quanto più possibile automatizzata delle regole codificate di rappresentazione, applicate a specifiche visualizzazioni create dal modello informativo sulla base della scala grafica adottata, nel tentativo di avvicinare i contenuti forniti dalle piattaforme BIM a quelli normati dagli standard del disegno; tale analisi prende le mosse dagli studi avviati nell'ambito del corso di disegno tenuto, presso il Politecnico di Torino, dalla professoressa Giuseppa Novello.

Metodologia

Nella realizzazione di un modello BIM i principali passaggi logici tendenzialmente sono: 1) definizione degli *input*; 2) creazione di modelli tridimensionali parametrici; 3) produzione degli output richiesti da ogni specifica fase. Inoltre, le basi dello sviluppo di un modello informativo rimangono in ogni caso requisiti e specifiche del disegno e convenzioni grafiche, che costituiscono l'insieme degli *input* della modellazione. Dopodiché, al fine di migliorare la comunicazione del progetto è prassi la manipolazione delle specificità del modello per l'ottenimento degli opportuni output grafici e alfanumerici.
Attualmente il trattamento dei contenuti informativi è spesso basato su algoritmi predisposti ad-hoc per svolgere specifiche operazioni di conversione, in funzione delle caratteristiche e specificità degli output di progetto e relativi requisiti. Tramite questo tipo di operazioni, le rappresentazioni di progetto vengono dunque conformate agli standard normativi adottati senza necessità di manipolazioni ulteriori, con conseguente beneficio sul piano grafico.
L'ulteriore passaggio al fine di ottenere un modello BIM connesso (fig. 2) comporta, ad oggi, il suo upload su una piattaforma predisposta in rete per consentirne la condivisione dei propri contenuti e dati. Tale connessione, tra il modello caricato in rete e il modello basato su file, sarebbe auspicabile che fosse regolabile attraverso appositi algoritmi.
Avendo l'obiettivo di unificare le differenti modalità di rappresentazione e visualizzazione dei progetti, è necessario prima di tutto prendere in esame sia quelle che riguardano il processo edilizio che quelle più legate alla metodologia BIM (fig. 3). Riguardo alle prime, il Codice degli appalti pubblici (D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50) indica una serie di macrofasi del processo edilizio, enunciando inoltre nello specifico quelle riguardanti più specificatamente le fasi di progettazione. In aggiunta a queste sono inoltre incluse anche le fasi precedente e successiva ad essa, per poter considerare il processo nella sua completezza. D'altra parte, per quanto riguarda invece la metodologia BIM, vanno presi in considerazione i cosiddetti livelli di sviluppo (LOD, *Level of Development*), i quali nell'ambito normativo italiano vengono suddivisi su sette fasce, identificate ciascuna da una lettera, con contenuti grafici e informativi crescenti a partire dal LOD A fino ad arrivare al LOD G [De Gregorio 2018, pp. 20-21; Novello, Lo Turco 2014, p. 3]. A livello internazionale, la ISO 19650 aggiorna il concetto di LOD introducendo i livelli di fabbisogno informativo includendo criteri di quantità, qualità e granularità delle informazioni richieste [UNI EN ISO 19650-1 2019, p. 27]. Oltre a quanto enunciato per la legislazione italiana, si è considerato opportuno provare a prendere in considerazione anche il concetto di *Graphic Detail* (GraDe) proposto, in ambito britannico, dal AEC (UK) *BIM Protocol V2.0*, anche se vale la pena osservare che tale concetto tiene in realtà conto unicamente del contenuto grafico dei modelli, non esprimendo dunque una valutazione sul contenuto



LOD	Project phases								GRADE
	Survey	Feasibility study	Preliminary project	Definitive project	Executive project	Accounting	Technical testing	Life-cycle	
A		1: ≥ 500	1: ≥ 500	1:500	1:500				0
B	1: ≥ 200		1:200						1
C				1:100					2
D					1:50				
E					1:20	1:20			3
F					1:5	1:5	1:5		
G					1:1	1:1	1:1	1:1	

Fig. 2. Schematizzazione della transizione tra metodologia BIM File-based e Network-based (immagine degli autori).

Fig. 3. Matrice ipotetica di correlazione tra fasi del progetto, LOD e GraDe attraverso le scale di rappresentazione (immagine degli autori).

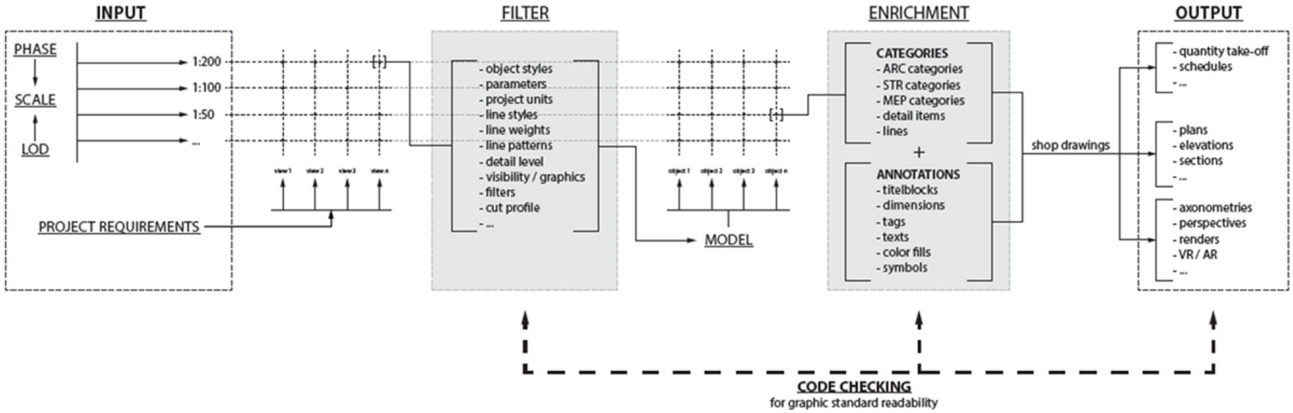


Fig. 4. Schema di workflow dell'ideale processo automatico per il miglioramento degli output di rappresentazione (immagine degli autori).

informativo degli stessi [Caffi et al. 2017, p. 70]. Tuttavia, procedendo a individuare delle corrispondenze fra le tre differenti espressioni dell'evoluzione del processo edilizio, tramite un elemento trasversale quale possono essere le scale di rappresentazione, è possibile tracciare un percorso logico che porti all'impostazione, in modo automatico, delle rappresentazioni necessarie e dei corretti contenuti di una determinata fase corrente del processo, a partire dai requisiti e dalle esigenze di progettazione di essa.
Il *workflow* illustrato nel presente documento prende le mosse dall'elaborazione di un algoritmo (fig. 4) costituito da una serie di matrici in grado di impostare e regolare la rappresentazione delle Viste di progetto a partire dalla definizione di fase, requisiti progettuali, LOD e scala grafica. Ipoteticamente, il procedimento è il seguente: a seconda della fase di progetto nella quale si trova l'utente, viene individuata la corrispondente fase del processo edilizio, sia essa la fase di progetto di fattibilità tecnica ed economica, quella di progettazione definitiva o infine quella esecutiva. Queste corrispondenze vanno a costituire un primo *input* nello schema logico illustrato. Un ulteriore *input* è costituito dal LOD, a sua volta basato sul livello di dettaglio che deve essere garantito negli elaborati progettuali richiesti dalla fase, e sul rispettivo contenuto informativo. Definiti questi primi due *input*, l'incrocio tra essi, ovvero l'incrocio tra la fase del progetto e il LOD corrispondente, soprattutto per quel che riguarda la componente grafica, individua di conseguenza le scale di rappresentazione più corrette (1:500, 1:200, 1:100 ecc.) per adempiere i requisiti di partenza. Successivamente, la correlazione tra la scala grafica opportuna e i relativi prodotti grafici da elaborare, al fine di comunicare correttamente l'idea progettale, costituisce il terzo e ultimo *input* dell'algoritmo. Una prima matrice dei documenti necessari per il completamento della corrente fase di progetto è generata dall'incrocio delle rappresentazioni richieste, nelle quali è suddiviso il progetto, e le scale definite dai primi due *input*. In particolare, ogni elemento di tale matrice deve passare per un elemento, nello schema denominato *Filter*, che viene identificato per ogni tipo di vista (siano esse ad es. piante 1:200, sezioni 1:100, esecutivi 1:50, dettagli 1:20 ecc.). Questo filtro è costituito da una serie di requisiti predefiniti di sistema, ai quali sono associabili una o più funzioni o impostazioni specifiche previste all'interno del software adoperato dall'utente (spessori e tipi di linea, retini, tratteggi, profili ecc.). Tale operazione ha evidentemente l'obiettivo di migliorare la visualizzazione delle diverse viste del modello sulla base delle normative e standard grafici del disegno.
Il passaggio successivo riguarda la sezione qui denominata come *Enrichment*, ovvero una specifica implementazione di viste e contenuti del modello informativo. Qui, ogni elemento verrebbe sottoposto a un'analisi attraverso operazioni che aggiungano, eventualmente, specifici elementi a esso tramite categorie e linee di dettaglio, oltre che attraverso ulteriori operazioni che agiscano sulle viste immettendo elementi di categorie di annotazioni (ad es. quote,

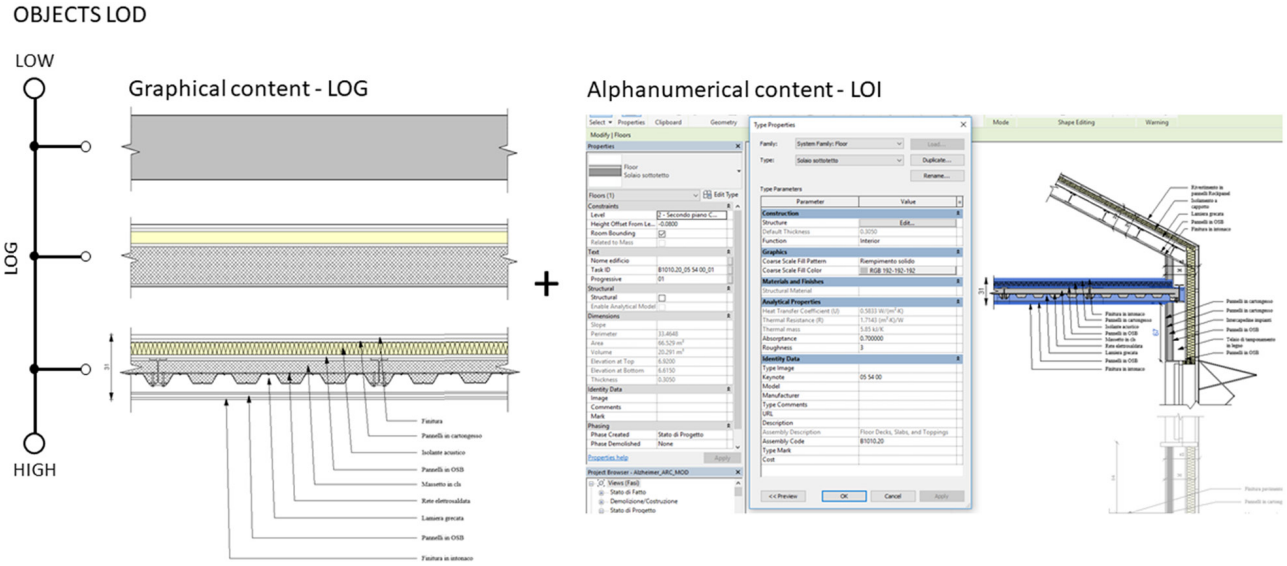


Fig. 5. Esempio di contenuti grafici e alfanumerici dei LOD (immagine degli autori).

simboli, tag, testi o cartigli). Portata a termine la fase di *Enrichment*, la produzione dei disegni sarà effettivamente in grado di soddisfare i requisiti normativi, sia che si tratti di rappresentazioni bidimensionali (piante, prospetti, sezioni, abachi ecc.) o tridimensionali (assonometrie, prospettive, render, VR/AR ecc.). L'insieme di tali disegni esportati va a formare l'output finale del processo logico, su cui infine è possibile avviare un'operazione di validazione, che fornisca di conseguenza un responso sulla correttezza dei filtri impostati all'interno del software.
Questa articolata serie di operazioni consentirebbe di ottenere, come prodotto, il miglioramento del cosiddetto *Level of Geometry* (LOG) così come l'aggiunta di diversi elementi di dettaglio che siano d'ausilio per la comprensione delle fasi di progetto più avanzate, nonché anche il miglioramento del *Level of Information* (LOI) [Pavan, Mirarchi, Giani 2017] (fig. 5). In base all'applicativo di *BIM authoring* adoperato per svolgere tali operazioni, possono essere necessari diversi sottoinsiemi di impostazioni di rappresentazione, siano essi basati su determinati filtri grafici, o su aggiunta di componenti e annotazioni, o ancora su compilazione, automatica o manuale, di varie proprietà degli elementi. Lo studio portato avanti nel presente documento si è basato sulla scelta del *software Autodesk Revit* come piattaforma di *BIM authoring* per valutare i punti di forza e di debolezza del modello informativo e del metodo applicato su di esso. Il grado di automazione nel processo risulta essere un punto cruciale, poiché a seconda della sua incidenza, esso può divenire più o meno oneroso.
L'immagine del diagramma di flusso (fig. 6) propone una ipotetica sequenza di azioni eseguite dall'algoritmo responsabile della validazione. Per ciascuna vista nel modello, la scala di rappresentazione è assegnata come *input* iniziale e associata immediatamente alla relativa vista. Elemento dopo elemento, si effettua la verifica della rispondenza rispetto alle normative sul disegno. Se tale rispondenza è corretta, l'algoritmo procede con l'elemento successivo; in caso contrario invece, viene avviato il processo di verifica e arricchimento. Questo processo valuta, per ogni elemento, i suoi specifici requisiti e le richieste normative. Per ciascuno di essi, nei casi in cui questi non risultino conformi alle norme, lo step successivo è dunque l'implementazione dell'oggetto con i mancanti elementi necessari. Fatto questo, l'algoritmo prosegue con il requisito seguente, fino a che non è stata verificata la rispondenza a ciascuno di essi. Al completamento della procedura, l'elemento viene considerato conforme alla norma, e il programma procede a cascata con gli oggetti successivi.

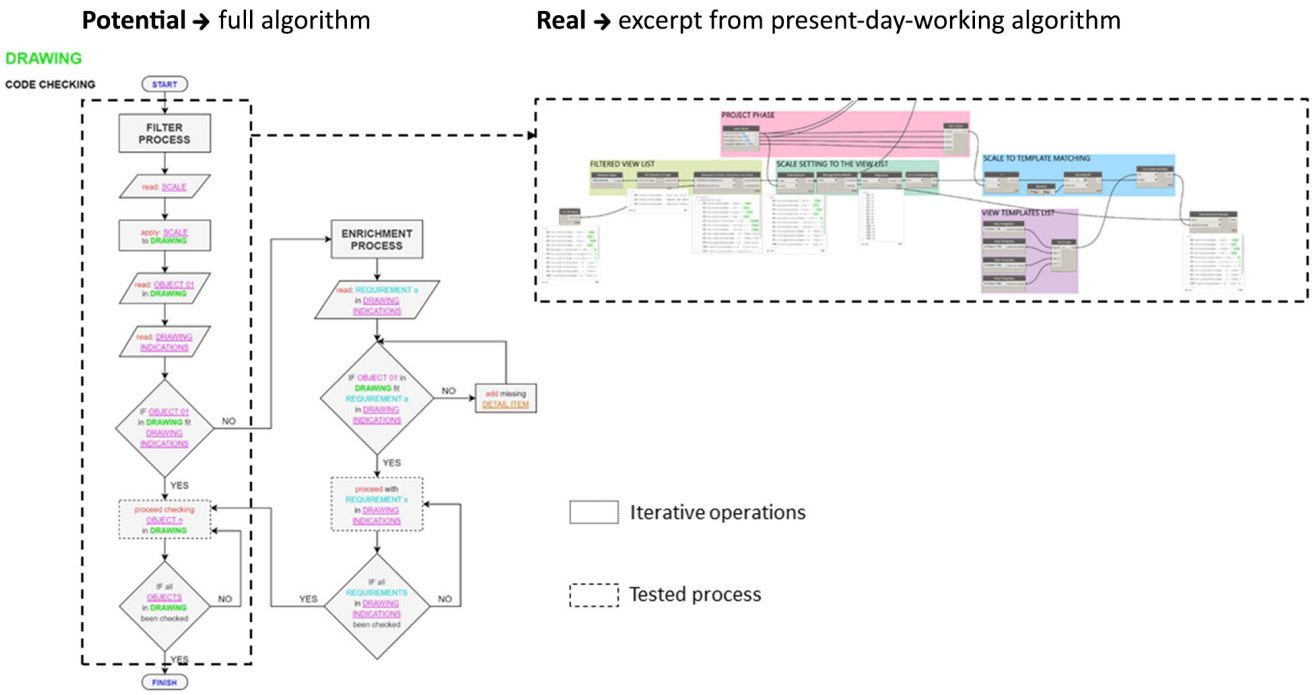


Fig. 6. A sinistra, flowchart logico dell'algoritmo proposto; a destra, una parte dello script testato (immagine degli autori).

Il diagramma logico qui ipotizzato, raffigurante la sequenza di passaggi che la macchina deve seguire, è stato tradotto come Linguaggio di Programmazione Visuale (VPL – *Visual Programming Language*) eseguibile dallo strumento di *BIM authoring* adoperato (fig. 6), attraverso l'interfaccia di programmazione grafica Dynamo. Lo *script* risultante, visibile sulla destra dell'immagine, è il prototipo di una delle sezioni testate dell'algoritmo completo, il quale è ancora in fase di sviluppo e dovrà necessariamente essere reso funzionante nella sua interezza.
Si osservi che lo *script* attualmente funzionante è stato elaborato partendo dal presupposto di testarne innanzitutto le capacità di interazione con le Viste, adoperando dunque una preliminare semplificazione sul lato degli *input*, che in questa sede sono stati perciò ridotti alla semplice lettura della scala di rappresentazione impostata dall'utente. Inoltre, dal momento che alcune funzioni adoperati su Dynamo non prevedono la possibilità di un *auto-refresh* al cambiamento dell'*input* se non tramite riavvio manuale dell'algoritmo, è stato implementato all'interno dello script un gruppo di nodi in grado di temporizzare l'aggiornamento automatico dei dati. L'algoritmo così creato (fig. 7), è strutturato in maniera tale da aggiornarsi automaticamente, secondo una temporizzazione prestabilita se mantenendo Dynamo in esecuzione, o avviando lo stesso ogni volta che sia necessario attraverso il Dynamo Player di *Revit*.

Risultati

Al momento, la realizzazione di modelli informativi connessi che siano in grado di rappresentare correttamente le informazioni progettuali è un processo ancora migliorabile (fig. 8) e ottimizzabile, in vista dell'ottenimento di procedure più efficienti sia per quanto riguarda la visualizzazione di infor-

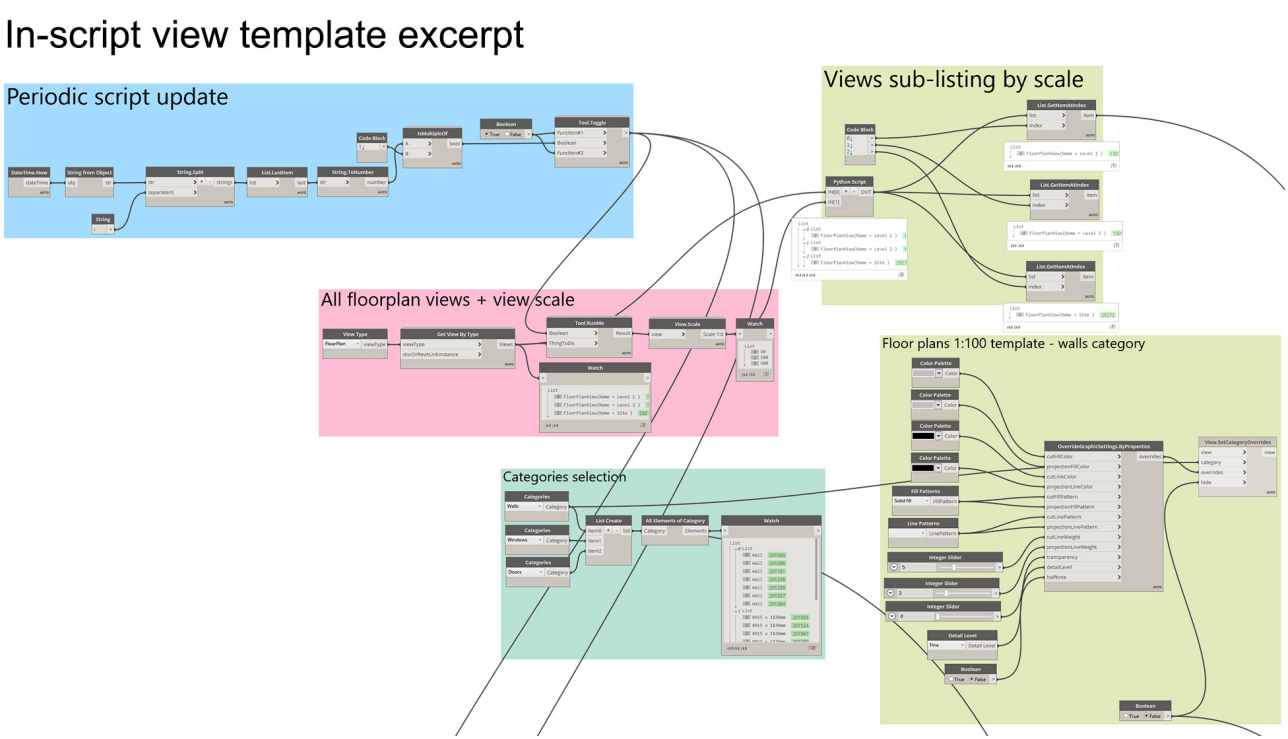


Fig. 7. Estratto dell'algoritmo elaborato, come focus sulla gestione dei template in-script (immagine degli autori).

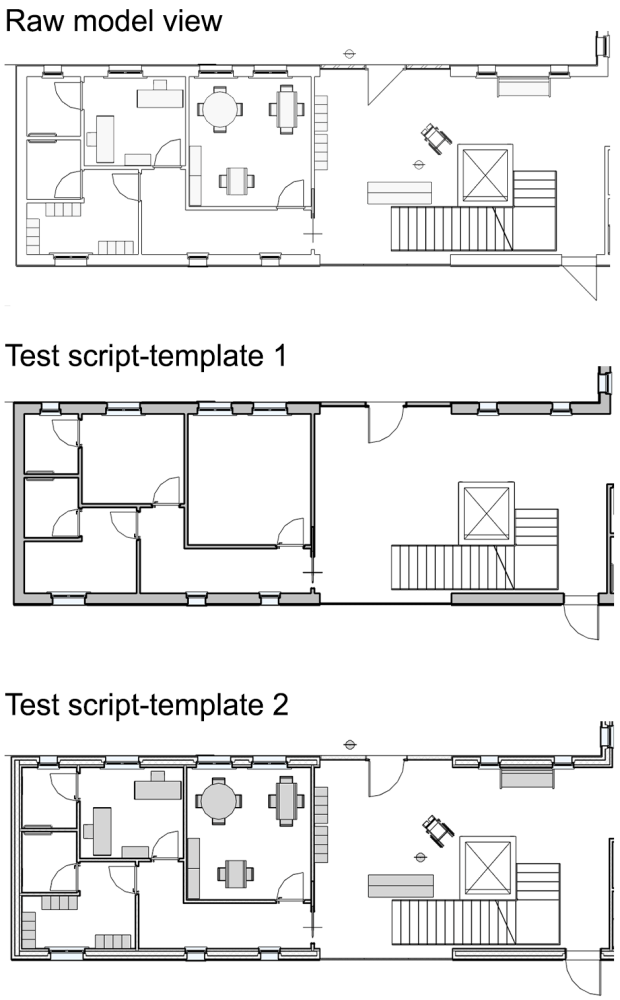


Fig. 8. Esempi di test di semplice avvio di script preimpostati a partire da una vista di modello non trattata (immagine degli autori).

mazioni e dati sia per un processo integrato. In particolar modo è ancora necessario valutare come *input* del processo sia i requisiti informativi sia le impostazioni grafiche, per procedere allo sviluppo di un potenziale archivio digitale che sia ottimizzato per essere in grado di raccogliere e mettere insieme informazioni grafiche e alfanumeriche.
Il presente contributo sottolinea la validità dell'introduzione di passaggi automatizzati all'interno del processo edilizio, al fine di facilitare la produzione di elaborati progettuali, attraverso una connessione tra gli *input* di progetto e gli output richiesti dal processo stesso tramite l'uso degli standard grafici. Pertanto, il livello di automazione necessario per la produzione di elaborati grafici correttamente impostati è stato valutato tramite una rappresentazione schematica dell'*effort* necessario per essa (fig. 9), mettendo a sistema le corrispondenze tra standard grafici e impostazioni lato software. Per esempio, l'impostazione denominata *Detail Level* consente di regolare la visibilità dei differenti elementi del modello in maniera più semplice rispetto a un'impostazione come quella chiamata *Cut profile*, la quale necessita di uno sforzo lavorativo maggiore, in quanto essa richiede di essere applicata per ogni vista desiderata.
Dunque, la procedura automatica precedentemente illustrata presenta ancora determinate criticità, le quali sono da individuarsi sia negli oggettivi limiti tecnologici attuali, sia nella particolarità e unicità, per scelte tecniche e costruttive, di ogni singolo progetto.
Concretamente, è possibile operare sul processo di filtraggio, tramite una serie di impostazioni, che possono essere incorporate all'interno dei *template* di progetto, modificabili attraverso *script* (ad es. con l'uso di *plugin* come Dynamo), sulla base delle scale di rappresentazione associate al *Detail Level* impostate su determinate viste. Tuttavia, è ancora del tutto possibile perfezionare la fase di arricchimento con possibilità di renderla ulteriormente automatizzabile, poiché molti elementi presenti in questa fase vanno ancora inseriti singolarmente. Di fatto, la produzione di elaborati grafici a partire da modelli BIM implica anche la necessità, talvolta, di inserire oggetti aggiuntivi, come i cosiddetti *Detail Items* o determinate *Annotations*, i quali possono determinare una comunicazione del progetto più chiara e comprensibile.
Ancora, per quanto riguarda l'integrazione tra *template* di progetto e *script*, tramite la sperimentazione qui testata è stato possibile gestire la grande quantità di impostazioni grafiche finalizzate alla documentazione di progetto attraverso le operazioni di *scripting* via Dynamo.

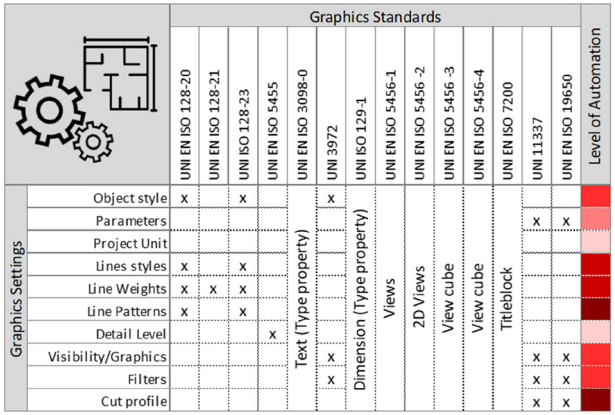


Fig. 9. Valutazione del livello di automazione circa le impostazioni grafiche e rispettivi standard grafici (immagine degli autori).

Inoltre la capacità, precedentemente descritta, dell'algoritmo di auto-aggiornarsi costantemente sulla base della semplice regolazione della scala di rappresentazione nella vista, rende potenzialmente impostabile una serie di *pseudo-template* di vista, predefiniti, all'interno di un singolo algoritmo, mantenuto in azione in background.
L'innovazione proposta in questo contributo favorisce l'ottimizzazione della produzione di elaborati grafici senza la quale i tempi per la regolazione di gran parte delle impostazioni grafiche all'interno dell'applicativo subirebbero un allungamento anche nell'ottica del trasferimento degli standard condivisi, con un semplice scambio di un file da pochi *kiloByte*.
Sicuramente, l'articolo mette in luce le attuali differenze tra Viste di progetto (proprie della piattaforma di *BIM authoring*) e gli elaborati progettuali che sono il vero prodotto atteso dall'attuale processo edilizio.
Lo studio illustrato evidenzia come sia notevolmente differente lo sforzo necessario per completare i diversi task che sono naturalmente parte del complesso processo di rappresentazione, e come tale differenza sia essenzialmente dovuta alla specifica funzionalità selezionata, attivata o utilizzata in una determinata vista o insieme di viste.
Il presente documento ha inoltre indagato la congruità delle scale LOD rispetto alle fasi di progettazione, tentando di stabilire una corrispondenza con le relative scale di rappresentazione. Pertanto, il livello informativo ottenuto nelle tavole progettuali va considerato a tutti gli effetti uno dei requisiti per la definizione dei cosiddetti livelli di fabbisogno informativo, definiti all'interno della norma ISO 19650 e del recepimento della norma UNI EN 17412-1:2021.
Ad oggi la scelta di una scala di rappresentazione grafica è fondamentale per raggiungere gli obiettivi di progetto nel contesto della produzione degli elaborati grafici. Attraverso la modellazione informativa è auspicabile che si orienti il prodotto grafico ai contenuti dei BIM uses che integrano le richieste di rappresentazione agli obiettivi e ai relativi usi del modello informativo.

Conclusioni

La capacità di comunicare un'idea progettuale è da sempre una prerogativa dell'essere umano che, nel tempo, ha sviluppato una serie di abilità per ottimizzare la comunicazione tra i suoi simili. Nell'ambito dell'industria delle costruzioni questa capacità ha trovato un'applicazione sulla produzione di elaborati grafici in grado di favorire la comprensione delle intenzioni progettuali. Questa procedura ha quindi caratterizzato da sempre il *modus operandi* dell'ingegnere e dell'architetto, che finalizzava le sue intenzioni in una molteplicità di documenti per descrivere l'idea progettuale. Con l'adozione del CAD tale capacità è stata affinata, migliorando la qualità e la precisione grafica dell'apparato documentale, che però continua ad essere disomogenea e non coordinata, evidenziando alcuni limiti sulla coerenza tra gli elaborati.
Con l'avvento del BIM si assiste ad un ribaltamento di paradigma in cui l'unicità dell'idea progettuale è garantita dallo sviluppo di un modello 3D parametrico da cui sono generate varie rappresentazioni grafiche. In tal modo le difficoltà messe in luce dalla metodologia tradizionale sono superate grazie alla tecnologia. Nell'era della connessione digitale il proposito è quello di alzare il livello di maturità del BIM raggiungendo un grado di collaborazione e integrazione, orientando l'industria delle costruzioni verso un'implementazione nei processi, basata sull'elaborazione di un modello collaborativo. Determinate attività, quali lo sviluppo di elaborati di progetto e l'aggiornamento di dati lungo l'intero ciclo di vita del manufatto, dovrebbero basarsi sulla realizzazione di un modello connesso a banche dati eterogenee, nell'ottica dello sviluppo di *smart cities*.
Questo contributo ha analizzato il livello di automatizzazione del processo di produzione di documentazione

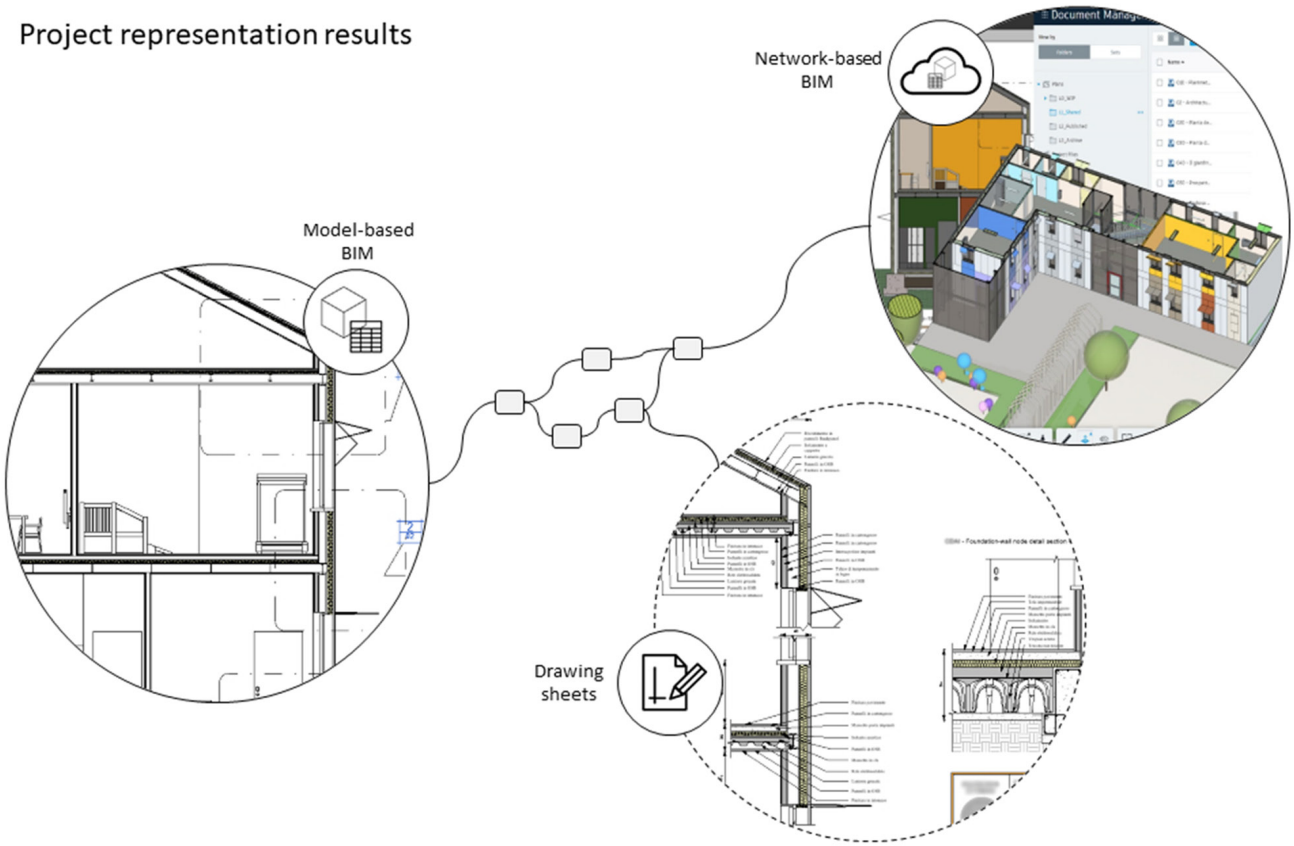


Fig. 10. Interazione teorica tra il modello BIM connesso e le sue rappresentazioni (immagine degli autori).

allineato ai requisiti normativi, raccogliendo la sfida del BIM sul superamento dell'attuale divario tra semplice visualizzazione e corretta rappresentazione (fig. 10). Una ottimizzazione ulteriore potrebbe essere quella dell'autoregolazione degli algoritmi proposti sulla base di determinati dati immessi. Ci si auspica che nel prossimo futuro la definizione dei requisiti grafici e informativi dei documenti di progetto potrà essere ulteriormente codificata tramite l'uso di sistemi in grado di rielaborare correttamente i dati messi a sistema all'interno dei vari database, per poi trasferirli in determinate rappresentazioni specifiche della realtà.
A causa della complessità legata al mondo della collaborazione e dell'interoperabilità tra le tecnologie presenti sul mercato delle costruzioni, è auspicabile che i limiti tecnologici attuali vengano superati nel prossimo futuro. In conclusione, l'innovazione tecnologica avrà il compito di fornire nuovi metodi e strumenti per la realizzazione di modelli informativi connessi, da utilizzare con differenti interfacce per le molteplici specificità della società contemporanea.

Ringraziamenti

Gli autori concordano sui contenuti, l'approccio metodologico e sulle considerazioni finali presentati in questa ricerca. In particolare, Matteo Del Giudice ha introdotto il contributo nel primo paragrafo sviluppando l'introduzione. La metodologia è stata affrontata sia da Matteo Del Giudice che da Emmanuele Iacono. Quest'ultimo si è dedicato ai risultati ottenuti, mentre le conclusioni vogliono essere una sintesi dei due autori. Si ringrazia la tesista Isabella Dusi per aver acconsentito alla diffusione di alcuni contenuti sviluppati nella sua tesi di laurea.

Autori

Matteo Del Giudice, Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino, matteo.delgiudice@polito.it
Emmanuele Iacono, Dipartimento di Studi per l'Economia e l'Impresa, Università del Piemonte Orientale, emmanuele.iacono@uniupo.it

Riferimenti bibliografici

Autodesk. *BIM and the cloud for building design. Improved project insight with connected BIM*. Autodesk.com. <https://www.autodesk.com/solutions/bim/discover-building-design/bim-for-building-design> (consultato il 19 febbraio 2020).

Caffi, V. et al. (2017). *Il processo edilizio supportato dal BIM: l'approccio INNOVance*. Roma: Edilstampa.

De Gregorio, M. (2018). BIM: la normazione nel futuro dell'edilizia. In *U&C Dossier UNI*, 8, pp. 19-34.

Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, Codice dei contratti pubblici.

Garzino, G. (2011). *Disegno (e) in_formazione. Disegno politecnico*. Segrate (MI): Politecnica, Maggioli Editore.

Mateev, M. (2020). Industry 4.0 and the digital twin for building industry. In *International Scientific Journals of Scientific Technical Union of Mechanical Engineering "Industry 4.0"*, Issue 1, vol. 5, pp. 29-32.

Novello, G., Lo Turco, M. (2014). *Linee guida per la modellazione dei componenti in ambiente BIM*. Torino: Politecnico di Torino.

Osello, A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM per Ingegneri e Architetti*. Roma: Gangemi Editore.

Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M. (2017). *BIM: metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano: Tecniche Nuove.

Qi, Q., Tao, F. (2018). Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. In *IEEE Access*, vol. 6, pp. 3585-3593. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8258937> (consultato il 12 febbraio 2021).

Ratti, C., Claudel, M. (2017). *La città di domani. Come le reti stanno cambiando il futuro urbano*. Torino: Einaudi.

Succar, B. (2009). Building Information Modelling Maturity Matrix. In J. Underwood, U. Isikdag, (eds.), *Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, pp. 65-103. Information Science Reference, IGI Publishing.

UNI EN ISO 19650-1:2019, Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi.

Algorithmic Approach for the Application of Graphic Standards in the BIM Environment

Matteo Del Giudice, Emmanuele Iacono

Abstract

In the era of digital connection, the construction industry is crossing a transition that involves numerous aspects, related, among others, to the representation of the building artifact. Information and Communication Technologies (ICTs) in the construction process stimulate the adoption of innovative methods and tools aimed at communicating the design idea, shifting the focus from the digital drafting machine to the information model. The adoption of Building Information Modeling (BIM) is triggering a radical inversion of perspective, such that the development of a parametric 3D model allows the generation of a series of coordinated drawings, avoiding information redundancy and consequent inconsistencies. Traditionally, the production of design content takes advantage of standards and graphic conventions, inherited from information modeling tools. The contribution aims to develop a critical approach on the current capabilities of collaborative BIM models to produce such documents, as part of the construction process. This study is part of a broad field of research focused on optimizing the building process by improving the connection between tradition and innovation in the science of representation.

Keywords: Building Information Modeling, Visual Programming Language, graphic standards, connected BIM, algorithms.

Introduction

The digitization of the construction industry has seen a significant acceleration in recent years, largely due to the influence of the development of the so-called Information and Communication Technologies. It is an innovation process that does not only affect the construction industry, but involves the whole of contemporary society, which is therefore moving towards more and more articulated and complex systems of connection and optimization of data management, with a view to proceed towards the development of cities, and therefore of increasingly intelligent societies. All this is a consequence of the fourth industrial revolution, which necessarily implies a radical change in production processes, through sensor networks, smart manufacturing, cloud manufacturing, and a general paradigm shift in design and production methods [Qi, Tao 2018, p. 3585].

Among the numerous examples that could be proposed, one of the most eloquent can certainly be the introduction of sensors inside buildings, which allows the development of innovative building models that are not only able to replicate the properties and appearance of their constructive components, but also their behavior over time, in a dynamic way. However, these models require the presence of special graphic interfaces that make it possible to view data and information in order to satisfy the needs of the users concerned.

For these reasons, the architectural representation of design intentions is increasingly orienting towards the

 BY-NC-ND

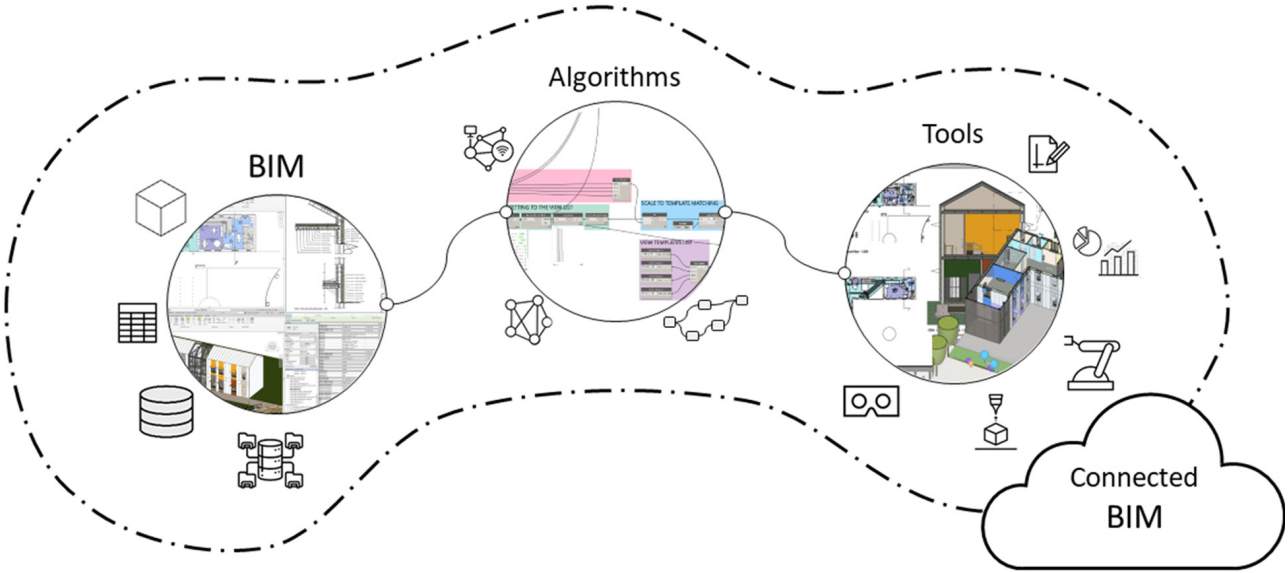


Fig. 1. Conceptualization underlying the Connected BIM hypothesis (image of the authors).

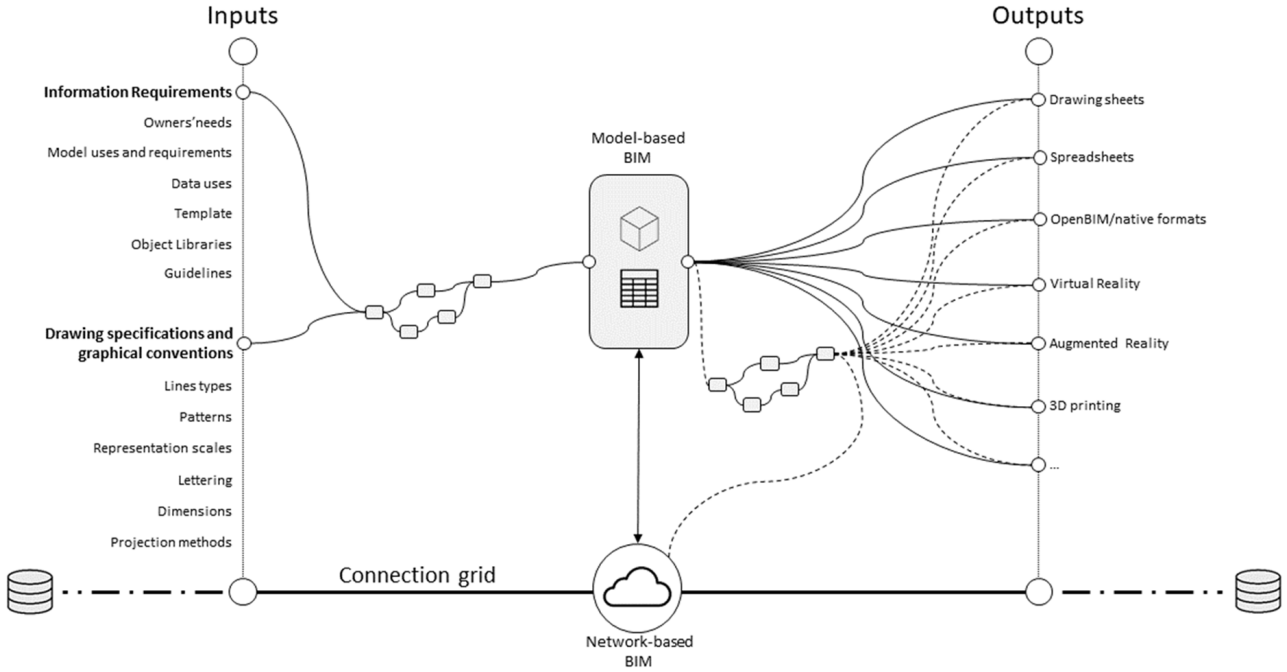
so-called BIM (Building Information Modeling) methodology. This is based on the creation of a three-dimensional parametric model, whose constituent elements host properties, data, and numerical and graphical information, in order to be able to optimize the information management of the building process [Osello 2012, pp. 29-33].
Therefore, the organization of the information models mentioned above must be aimed at representation not only through regulatory standards and graphic conventions, but also through new viewing methods, for example with virtual reality and augmented reality (VAR) technologies. From this it follows that it is possible to greatly optimize the potential of representation through the development of information models representing buildings and their behavior detected through connected sensors, consequently generating what is identified as a "digital twin" [Maatev 2020].
Given these premises, it is possible to say that the current times could be considered as what is called the "era of connection" [Autodesk 2020, pp. 6-12], in which the development of BIM models must be based on some fundamental concepts, such as data sets, algorithms and smart interfaces. The first ones can describe the characteristics and behavior of the building, both statically and dynamically. The second ones are capable of receiving, processing and producing large quantities of information and data, so as to be able to formulate considerations on the current state of buildings and predict their future behavior, optimizing their management. The last ones are able to ensure easy man-machine interaction (fig. 1). All the above should be made possible through constant sharing between users [Ratti, Claudel 2017; Garzino 2011, pp. 135-176].
At the moment, a similar conception of a connected information model is often associated with the development of a Common Data Environment (CDE), i.e. a shared data platform, which, however, does not automatically involve the preparation of algorithms capable of optimizing the graphical representation based on the planning requirements outlined by the design regulations. It follows that the adoption of a CDE is not sufficient to achieve a level of BIM maturity such as to allow an adequate Integrated Project Delivery (IPD) [Succar 2009, pp. 6-8, 31-34].

At best, the connection methods described above make it possible to use systems equipped with cloud-based platforms which, however, allow only viewing. On the other hand, it would instead be desirable that these systems can be further developed in such a way to allow directly interested users not only to view, but also to interact directly with the model by modifying, creating, deleting, integrating, updating the elements and data on them. This would ensure the possibility of an agile advancement and evolution of the model that goes hand in hand with the evolution of its building process.
The modeling and management process through BIM allows to generate significantly better project documents through the integration of models, analytical tools, collaborative platforms, and Big Data in general. Despite this, at the moment the gap between the production of these methods of visualization, and the graphic representations referring instead to conventions and standards codified within the discipline of drawing and graphic representation, is still significant.
This article presents a possible analytical approach based on the creation of algorithms, with the aim of testing their effectiveness in terms of optimizing the graphic representation in a BIM environment. This approach involves the application in an automated manner as much as possible of the coded representation rules, applied to specific views created by the information model on the basis of the graphic scale adopted, in an attempt to bring the contents provided by the BIM platforms closer to those regulated by the design standards. This analysis starts from the studies carried on as part of the drawing course held at the Polytechnic of Turin, by Professor Giuseppa Novello.

Methodology

In the realization of a BIM model the main logical steps basically are: 1) definition of the inputs; 2) creation of three-dimensional parametric models; 3) production of the outputs required by each specific phase. In addition, the bases for the development of an information model remain in any case requirements and specifications of the design and graphic conventions, which constitute the set of modeling inputs. After that, in order to improve the communication of the project, it is a usual procedure to manipulate the specificities of the model to obtain the appropriate graphical and alphanumerical outputs.

Currently, the processing of information content is often based on *ad-hoc* algorithms to carry out specific conversion operations, according to the characteristics and specificity of the project outputs and related requirements. Through this type of operations, the project representations are therefore conformed to the regulatory standards adopted without the need for further manipulations, with consequent benefits on the graphic level.
The further step in order to obtain a connected BIM model (fig. 2) currently involves its upload to a platform set up on the network to allow the sharing of its content and data. Such a connection, between the model uploaded on the network and the file-based model, it would be desirable to be adjustable through specific algorithms. With the aim of unifying the different ways of representing and displaying projects, it is first of all necessary to consider both those relating to the construction process and those more related to the BIM methodology (fig. 3). With regard to the former, the Public Procurement Code (Legislative Decree 18 April 2016, No. 50) indicates a series of macro-phases of the building process, also specifically stating those relating more specifically to the design phases. In addition to these, the preceding and subsequent phases are also included, in order to consider the process in its entirety. On the other hand, as regards the BIM methodology, the so-called Levels of Development (LOD) must be taken into consideration. In the Italian regulatory framework they are divided into seven ranges. Each one is identified by a letter, with increasing graphic and information contents starting from LOD A up to LOD G [De Gregorio 2018, pp. 20-21; Novello, Lo Turco 2014, p. 3]. At the international level, ISO 19650 updates the concept of LOD by introducing the Levels of Information Need (LOIN) including criteria of quantity, quality and granularity of the information requested [UNI EN ISO 19650-1 2019, p. 27]. In addition to what is stated for the Italian legislation, it was considered appropriate to try and take into consideration also the concept of Graphic Detail (GraDe) proposed, in the British context, by the AEC (UK) *BIM Protocol V2.0*. However, it is worth observing that this concept actually takes into account only the graphic content of the models, thus not expressing an evaluation on the information content [Caffi et al. 2017, p. 70]. However, by proceeding to identify correspondences between the three different expressions of the evolution of the building process, through a transversal



LOD	Project phases								GRADE
	Survey	Feasibility study	Preliminary project	Definitive project	Executive project	Accounting	Technical testing	Life-cycle	
A		1: ≥ 500	1: ≥ 500	1:500	1:500				0
B	1: ≥ 200		1:200						1
C				1:100					2
D					1:50				
E					1:20	1:20			3
F					1:5	1:5	1:5		
G					1:1	1:1	1:1	1:1	

Fig. 2. Schematic of the transition between File-based and Network-based BIM methodology (image of the authors).

Fig. 3. Hypothetical matrix of correlation between project phases, LOD and GraDe through the representation scales (image of the authors).

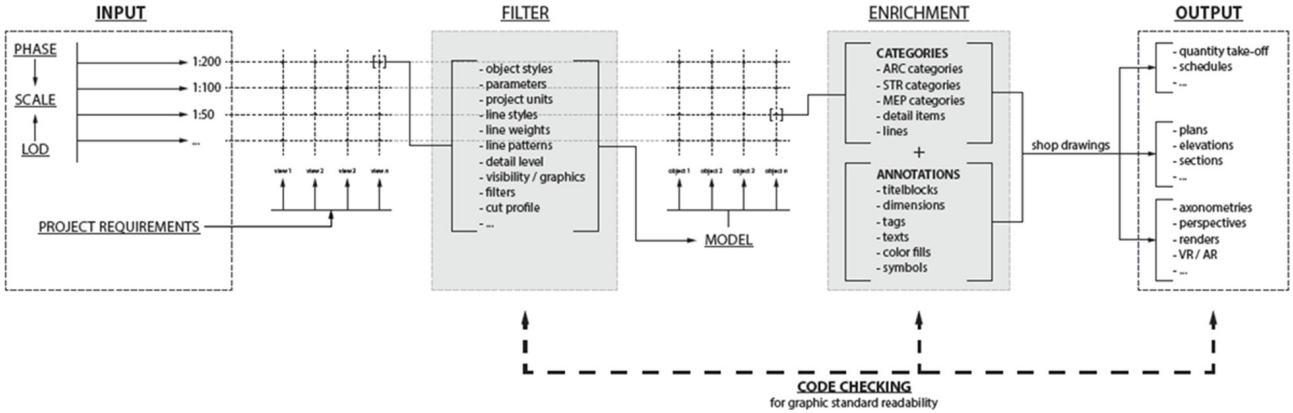


Fig. 4. Workflow diagram of the ideal automatic process for the improvement of representation outputs (image of the authors).

element such as the representation scales, it is possible to trace a logical path that leads to the setting, in an automatic way, of the necessary representations and the correct contents of a given current phase of the process, starting from the requirements and design needs.
The workflow illustrated in this document starts from the elaboration of an algorithm (fig. 4) consisting of a series of matrices capable of setting and regulating the representation of the project views starting from the definition of phase, design requirements, LOD and graphic scale. Hypothetically, the procedure is as follows: depending on the project phase in which the user is, the corresponding phase of the building process is identified, be it the project phase of technical and economic feasibility, the final design phase or finally the executive. These correspondences constitute a first input in the illustrated logical scheme. A further input consists of the LOD, in turn based on the level of detail that must be guaranteed in the design documents required by the phase, and on the respective information content. Once these first two inputs have been defined, the intersection between them, i.e. the intersection between the project phase and the corresponding LOD, especially as regards the graphic component, consequently identifies the most correct representation scales (1:500, 1:200, 1:100 etc.) to fulfill the starting requirements. Subsequently, the correlation between the appropriate graphic scale and the related graphic products to be processed, in order to correctly communicate the design idea, constitutes the third and final input of the algorithm. A first matrix of the documents necessary for the completion of the current project phase is generated by the intersection of the required representations, into which the project is divided, and the scales defined by the first two inputs. In particular, each element of this matrix must pass through an element, in the scheme called Filter, which is identified for each type of view (whether they are, for example, 1:200 plans, 1:100 sections, 1:50 executive drawings, 1:20 details etc.). This filter is a series of predefined system requirements, to which one or more specific functions or settings provided within the software used by the user can be associated (thicknesses and types of lines, fills, hatches, profiles, etc.). This operation has obviously the aim of improving the display of the different views of the model on the basis of the graphic design regulations and standards. The next step concerns the Enrichment section, which is a specific implementation of views and contents of the information model. Here, each element would be subjected to an analysis through operations that possibly add specific elements through categories and detail lines, as well as through further operations that act on the views by entering elements of annotation categories (e.g. dimensions, symbols, tags, texts or title blocks). Once the Enrichment phase has been completed, the production of the drawings will effec-

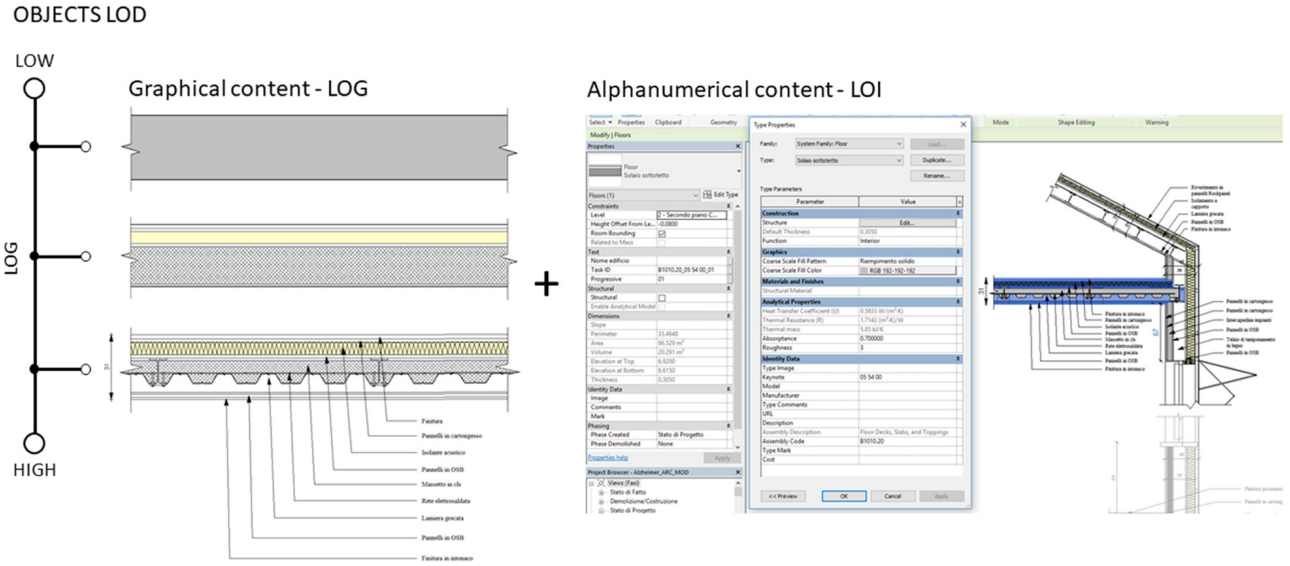


Fig. 5. Example of graphic and alphanumerical contents of the LOD (image of the authors).

tively be able to meet the regulatory requirements, whether they are two-dimensional (plans, elevations, sections, abacuses, etc.) or three-dimensional representations (axonometries, perspectives, renderings, VR/AR etc.). The set of these exported drawings forms the final output of the logical process, on which it is finally possible to start a validation operation, which consequently provides a response on the correctness of the filters set within the software.

This articulated series of operations would make it possible to obtain, as a product, the improvement of the so-called Level of Geometry (LOG) as well as the addition of various elements of detail that would help to understand the more advanced project phases, as well as the improvement of the Level of Information (LOI) [Pavan, Mirarchi, Giani 2017] (fig. 5). Depending on the BIM authoring application used to perform these operations, different subsets of representation settings may be required, whether they are based either on certain graphic filters, or on the addition of components and annotations, or on automatic or manual compilation of various properties of the elements. The study carried out in this document was based on the choice of Autodesk Revit software as BIM authoring platform to evaluate the strengths and weaknesses of the information model and the method applied to it. The degree of automation in the process is a crucial point, since depending on its incidence, it can become more or less burdensome.

The flow chart (fig. 6) proposes a hypothetical sequence of actions performed by the algorithm responsible for the validation. For each view in the model, the representation scale is assigned as the initial input and immediately associated with its view. Element by element, the compliance with the design regulations is checked. If this correspondence is correct, the algorithm proceeds with the next element; otherwise, the verification and enrichment process is initiated. This process evaluates, for each element, its specific requests and regulatory requirements. For each of them, in cases when these do not comply with the standards, the next step is the implementation of the object with the missing necessary elements. Once this is done, the algorithm continues with the following requirement, until compliance with each of them has been verified. Upon completion of the procedure, the element is considered compliant with the standard, and the program proceeds cascading to the subsequent objects.

The logical diagram hypothesized here, depicting the sequence of steps that the machine must follow, has been

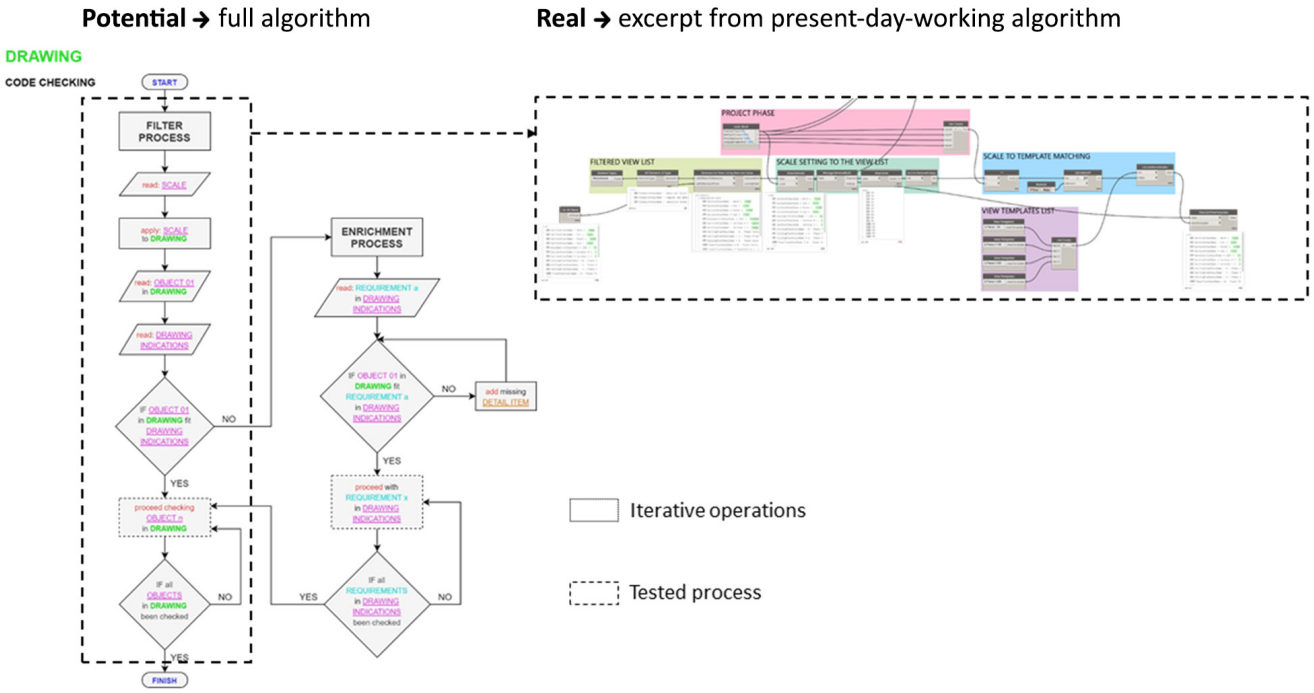


Fig. 6. On the left, logical flowchart of the proposed algorithm; on the right, a part of the tested script (image of the authors).

translated as Visual Programming Language (VPL) executable by the BIM authoring tool used (fig. 6), through the interface of the Dynamo graphic programming. The resulting script, visible on the right of the image, is the prototype of one of the tested sections of the complete algorithm, which is still under development and would must necessarily be made fully functional.
It should be noted that the currently working script has been developed starting from the assumption of first testing its ability to interact with the Views, thus using a preliminary simplification on the side of the inputs, which here have therefore been reduced to a simple reading of the set representation scale by the user. Furthermore, since some functions used in Dynamo do not provide for the possibility of an auto-refresh when the input is changed except by manually restarting the algorithm, a group of nodes capable of timing the automatic updating of data has been implemented inside of the script. Thus, the algorithm created (fig. 7) is structured in such a way as to update itself automatically, according to either a predetermined timing if keeping Dynamo running, or starting it whenever necessary through the Revit Dynamo Player.

Results

At the moment, the creation of connected information models that are able to correctly represent the design information is a process that can still be improved (fig. 8) and can be optimized, in the perspective of obtaining more efficient procedures, both as regards the visualization of information and data and for an integrated process. In particular, it is still necessary to evaluate as input to the process both the information requirements and the graphic settings, in order to proceed with the develop-

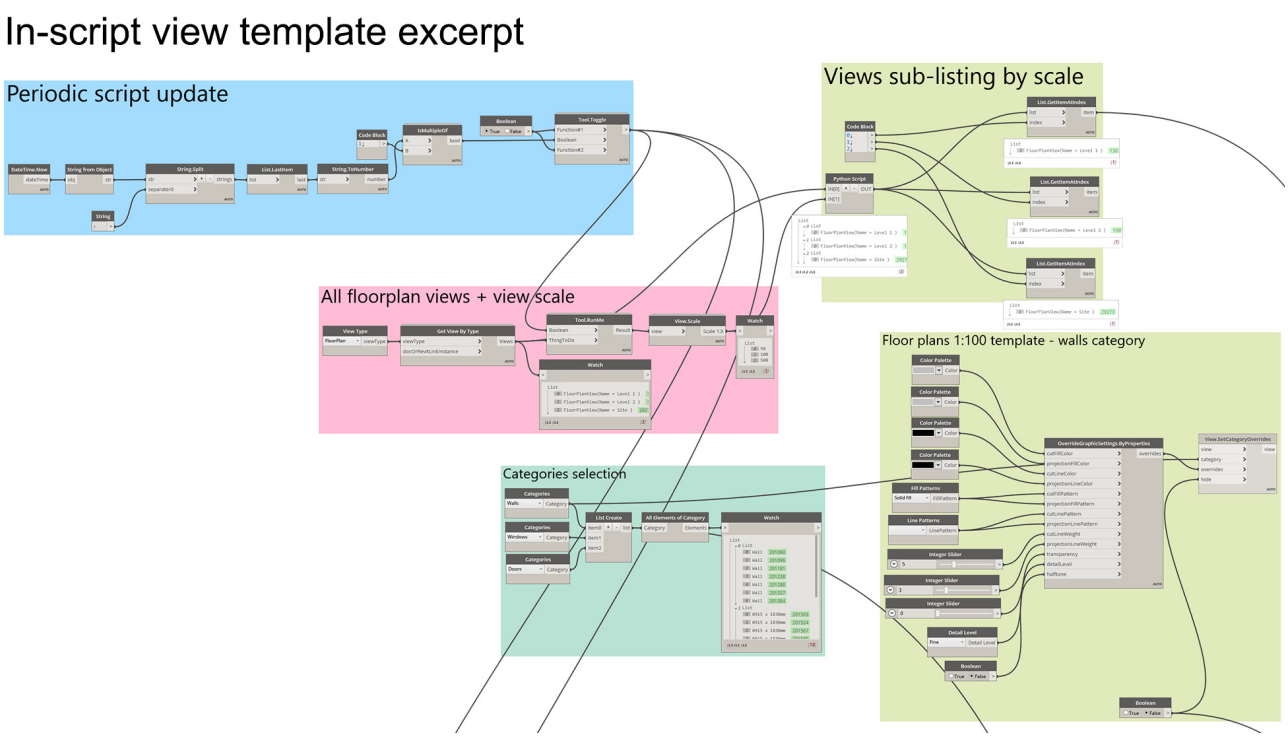


Fig. 7. Excerpt of the developed algorithm, as a focus on the management of in-script templates (image of the authors).

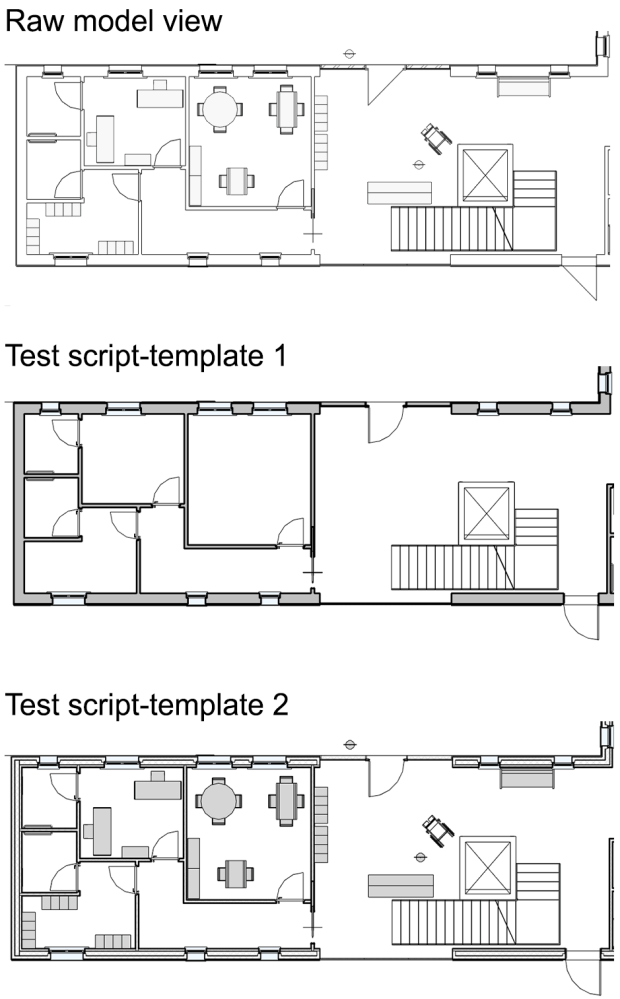
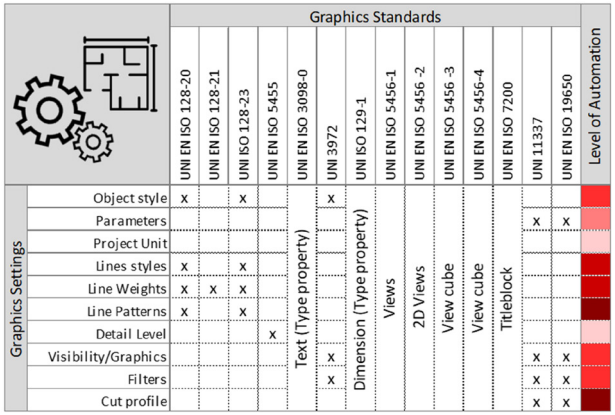


Fig. 8. Test examples of simple pre-set script executions starting from an untreated model view (image of the authors).

ment of a potential digital archive that is optimized to be able to collect and put together graphic and alphanumeric information.
This contribution underlines the validity of the introduction of automated steps within the building process, in order to facilitate the production of design documents, through a connection between the project inputs and the outputs required by the process itself through the use of graphic standards. Therefore, the level of automation necessary for the production of correctly set graphical drawings was evaluated through a schematic representation of the effort required for it (fig. 9), systematizing the correspondences between graphic standards and software-side settings. For example, the setting called Detail Level allows you to adjust the visibility of the different elements of the model in a simpler way than a setting like the one called Cut profile, which requires a greater work effort, as it requires to be individually applied for each desired view.
Therefore, the automatic procedure described above still presents certain criticalities, which are to be identified both in the objective current technological limits, and in the peculiarities and uniqueness, for technical and constructive choices, of each individual project.
Concretely, it is possible to operate on the filtering process, through a series of settings, which can be incorporated into the project templates, modifiable through scripts (e.g. with the use of plugins such as Dynamo), on the basis of the representation set on certain views. However, it is still entirely possible to refine the enrichment phase with the possibility of making it further automatable, since many elements present in this phase still need to be entered individually. In fact, the production of graphic drawings starting from BIM models also implies the need, sometimes, to insert additional objects, such as the so-called Detail Items or certain Annotations, which can determine a clearer and more understandable communication of the project.
Furthermore, as regards the integration between project templates and scripts, through the experimentation tested here it was possible to manage the large amount of graphic settings aimed at project documentation through scripting operations via Dynamo.
Moreover, the previously described ability of the algorithm to constantly self-update itself based on the simple adjustment of the scale of representation in the view, potentially makes it possible to set a series of predefined



		Graphics Standards														Level of Automation
		UNI EN ISO 128-20	UNI EN ISO 128-21	UNI ISO 128-23	UNI EN ISO 5455	UNI EN ISO 3098-0	UNI 3972	UNI ISO 129-1	UNI EN ISO 5456-1	UNI EN ISO 5456 -2	UNI EN ISO 5456 -3	UNI EN ISO 5456-4	UNI EN ISO 7200	UNI 11337	UNI EN ISO 19650	
Graphics Settings	Object style	x		x		Text (Type property)	x	Dimension (Type property)	Views	2D Views	View cube	View cube	Titleblock			
	Parameters													x	x	
	Project Unit															
	Lines styles	x		x												
	Line Weights	x	x	x												
	Line Patterns	x		x												
	Detail Level				x											
	Visibility/Graphics						x							x	x	
	Filters						x							x	x	
	Cut profile													x	x	

Fig. 9. Evaluation of the level of automation regarding the graphic settings and respective graphic standards (image of the authors).

pseudo-templates for different views within a single algorithm, maintained in action in the background.
The innovation proposed in this contribution favors the optimization of the production of graphic designs without which the time for adjusting most of the graphic settings within the application would be prolonged also with a view to transferring shared standards, with a simple exchange of a file of a few kiloBytes.
Surely, the article highlights the current differences between Project Views (specific to the BIM authoring platform) and the design drawings that are the real expected product of the current building process.
The illustrated study highlights how the effort required to complete the different tasks that are naturally part of the complex representation process is considerably different, and how this difference is essentially due to the specific functionality selected, activated or used in a given view or set of views.
This document has also investigated the relationship between the LOD scales with respect to the design phases, trying to establish a correspondence with the related representation scales. Therefore, the information level obtained in the project sheets must be considered to all intents and purposes one of the requirements for the definition of the so-called Levels of Information Need, defined within the ISO 19650 standard and the UNI EN 17412-1:2021 transposition.

To date, the choice of a scale of graphic representation is fundamental to achieve the project objectives in the context of the production of graphic drawings. Through the information modeling it is desirable that the graphic product be oriented to the contents of the BIM uses that integrate the requests for representation to the objectives and related uses of the information model.

Conclusions

The ability to communicate a design idea has always been a prerogative of the human being who, over time, has developed a series of skills to optimize communication between his peers. Within the construction industry, this ability has found an application on the production of graphic designs capable of facilitating the understanding of design intentions. This procedure has therefore always characterized the *modus operandi* of the engineer and the architect, who finalized their intentions in a variety of documents to describe the design idea. With the adoption of CAD, this ability has been refined, improving the quality and graphic precision of the documentary apparatus, which however continues to be uneven and uncoordinated, highlighting some limits on the consistency between the documents.
With the advent of BIM we are witnessing a reversal paradigm in which the uniqueness of the design idea is guaranteed by the development of a parametric 3D model from which various graphic representations are generated. This way the difficulties highlighted by the traditional methodology are overcome thanks to technology. In the era of digital connection, the purpose is to raise the level of BIM maturity by reaching a degree of collaboration and integration, orienting the construction industry towards implementation in processes, based on the development of a collaborative model. Certain activities, such as the development of project documents and the updating of data along the entire life cycle of the building, should be based on the creation of a model connected to heterogeneous databases, with a view to the development of smart cities.
This contribution analyzed the level of automation of the documentation production process aligned with regula-

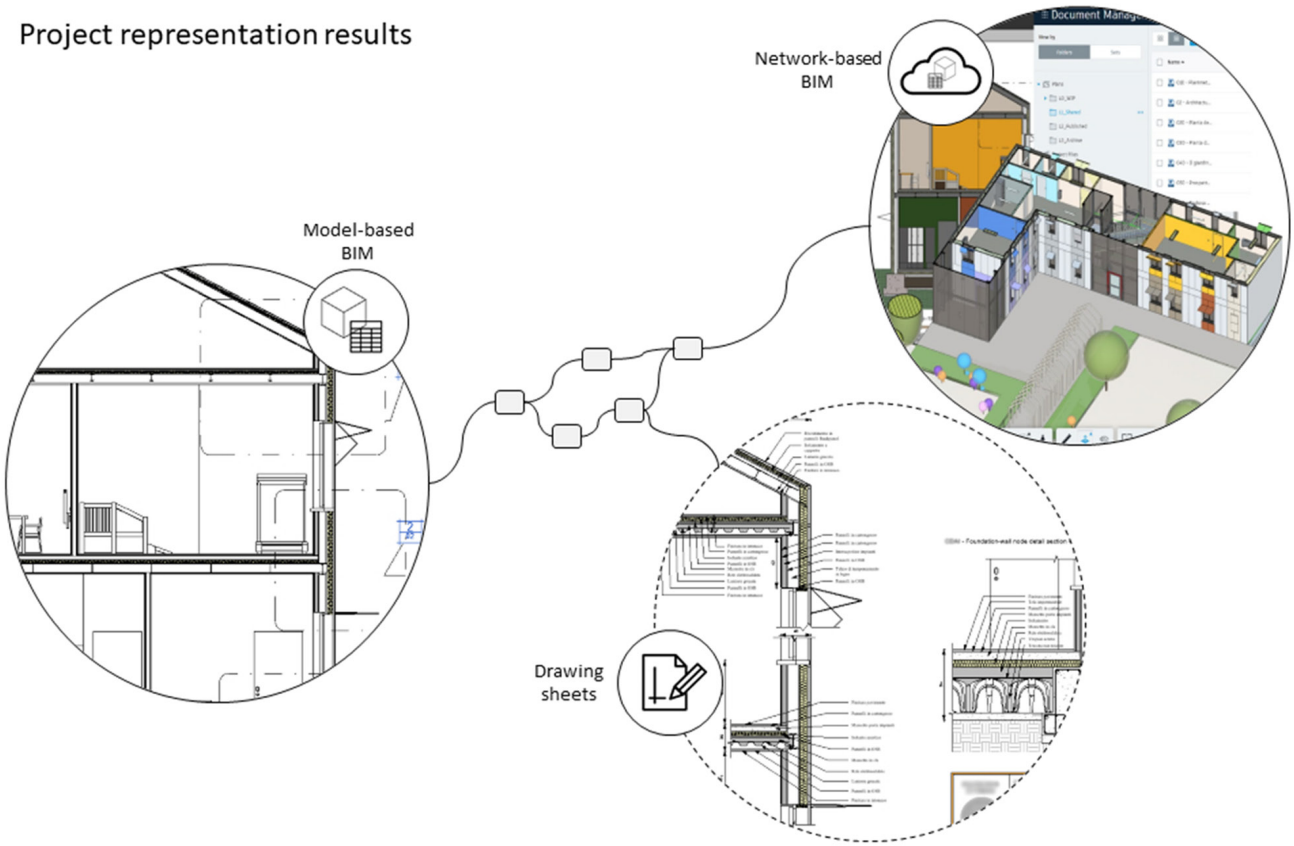


Fig. 10. Theoretical interaction between the connected BIM model and its representations (image of the authors).

tory requirements, taking up the BIM challenge of overcoming the current gap between simple visualization and correct representation (fig. 10). A further optimization could be the self-regulation of the proposed algorithms on the basis of certain entered data. It is hoped that in the near future the definition of the graphic and information requirements of the project documents will be further codified through the use of systems capable of correctly reprocessing the data set in the system within the various databases, and then transfer them to certain specific representations of reality.
Due to the complexity associated with the world of collaboration and interoperability between technologies on the construction market, it is desirable that current technological limits will be overcome in the near future. In conclusion, technological innovation will have the task of providing new methods and tools for the creation of connected information models, to be used with different interfaces for the multiple specificities of contemporary society.

Acknowledgements

The authors agree on the contents, the methodological approach and on the final considerations presented in this research. In particular, Matteo Del Giudice introduced the contribution in the introduction paragraph. The methodology was addressed by both Matteo Del Giudice and Emmanuele Iacono. The latter focused on the obtained results, while the conclusions are meant to be a synthesis of the two authors.
The authors would like to thank the student Isabella Dusi for giving us the permission of diffusing a part of the content of her thesis.

Authors

Matteo Del Giudice, Department of Structural, Geotechnical and Building Engineering, Politecnico di Torino, matteo.delgiudice@polito.it
Emmanuele Iacono, Department of Economics and Business Studies, University in Eastern Piedmont, emmanuele.iacono@uniupo.it

Reference List

Autodesk. *BIM and the cloud for building design. Improved project insight with connected BIM*. Autodesk.com. <https://www.autodesk.com/solutions/bim/discover-building-design/bim-for-building-design> (accessed 2020, February 19).

Caffi, V. et al. (2017). *Il processo edilizio supportato dal BIM: l'approccio INNOVance*. Roma: Edilstampa.

De Gregorio, M. (2018). BIM: la normazione nel futuro dell'edilizia. In *U&C Dossier UNI*, 8, pp. 19-34.

Legislative Decree 18 April 2016, No. 50, Codice dei contratti pubblici.

Garzino, G. (2011). *Disegno (e) in_formazione. Disegno politecnico*. Segrate (MI): Politecnica, Maggioli Editore.

Mateev, M. (2020). Industry 4.0 and the digital twin for building industry. In *International Scientific Journals of Scientific Technical Union of Mechanical Engineering "Industry 4.0"*, Issue 1, vol. 5, pp. 29-32.

Novello, G., Lo Turco, M. (2014). *Linee guida per la modellazione dei componenti in ambiente BIM*. Torino: Politecnico di Torino.

Osello, A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM per Ingegneri e Architetti*. Roma: Gangemi Editore.

Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M. (2017). *BIM: metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano: Tecniche Nuove.

Qi, Q., Tao, F. (2018). Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. In *IEEE Access*, vol. 6, pp. 3585-3593. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8258937> (accessed 2021, February 12).

Ratti, C., Claudel, M. (2017). *La città di domani. Come le reti stanno cambiando il futuro urbano*. Torino: Einaudi.

Succar, B. (2009). Building Information Modelling Maturity Matrix. In J. Underwood, U. Isikdag, (eds.), *Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, pp. 65-103. Information Science Reference, IGI Publishing.

UNI EN ISO 19650-1:2019, Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi.