



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

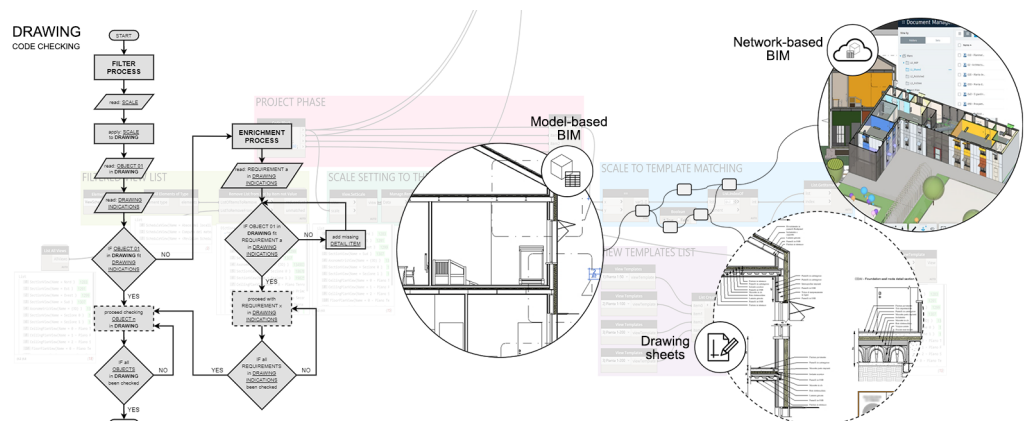
Matteo Del Giudice  
Emmanuele Iacono

## Abstract

L'innovazione tecnologica sta attualmente cambiando l'industria delle costruzioni, influenzata dal processo di digitalizzazione della quarta rivoluzione industriale. Similmente, ciò influenza la capacità dei domini di dati di consentire connessioni tra informazioni digitali sull'edificio e la loro rappresentazione, anche con l'uso di numerosi dispositivi IoT. Una delle innovazioni è lo sviluppo di database digitali basati sulla metodologia BIM, che permette lo scambio informativo effettuato usando strategie di rappresentazione sia tradizionali che innovative. Ciò è dovuto alle necessità dell'era della connessione, che richiede modelli basati su rete con un alto livello di maturità BIM. Poiché la produzione di contenuti di progetto si affida ancora a standard e convenzioni tradizionali, il contributo mira a valutare la capacità dei modelli collaborativi BIM di produrre elaborati grafici 2D e 3D, secondo le fasi attuali del processo edilizio. Considerando la differenza tra viste e disegni, lo studio fornisce un approccio analitico basato su algoritmo che ottimizzi la visualizzazione degli oggetti BIM in base alla scala di rappresentazione associata al loro livello di dettaglio grafico e alfanumerico. Le sfide incontrate dal presente lavoro riguardano principalmente i limiti delle tecnologie attuali e il contrasto tra metodologie BIM e standard grafici, che spingono perciò gli utilizzatori a manipolare inefficientemente rappresentazioni BIM intelligenti con aggiunte manuali.

## Parole chiave

Building Information Modeling; Visual Programming Language; standard grafici; BIM connesso; algoritmi.



## Introduzione

Negli ultimi anni, il settore delle costruzioni ha attraversato un processo di digitalizzazione influenzato dalle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) che stanno cambiando il modo di comunicare le idee progettuali. La società contemporanea, guidata dall'innovazione tecnologica, si sta muovendo verso sistemi sempre più complessi e connessi per ottimizzare la gestione dei dati e sviluppare città e società intelligenti.

L'introduzione di sensori negli edifici consente di sviluppare modelli innovativi di edificio non solo attraverso i suoi componenti fisici, ma anche attraverso il suo comportamento dinamico. Questi modelli necessitano di interfacce grafiche che devono essere in grado di descrivere la realtà per soddisfare le esigenze degli *stakeholder* coinvolti.

Per questo motivo, la rappresentazione progettuale si sta dirigendo verso la metodologia BIM (*Building Information Modeling*), basata sull'elaborazione di un modello 3D parametrico, ricco di contenuti grafici e alfanumerici, in grado di ottimizzare la gestione informativa del processo edilizio [Osello 2012].

I modelli informativi devono quindi essere organizzati per essere rappresentati non solo attraverso standard grafici e convenzioni, ma anche in modi innovativi come la realtà virtuale e aumentata (VAR). In questo senso, lo sviluppo di modelli in grado di rappresentare gli edifici e il loro comportamento comporta la generazione di un modello 3D parametrico collegato ai vari sensori che devono essere connessi tra loro per la generazione di un gemello digitale [Mateev 2020].

In questa era di connessione [Autodesk 2020], lo sviluppo di modelli BIM connessi dovrebbe basarsi su: 1) set di dati in grado di descrivere le caratteristiche statiche e dinamiche dell'edificio; 2) algoritmi in grado di elaborare grandi quantità di dati per conoscere il presente e prevedere il futuro; 3) interfacce intelligenti per facilitare l'interazione uomo-macchina (fig. 1). Tutto ciò dovrebbe essere possibile condividendo informazioni tra gli utenti [Ratti et al. 2017; Garzino 2011].

Attualmente, il concetto di modello BIM collegato è spesso legato allo sviluppo di *Common Data Environment* (CDE), non collegati tuttavia ad algoritmi che ottimizzino la rappresentazione grafica in base ai requisiti di progettazione, non raggiungendo il livello di maturità BIM richiesto per l'*Integrated Project Delivery* (IPD) [Underwood et al. 2009].

In realtà questo tipo di connessione implica, nel migliore dei casi, la possibilità di utilizzare sistemi basati su cloud per la sola visualizzazione. Uno scenario migliore sarebbe quello in cui tutti gli *stakeholder* possano essere in grado non solo di visualizzare, ma anche di agire direttamente sul modello in avanzamento per i rispettivi settori.

Sebbene l'attuale processo BIM generi disegni di progetto significativamente migliori a seguito di uno schema integrato di modelli, strumenti analitici, *Big Data* e infrastrutture colla-

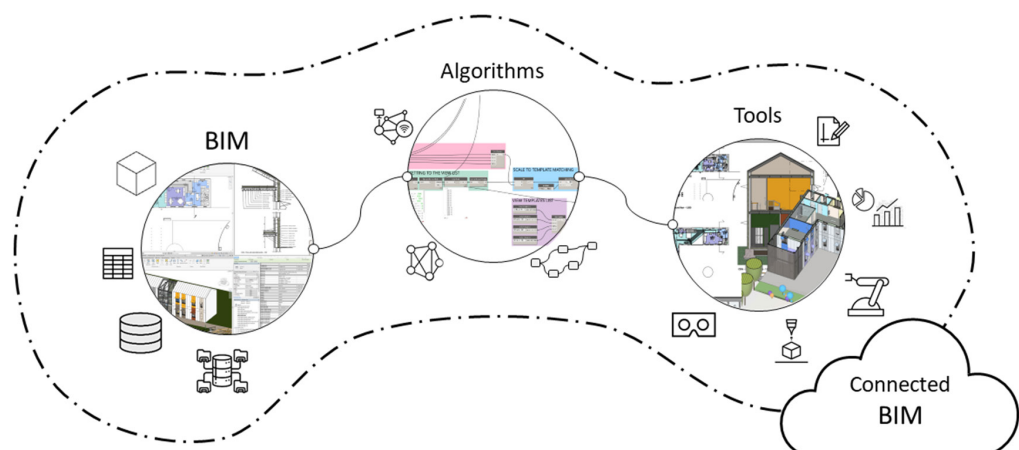


Fig. 1. Il concetto alla base dell'idea del Connected BIM.

borative, attualmente esiste una deviazione tra la produzione di queste visualizzazioni e le rappresentazioni grafiche che fanno riferimento a standard e convenzioni codificate nella disciplina del disegno.

Questo documento presenta un approccio analitico basato su algoritmi finalizzato all'ottimizzazione della rappresentazione grafica del BIM. L'approccio proposto prevede l'applicazione automatica delle regole di rappresentazione applicate alle viste del modello BIM per avvicinare i contenuti forniti dalle piattaforme BIM a quelli richiesti dalle norme sul disegno, la cui analisi è stata avviata nell'ambito del corso di disegno tenuto dalla professoressa Novello presso il Politecnico di Torino.

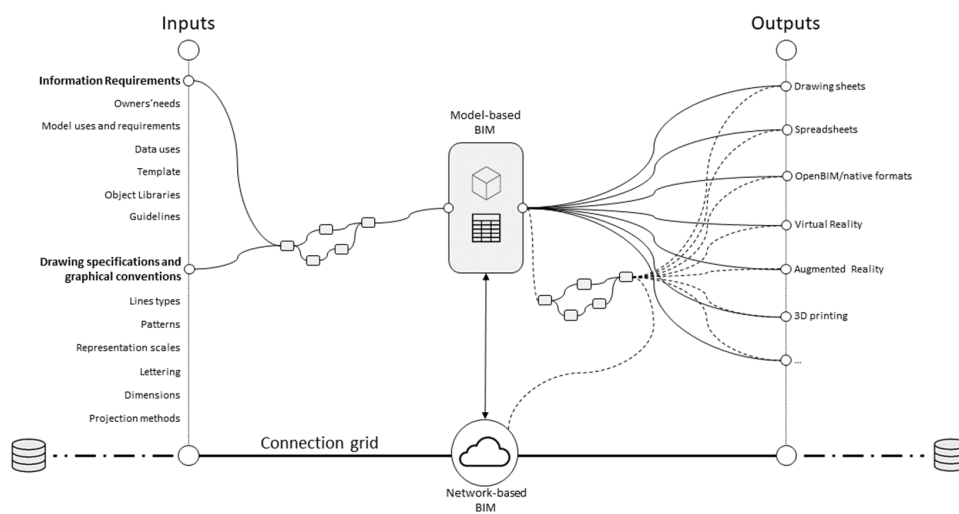


Fig. 2. Una rappresentazione della transizione tra modelli File-based e modelli Network-based.

## Metodologia

Ad oggi, la creazione di un modello BIM correttamente collegato si basa su tre fasi principali: 1) definizione dell'*input*; 2) creazione di modelli 3D parametrici basati su file; 3) produzione degli *output*. In particolare, lo sviluppo di un modello parametrico 3D parte da requisiti informativi, specifiche sul disegno e convenzioni grafiche come *input*. Tali specificità devono essere manipolate per ottenere output grafici e alfanumerici in grado di migliorare la comunicazione del progetto.

Attualmente, il trattamento dei dati si basa su algoritmi strutturati *ad-hoc* per questo tipo di operazioni di conversione, regolati dagli utenti autorizzati per la loro impostazione in funzione di progetti, requisiti e output specifici. Attraverso tale attività, tutte le rappresentazioni del progetto vengono rese conformi agli standard adottati senza ulteriore manipolazione, con un risultante beneficio a livello grafico.

L'ottenimento di un modello BIM connesso (fig. 2) implica ad oggi il suo caricamento su una piattaforma in rete per aumentare la condivisione di informazioni. Tale connessione tra il modello su file e il modello in rete potrebbe essere regolata anche da algoritmi.

Per unificare le diverse modalità di rappresentazione del progetto, è innanzitutto fondamentale considerare sia quelle riguardanti il processo di costruzione sia quelle della metodologia BIM (fig. 3). Per quanto riguarda le prime, nel Codice degli appalti pubblici (D.Lgs. 50/2016) sono indicate alcune macrofasi del processo edilizio, in particolare per quanto riguarda la fase di progettazione. Le fasi prima e dopo di essa sono aggiunte per completare la sequenza del processo. Dal punto di vista della metodologia BIM, tuttavia, ci sono livelli di sviluppo (LOD), che la legislazione italiana suddivide in sette fasce, che variano l'una dall'altra per contenuti grafici e informativi [De Gregorio 2018] [Novello et al. 2014]. Inoltre, esiste il concetto di *Graphic Detail* (GraDe), proposto dal AEC (UK) *BIM Protocol V2.0*, che tuttavia

riguarda solo il contenuto grafico dei modelli [Caffi et al. 2017]. Individuando una corrispondenza tra queste tre diverse espressioni dell'evoluzione del progetto, attraverso le scale di rappresentazione, è possibile tracciare un percorso logico che, a partire dalle esigenze di progettazione e i requisiti della fase corrente del processo, imposti automaticamente rappresentazioni e contenuti corretti di tale fase.

Definiti fase, scala, LOD, e requisiti di progetto, il flusso di lavoro proposto (fig. 4) mostra un algoritmo composto da una serie di matrici in grado di regolare la rappresentazione del progetto di conseguenza. Idealmente, si procede come segue: a seconda della fase del progetto in cui l'utente si trova, vi è una fase corrispondente del processo di costruzione, che sia lo studio di fattibilità, la fase di progettazione definitiva o esecutiva. Questo è un primo *input* nello schema logico. Un secondo è dato dal LOD, in base al livello di dettaglio da raggiungere nei vari elaborati di progetto e al rispettivo contenuto informativo. La possibilità

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				2
E					1:20	1:20			3
F					1:5	1:5	1:5		3
G					1:1	1:1	1:1	1:1	3

Fig. 3. Ipotesi del possibile collegamento tra fasi del progetto, LOD e GraDe attraverso le scale di rappresentazione.

di incrociare la fase del processo edilizio con il LOD, specialmente la componente grafica, stabilisce le scale di rappresentazione corrette (1:500, 1:200, 1:100 ecc.) per soddisfare le richieste iniziali. Dopodiché scala grafica e prodotti da consegnare sono correlati per comunicare correttamente il progetto; quest'ultima costituisce il terzo e ultimo *input* dell'algoritmo. Il progetto, suddiviso nelle rappresentazioni richieste, incrocia le scale richieste dai primi due *input*, generando una prima matrice dei documenti necessari per completare la fase corrente del processo. In dettaglio, ogni elemento della matrice deve passare attraverso un cosiddetto *Filter*, identificato per ogni tipo di vista (ad es. piante 1:200, sezioni 1:100, esecutivi 1:50, dettagli 1:20 ecc.). Il filtro è una serie di requisiti di sistema, per i quali esistono una o più impostazioni specifiche all'interno del software in uso (tipi e spessori di linea, tratteggi, profili ecc.). L'operazione migliora la visualizzazione delle varie viste di modello secondo le convenzioni e le norme sul disegno. Un secondo *step* riguarda ciò che è stato identificato come *Enrichment*, ossia un'implementazione specifica dei contenuti e delle viste del modello. Ogni oggetto viene analizzato con operazioni che aggiungono elementi specifici a esso attraverso categorie di elementi di dettaglio e linee di dettaglio, nonché operazioni che agiscono sulle viste aggiungendo elementi di categorie di annotazione (cartigli, quote, simboli, tag o testi). Una volta terminata la fase di arricchimento, è possibile produrre disegni

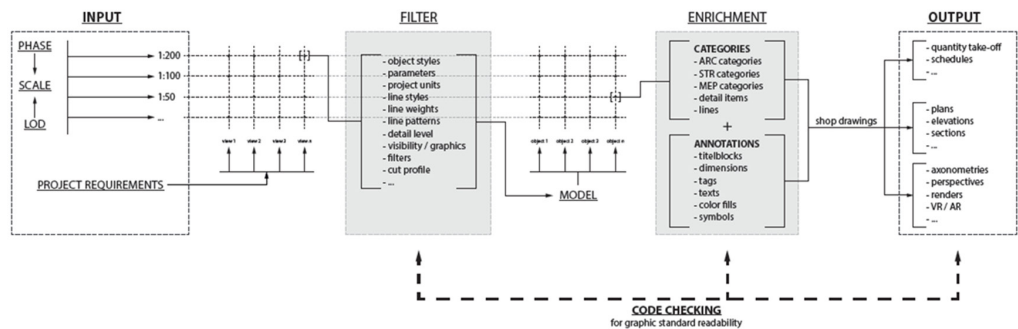


Fig. 4. Flusso metodologico di un processo pienamente automatico per il miglioramento degli output di rappresentazione dell'edificio.

che soddisfano effettivamente i requisiti normativi, siano essi rappresentazioni 2D (piante, prospetti, sezioni, abachi ecc.) o 3D (assonometrie, prospettive, render, VR/AR ecc.). Questi costituiscono l'*output* finale del processo logico, sul quale è ancora possibile eseguire una validazione, fornendo un responso sulla correttezza dei filtri impostati all'interno del software. Il prodotto di questa complessa serie di operazioni è il miglioramento del Level of Geometry (LOG) e l'aggiunta di vari elementi di dettaglio che aiutano a comprendere le fasi di progetto più avanzate, così come il miglioramento del Level of Information (LOI) [Pavan et al., 2017] (fig. 5). A seconda degli strumenti di *BIM authoring* utilizzati, questa operazione com-

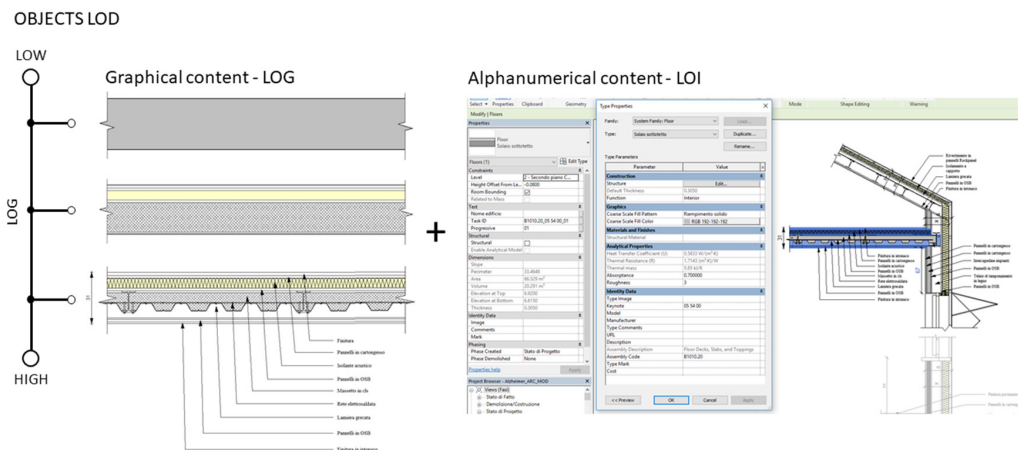


Fig. 5. Esempio di contenuti grafici e alfanumerici dei LOD.

porta diversi sottoinsiemi di impostazioni di rappresentazione, basati su filtri grafici, aggiunta di componenti, annotazioni, compilazione manuale o automatica di varie proprietà dell'oggetto. Per questo studio, Autodesk Revit è stata scelta come piattaforma *BIM authoring* per valutare i punti di forza e debolezza del modello informativo. Il livello di automazione è un punto cruciale in questo processo, poiché a seconda della sua incidenza, tale processo diventa più o meno impegnativo.

Il diagramma di flusso (fig. 6) raffigura un'ipotetica sequenza di operazioni per l'algoritmo responsabile della validazione. Per ogni vista del modello, la scala di rappresentazione è data

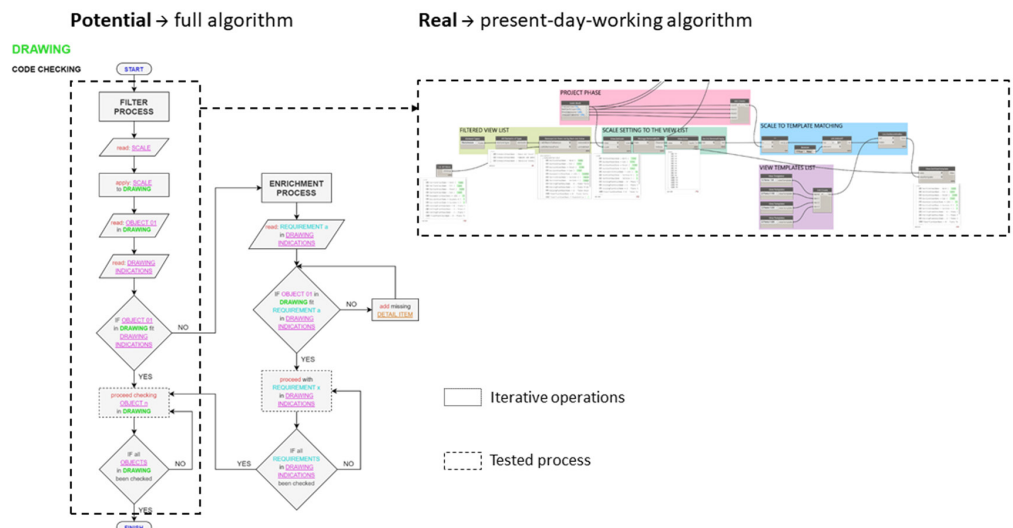


Fig. 6. A sinistra, uno schema logico dell'algoritmo proposto; a destra, una parte dello script testato.





In pratica, è possibile agire sul processo di filtraggio, attraverso impostazioni che possono essere incorporate nei *template* di progetto modificate tramite script (es. *script Dynamo*), in base alla scala di rappresentazione impostata per specifiche viste. D'altra parte, la completa automazione della fase di arricchimento è ancora perfettibile, poiché molti elementi di questa fase del processo devono essere inseriti singolarmente. Di fatto, lo sviluppo di disegni dai modelli BIM implica anche la collocazione di altri tipi di oggetti, come i *Detail Items* e le *Annotations*, che determinano una migliore comunicazione del progetto.

Il contributo proposto fa risaltare che lo sforzo necessario per completare i diversi compiti che fanno parte del processo di rappresentazione è differente, a seconda della funzionalità selezionata, attivata o utilizzata in una particolare vista o gruppo di viste.

Questo contributo ha indagato anche la congruità delle scale LOD alle fasi di progettazione, cercando di stabilire una corrispondenza con le relative scale rappresentazione. Pertanto, il livello informativo prodotto nelle tavole di progetto deve essere considerato uno dei requisiti per la definizione dei *level of information need* definiti dalla ISO 19650.

## Conclusioni

In quest'epoca della connessione, l'industria delle costruzioni è orientata verso l'adozione di un processo BIM basato sull'elaborazione di un modello parametrico che ottimizzi la comunicazione tra gli attori coinvolti. Attività come lo sviluppo di prodotti progettuali e l'aggiornamento informativo lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio dovrebbero essere basate sullo sviluppo di un modello collegato a banche dati eterogenee per lo sviluppo di una *smart city*. Per questo motivo, l'automatizzazione del processo di creazione di documenti rispondenti ai requisiti normativi è stata analizzata in questo contributo per colmare il divario attuale tra semplice visualizzazione e corretta rappresentazione (fig. 8). Un ulteriore miglioramento potrebbe essere l'autoregolazione di tali algoritmi in risposta ai dati immessi. In futuro, la definizione dei requisiti dei documenti di progetto potrà essere ulteriormente codificata attraverso sistemi in grado di rielaborare le informazioni raccolte nei vari database, per trasferirle in rappresentazioni finalizzate della realtà.

Poiché attualmente la condivisione delle informazioni è molto complessa e limitata, auspicabilmente nel prossimo futuro l'innovazione tecnologica favorirà metodi e strumenti per realizzare un modello BIM connesso da utilizzare con diverse interfacce per le molteplici specificità della società.

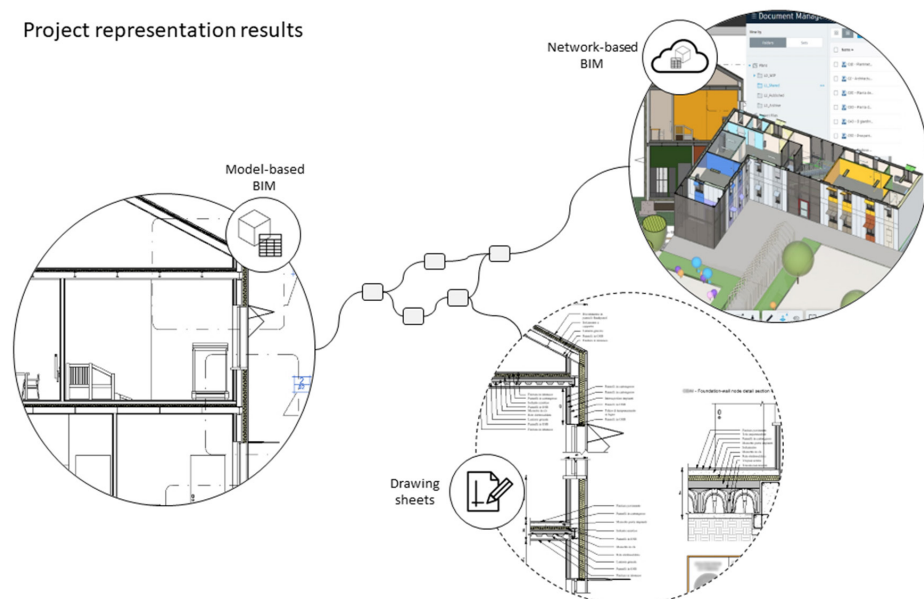


Fig. 8. Interazione ideale tra il modello BIM connesso e le sue rappresentazioni.

## 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

## Riferimenti bibliografici

Autodesk (2020). 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>. Retrieved February 19th, 2020.

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

Caffi Vittorio et al. (2017). *Il BIM e gli standard di modellazione e rappresentazione. Il processo edilizio supportato dal BIM: l'approccio INNOVance*. Roma: EdilStampa.

Garzino Giorgio (2011). *Disegno (e) in\_formazione. Disegno politecnico*. Segrate (MI): Politecnica, Maggioli Editore.

Mateev Michael (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 Giuseppa, Lo Turco Massimiliano (2014). *Linee guida per la modellazione dei componenti in ambiente BIM*. Torino: Politecnico di Torino.

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

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

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

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

## Autori

Matteo Del Giudice, Politecnico di Torino, [matteo.delgiudice@polito.it](mailto:matteo.delgiudice@polito.it)

Emmanuele Iacono, Università del Piemonte, [emmanuele.iacono@uniupo.it](mailto:emmanuele.iacono@uniupo.it)

Per citare questo capitolo: Del Giudice Matteo, Iacono Emmanuele (2020). Approccio algoritmico per l'applicazione degli standard grafici in ambiente BIM/Algorithmic approach for the application of graphic standards in the BIM environment. In Arena A., Arena M., Brandolino R.G., Colistra D., Ginex G., Mediatì D., Nucifora S., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationships. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 404-419.





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

Matteo Del Giudice  
Emmanuele Iacono

## Abstract

Technology and innovation are currently changing the building industry, influenced by the digitization process of the 4th industrial revolution.

Likewise, this growth affects the capability of data domains to enable connections between digital building information and representation collected over its entire lifecycle with several IoT devices.

One of the innovations is the development of digital repositories based on the Building Information Modeling (BIM) methodology, which allows information delivery using both traditional and innovative representation strategies, as this era of connection requires network-based models with high BIM maturity level.

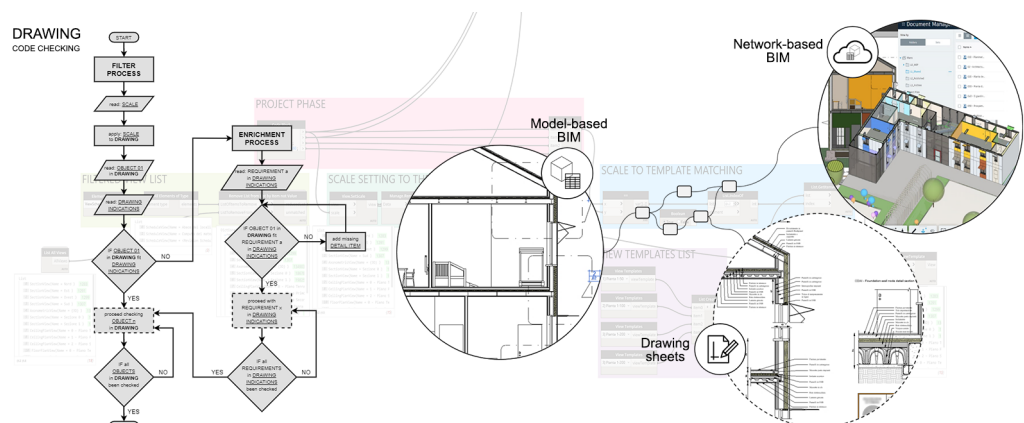
Since the production of project material still relies on traditional drawing standards, the paper aims to assess the ability of collaborative BIM models to deliver 2D and 3D graphical production, according to the building process phases.

Considering the difference between views and drawings, the contribution provides an algorithm-based analytical approach capable of optimizing the BIM objects visualization, according to the scale of representation associated with their level of graphical and alphanumeric detail.

The challenges found by the present study are mainly issues concerning the limits of current technology and the contrast between object-based methodologies and sign-based standards, which force users to inefficiently manipulate smart BIM representations with manual additions.

## Keywords

Building Information Modeling; Visual Programming Language; graphic standards; connected BIM; algorithms.



## Introduction

In recent years, the construction sector has been going through a digitization process influenced by Information and Communication Technologies (ICTs) that are changing the way to communicate design ideas. Contemporary society, led by technology innovation, is moving towards increasingly complex and connected systems to optimize data management and develop smart cities and smart societies.

The introduction of building sensor networks allows developing innovative building models not only through its physical components, but also through its dynamic behavior. These models therefore need graphical interfaces that must be able to describe reality to fulfill the needs of the stakeholders involved.

For this reason, the design representation is heading towards the Building Information Modelling (BIM) methodology, based on the elaboration of a parametric 3D model, rich of graphical and alphanumerical contents, able to optimize the information management of the building process [Osello 2012].

The informative models must then be organized in order to be represented not only through graphical standards and conventions but also in innovative ways such as Virtual and Augmented Reality (VAR). In this sense, the development of models able to represent physical buildings and their behavior involves the generation of a parametric 3D model linked to the various sensors that must be connected to each other for the generation of a digital twin [Mateev 2020].

In this era of connection [Autodesk 2020], the development of connected BIM models should be based on: 1) datasets capable of describing static and dynamic building characteristics; 2) algorithms capable of processing large amounts of data to know the present and predict the future; 3) smart interfaces to facilitate human-machine interaction (fig. 1). All of this should be possible by sharing information among users [Ratti et al. 2017; Garzino 2011]. Currently, the concept of connected BIM model is often linked to the development of Common Data Environments (CDEs), which however, are not linked with algorithms capable of optimizing the graphical representation according to the design requirement, not reaching the proper BIM maturity level required for Integrated Project Delivery (IPD) [Underwood et al. 2009].

The reality is also that this type of connection means, at best, the possibility of using cloud-based systems for the sole visualization of these models. A best scenario would be one in which all the stakeholders could be able not only to just visualize but also to act directly on the work-in-progress model for what their respective field of work is concerned.

Although the current BIM process generates significantly improved design drawings as a result of an integrated scheme of models, analytical tools, Big Data, and collaborative in-

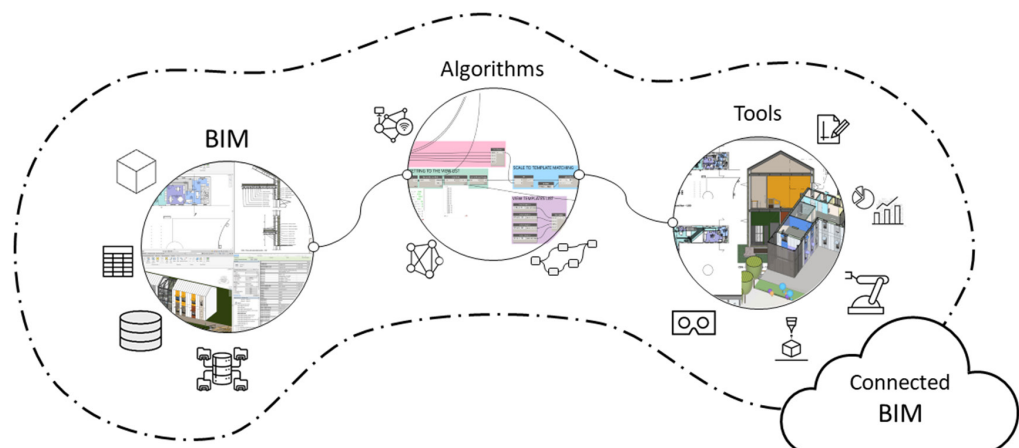


Fig. 1. The concept behind the Connected BIM idea.

frastructures, there is currently a deviation between the production of these visualizations and the graphical representations that refer to standards and conventions encoded in the drawing discipline.

This paper presents an algorithm-based analytical approach aimed at optimizing the BIM-based graphical representation. The proposed approach involves the automatic application of the representation rules applied to BIM model views to bring the contents provided by the BIM platforms closer to those required by drawing regulation, of which the analysis has begun in the context of the drawing course held by prof. Novello at Politecnico di Torino.

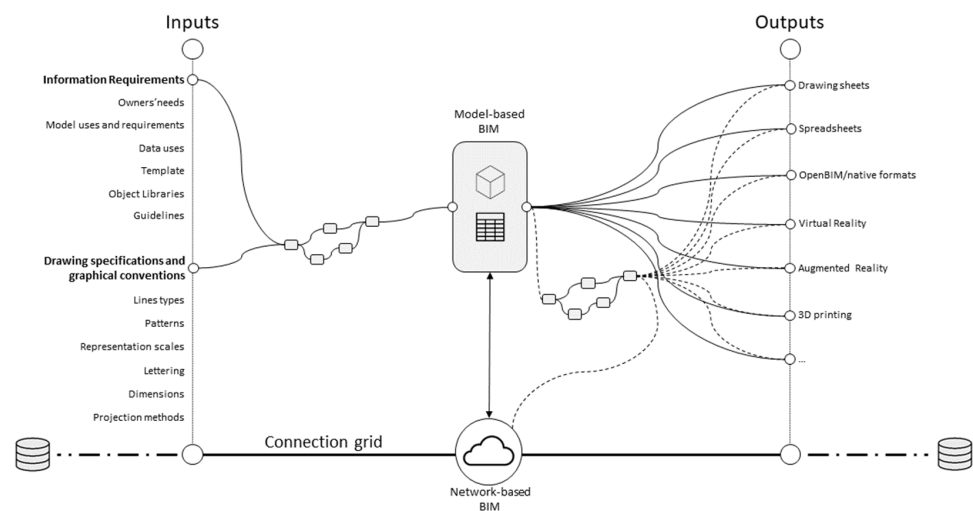


Fig. 2. A representation of the transition between File-based models and Network-based model.

## Methodology

Currently, the creation of a proper connected BIM model is based on three main steps: 1) input definition; 2) 3D parametric file-based model creation; 3) outputs production. In particular, the development of a 3D parametric model starts from information requirements, drawing specifications and graphical conventions as an input. These have to be manipulated to achieve graphical and alphanumerical outputs able to improve the communication of the project.

The manipulation process is currently based on algorithms that are structured ad-hoc for these kinds of conversion operations, and which are regulated by the users allowed to set them for the specific project, requirements and outputs. This way, all the project representations are made compliant to the adopted standards without further manipulation, with a resulting benefit on the representation level.

At the present day, the achievement of a connected BIM model (fig. 2) implies its upload into a network-based platform to increase the level of information sharing. This kind of connection between the file-based model and the network model could be regulated by algorithms as well.

To unify the different modes of project representation, it is first of all fundamental to consider both those concerning the building process itself and those of the BIM methodology (fig. 3). Regarding the former, the Public Contracts Code (Legislative Decree 50/2016), some macro-phases of the building process are indicated, in particular concerning the design phase. The phases before and after the design ones are added to complete the process sequence. On the BIM methodology side, however, there are Levels of Development (LOD), which the Italian legislation splits in seven bands, varying from one another in both graphical and informative contents [De Gregorio 2018] [Novello et al. 2014]. Moreover, there is the concept of Graphic Detail (GraDe), proposed by the AEC (UK) BIM Protocol

V2.0, which however only concerns the graphic content of the models [Caffi et al. 2017]. By identifying a correspondence between these three different expressions of the project evolution, through the scales of representation, it is possible to trace a logical path that allows, starting from the design needs and requirements of the current phase of the process, to set automatically the correct representations and contents of such phase.

Once the phase, scale, LOD, as well as the project requirements are laid out, the proposed workflow (fig. 4) shows an algorithm made by a series of matrices able to set the project representation accordingly. Ideally, it goes as follows: depending on the moment of the project in which the user is, there is a corresponding phase of the building process, be it the feasibility study, the definitive design phase, or the executive design phase. This is a first input into the logical scheme. A second one is given by the LOD, according to the level of detail to be achieved in the various project elaborations, and the respective information content.

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				2
E					1:20	1:20			3
F					1:5	1:5	1:5		
G					1:1	1:1	1:1	1:1	

Fig. 3. Hypothesis of the possible linking between design phases, LOD and GraDe through representation scales.

The possibility to cross the phase of the building process with the LOD, in particular with the graphic component related to the LOD, establishes what the correct representation scales are (i.e. 1:500, 1:200, 1:100 etc.) to fulfill the project requests. Immediately following this there is the correlation between the scale of representation and the products to be delivered in order to correctly communicate the project; the latter also constitutes the third and final input given to the algorithm. The project, divided into its required representations, crosses the scales required by the first two inputs, generating a first matrix of the documents necessary in order to complete the phase of the process in which the designer is working. More in detail, each element of this matrix must be passed through a so-called 'Filter', identified for each type of view (i.e. 1:200 plans, 1:100 sections, 1:50 executive drawings, 1:20 details etc.). The filter is a series of system requirements, for which there is one or more specific settings within the software used (line thicknesses, line types, hatches, profiles etc.). This operation should optimize the visualization of the various views of the model according to the conventions and regulations on drawing and representation. A second step concerns what has been identified with the term 'Enrichment', that being a specific implementation of the contents and views of the model. Each model object is evaluated with operations that add specific elements to those objects through categories of detail elements and detail lines,

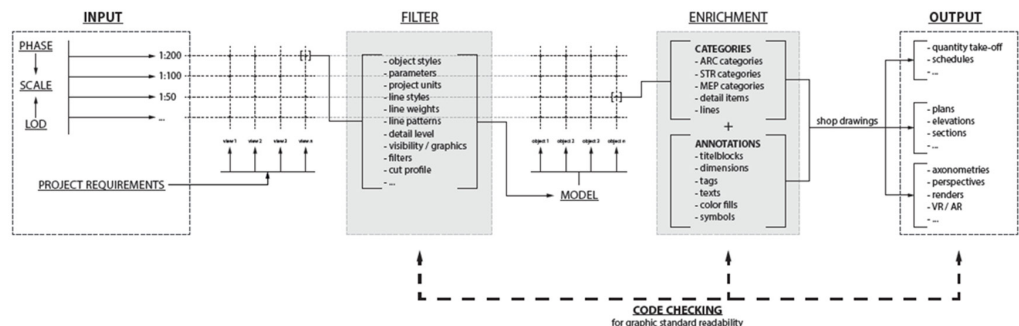


Fig. 4. Methodological workflow of a fully automatic process for the improvement of building representation outputs.

as well as operations that act on the views by adding annotation categories elements (i.e. title blocks, dimensions, symbols, tags or texts). Once the enrichment step is finished, shop drawings that actually meet the regulatory requirements can be produced, whether they are 2D (plans, elevations, sections, schedules etc.) or 3D representations (axonometric, perspective, render, VR/AR etc.). These establish the final output of the logical process, on which it is still possible to carry out a code checking, providing a feedback on the correctness of the filters set within the software.

The product of this set of complex operations is the improvement of the Level of Geometry (LOG) and the addition of various *Detail Items* helping to understand the more advan-

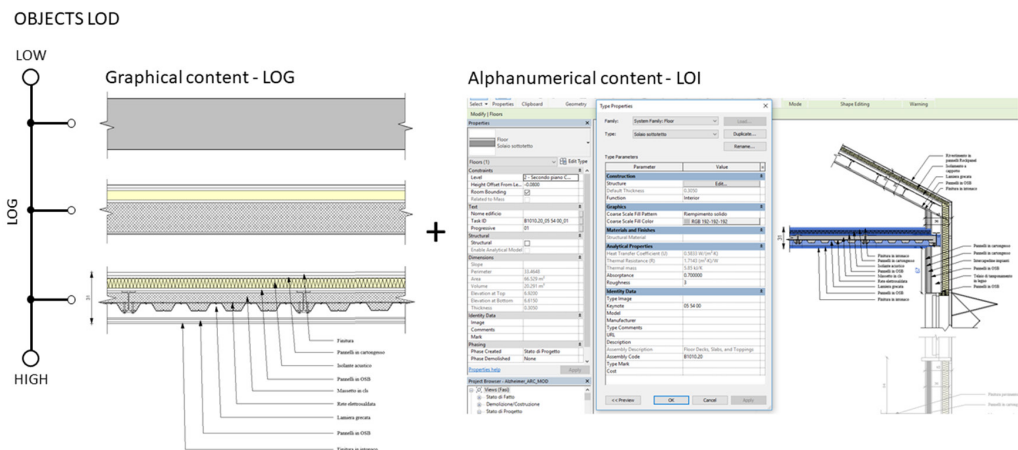


Fig. 5. Sample of graphical and alphanumerical content of LODs.

ced design stages, as well as the improvement of the Level of Information (LOI) [Pavan et al. 2017] (fig. 5). This operation involves, depending on the BIM authoring tools used, different sub-sets of representation settings, based on graphical filters, components addition, annotations, manual or automatic compilation of various object properties. For this study, Autodesk Revit was selected as the BIM authoring platform to evaluate strengths and weaknesses of the model. The level of automation is a crucial point in this process, since the less automation there is, the more effort-intensive the process becomes.

A flow chart (fig. 6) depicts a hypothetical operation sequence for the algorithm responsible for the code checking. For each view of the model, the drawing scale is initially given as

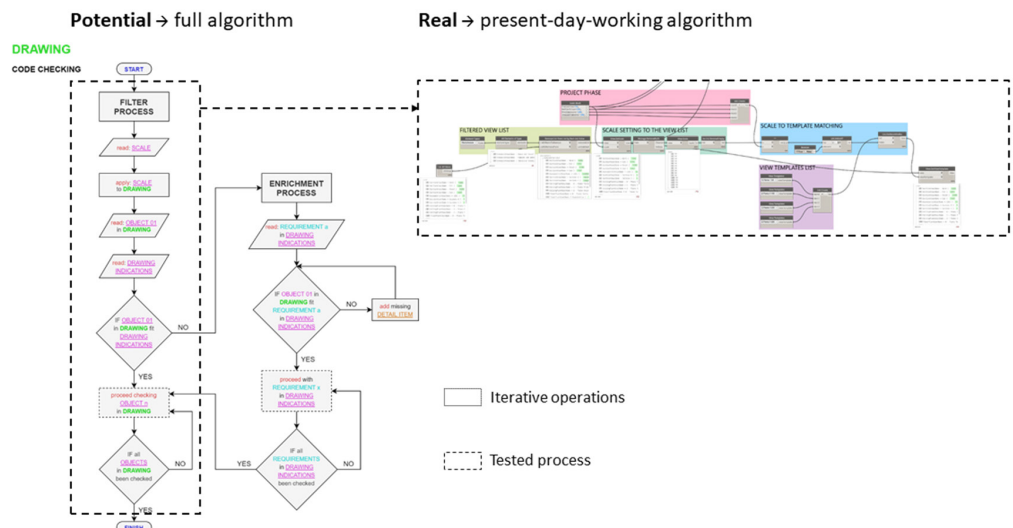


Fig. 6. On the left, a logical scheme of the proposed algorithm; on the right, a part of the tested script.





Moreover, this proposed automatic process still presents some flaws, due to both the limits of current technology and the uniqueness of some features of each project, in terms of technical and construction choices.

What can already be done is the filtering process, through settings that can be embedded in project templates interchanged through scripts (i.e. Dynamo scripts), based on the representation scale that is set to be in specific views. On the other hand, a full automation on the enrichment side is still to be perfected, since many elements of this process phase need to be singularly manipulated. Indeed, the development of drawings implies also the placement of other kinds of objects, such as *Detail Items* and *Annotations*, which provide a better project communication.

What emerges from this study is that the effort needed to complete the different tasks that are part of the representation process is different, depending on the feature that needs to be used, engaged, or added in a particular view or set of views.

This contribution investigated also the suitability of LOD ranges to the design phases, trying to establish a correspondence with the related view scales. Therefore, the information level produced in the design sheets has to be considered also one of the requirements for the level of information need definition defined by ISO 19650.

## Conclusions

In this current age of connection, the building industry is oriented towards the adoption of a BIM process based on the elaboration of a parametric model which optimizes communication between the actors involved. Activities such as the production of project deliverables and the updating of information throughout the building life cycle should be based on the development of a model connected to heterogeneous datasets for the evolution of a smart city. The automation of the process of creating documents that meet the regulatory requirements has been analyzed in this contribution to bridge the gap between simple visualization and correct representation (fig. 8). A further improvement would be such algorithms being able to self-regulate in response to the given inputs. In the future, the definition of project documents requirements can be further codified through systems able to re-process the information contained in the various databases in order to transfer it into codified representations of reality.

Since information sharing is currently highly complex and limited, hopefully in the near future technological innovation will favor methods and tools for achieving a connected BIM model that can be used through different interfaces for the different specificities of society.

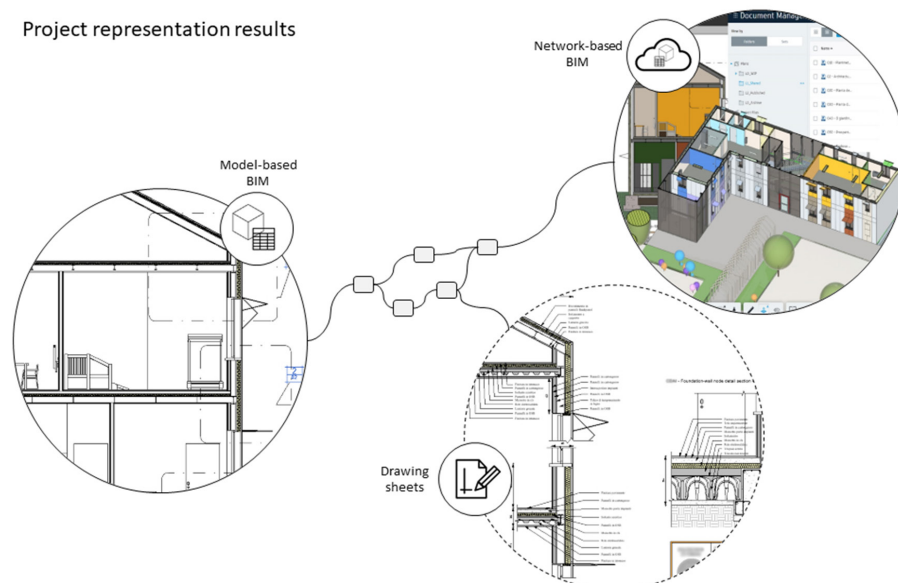


Fig. 8. Ideal interaction between the connected BIM model with its representations.

## 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 investigated by both Matteo Del Giudice and Emmanuele Iacono. Moreover, the latter explained the obtained results, while the conclusions are meant to be a synthesis of both the 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.

## References

Autodesk (2020). 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>. Retrieved February 19th, 2020.

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

Caffi Vittorio et al. (2017). *Il BIM e gli standard di modellazione e rappresentazione. Il processo edilizio supportato dal BIM: l'approccio INNOVance*. Roma: EdilStampa.

Garzino Giorgio (2011). *Disegno (e) in\_formazione. Disegno politecnico*. Segrate (MI): Politecnica, Maggioli Editore.

Mateev Michael (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 Giuseppa, Lo Turco Massimiliano (2014). *Linee guida per la modellazione dei componenti in ambiente BIM*. Torino: Politecnico di Torino.

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

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

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

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

## Authors

Matteo Del Giudice, Politecnico di Torino, [matteo.delgiudice@polito.it](mailto:matteo.delgiudice@polito.it)

Emmanuele Iacono, Università del Piemonte Orientale, [emmanuele.iacono@uniupo.it](mailto:emmanuele.iacono@uniupo.it)

*To cite this chapter:* Del Giudice Matteo, Iacono Emmanuele (2020). Approccio algoritmico per l'applicazione degli standard grafici in ambiente BIM/Algorithmic approach for the application of graphic standards in the BIM environment. In Arena A., Arena M., Brandolino R.G., Colistra D., Ginex G., Medati D., Nucifora S., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationships. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 404-419.