Building information modeling

2ª parte

Building information modelling

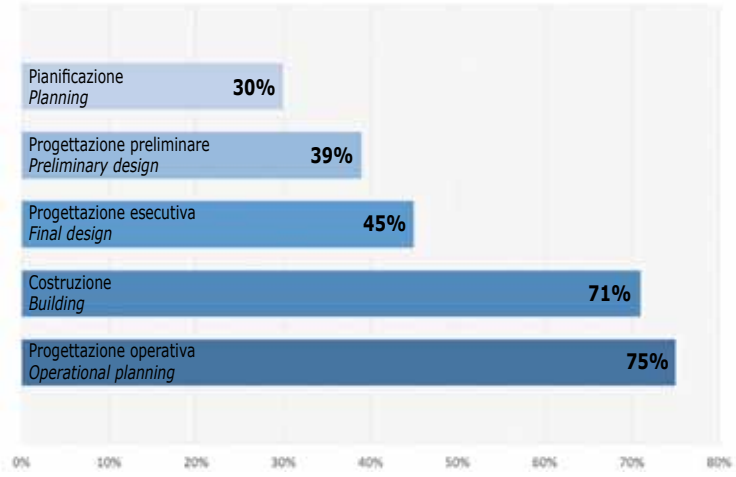
Part 2

Prof. Giuseppe M. Di Giuda & Ing. Valentina Villa
Dipartimento ABC - Politecnico di Milano - Italia/*Italy*

Nel numero precedente (Elevatori 2/2015, p. 60) è stata introdotta la metodologia BIM specificando le varie accezioni di Model, Modeling e Management, specificando le indicazioni della Direttiva Europea 2014/24/EU in merito agli appalti pubblici e sottolineando quanto questo nuovo approccio implichi un cambiamento profondo nella progettazione, costruzione e gestione delle opere. Di seguito si descrivono i principali vantaggi che l'utilizzo della metodologia BIM porta nelle varie fasi del processo edilizio, a partire dall'analisi delle esigenze e studio di fattibilità, costruzione e fabbricazione elementi prefabbricati e componenti, manutenzione e gestione dell'edificio. Il modello diventa non solo una modalità di rappresentazione del progetto, ma acquisisce un valore e un'importanza maggiore essendo implementato di volta in volta, con tutte le informazioni necessarie associate agli elementi tecnici, ai materiali o ai componenti del progetto; queste informazioni possono essere lette e utilizzate, ad esempio, per effettuare analisi strutturali, energetiche, acustiche, con possibilità di valutazioni dinamiche e scelte consapevoli dei risultati finali.

In the previous issue (Elevatori 2/2015, page 60) the BIM process was introduced with an explanation of the various meanings of Model, Modeling and Management, reporting the statements of the European Directive 2014/24/EU on public procurement and pointing out how this new approach involves a deep change in the design, construction and management procedure of the works. Here below, we describe the main advantages that the use of the BIM methodology brings to the various phases of the building process, from the analysis of the needs and the feasibility study, construction and manufacturing of ready-made elements and components, maintenance and management of the building. The model becomes not only a representation mode of the project, but it acquires value and greater importance being implemented from time to time, with all the necessary information associated to the technical elements, materials or components of the project; this information may be read and used, for example, to perform structural, energy and acoustic analysis, with the possibility of dynamic assessments and conscious choices of the final results.

Figura 1 - Percentuali di utilizzo della modellazione BIM nel ciclo di vita di un edificio
Figure 1 - Percentages of BIM modelling use in the life cycle of a building



1. ANALISI DELLE ESIGENZE E STUDIO DI FATTIBILITÀ

Il committente deve definire il budget e i tempi dell'intervento, oltre che, ovviamente, descrivere nel modo più esaustivo possibile, ciò che vuole realizzare. Creare un modello BIM preliminare che contenga come informazioni la destinazione d'uso, le prestazioni principali che si andranno a chiedere all'edificio (es, classe energetica), la disponibilità economica e i tempi di esecuzione, può rivelarsi un ottimo strumento che coadiuva il committente in tutte le scelte preliminari. La modellazione permette di verificare più soluzioni progettuali e consente una valutazione comparativa preventiva dei fattori di scelta più rilevanti (orientamento, volumi, superfici, co-

1. ANALYSIS OF NEEDS AND FEASIBILTY STUDY

The customer must define the budget and timing, as well as, of course, full details of the desired project.
The creation of a preliminary BIM model containing information such as the intended use, main building performance (i.e. energy class), costs and processing times can be a great tool for helping the customer in all preliminary choices.
The modeling allows to verify multiple design solutions and allows a comparative evaluation of the most relevant choice factors (orientation, volumes, surfaces, roofing, energy performance, management costs).

perture, prestazioni energetiche, costi di gestione). Scoprire che un progetto è fuori budget dopo aver iniziato la fase di progettazione, quindi avendo già investito tempo e denaro, è uno spreco di risorse.

2. FASE DI PROGETTAZIONE

I primi utilizzi delle tecnologie BIM sono stati effettuati in fase di progettazione, ottenendo i principali vantaggi legati a questa nuova tecnologia, mentre oggi giorno il BIM si sta sviluppando per portare benefici in tutto il ciclo di vita del manufatto.
Di seguito si riportano i principali vantaggi che il BIM offre durante la fase di progettazione:

1. Visualizzazione più accurata e immediata del progetto;
2. Correzioni automatiche a seguito di modifiche fatte al progetto;
3. Generazione di disegni 2D accurati e coerenti in qualsiasi fase della progettazione;
4. Collaborazione delle diverse discipline di progettazione;
5. Rilievo 3D di edifici esistenti (3D Scanning);
6. Verifica della coerenza secondo regole personalizzate, requisiti normativi, specifiche del committente, vincoli di geometria dei componenti, ecc. (code checking);
7. Controllo delle interferenze (model checking): sovrapposizione dei diversi modelli dell'edificio (architettonico, strutturale, impianti meccanici, impianti elettrici, ecc.);
8. Estrazione delle stime dei costi in fase di progettazione (BIM 5D);
9. Miglioramento dell'efficienza energetica e sostenibilità.

3. FASE DI COSTRUZIONE E FABBRICAZIONE

L'utilizzo del BIM nel processo di costruzione si è dimostrato utile nel coordinamento delle attività di cantiere, persone e materiali per ridurre al minimo i conflitti e i ritardi nella costruzione, con conseguente maggiore efficienza di produzione. La modellazione dell'edificio, effettuata prima della sua realizzazione, permette la possibilità di simulare la logistica, le sequenze di costruzione, le procedure di sicurezza e di avanzamento del progetto. Di seguito si riportano i principali vantaggi che il BIM offre durante la fase di costruzione e fabbricazione.

3.1 I vantaggi

3.1.1 Uso del modello di progetto come base per la fabbricazione dei componenti

Se il modello di progettazione viene trasferito a uno strumento BIM di fabbricazione, e la scala di dettaglio degli oggetti è a livello di fabbricazione, conterrà una visualizzazione accurata degli oggetti dell'opera da realizzare per la fabbricazione e la costruzione. Poiché i componenti sono definiti in modo parametrico 3D, la loro produzione automatizzata con macchine a controllo numerico è facilitata. Questo tipo di automazione è oggi una pratica standard nella fabbricazione dell'acciaio, di componenti prefabbricati e di serramenti. La precisione del BIM facilita la fabbricazione in stabilimento rispetto al cantiere, riducendo costi e tempi di costruzione ed evitando i principali problemi legati alla progettazione con disegni 2D come la necessità di modifiche e rilavorazione in cantiere. Permette inoltre la messa in opera con minor squadre operative, tempi di installazione più rapidi e aree di stoccaggio ridotte in cantiere.

Finding out that a project is over budget after starting the design phase, and after having already invested time and money, it is a waste of resources.

2. DESIGN PHASE

The first implementation of BIM technologies were performed in the design phase, gaining the main advantages involved in this new technology, while nowadays BIM is being developed to bring benefits throughout the life cycle of the product.
The following are the main benefits offered by BIM during the design phase:

1. *A more accurate and immediate display of the project;*
2. *Automatic corrections as a result of changes made to the project;*
3. *Generation of accurate and consistent 2D drawings at any stage of the design;*
4. *Collaboration of the different design disciplines;*
5. *3D survey of existing buildings (3D Scanning);*
6. *Consistency check based on custom rules, regulatory requirements, customer requirements, geometry constraints, etc. (code checking);*
7. *Interference Checking (model checking): overlapping of the different models of the building (architectural, structural, mechanical systems, electrical systems, etc.);*
8. *Extraction of the cost estimates at planning stage (BIM 5D);*
9. *Improvement of energy efficiency and sustainability.*

3. BUILDING AND MANUFACTURING PHASE

The use of BIM in the construction process has proved useful in activities, people and materials coordination onsite in order to minimize conflicts and construction delays, resulting in increased production efficiency.
The modeling of the building, carried out prior to its implementation, allows to simulate logistics, construction sequences, safety procedures and progress of the project.
The following are the main benefits offered by BIM during building and manufacturing.

3.1 Advantages

3.1.1 Use of the design model as a basis for component manufacturing

If the design model is transferred to a BIM tool, and the scale of the object details is at manfacturing level, it will contain an accurate display of the objects of the artwork to be manufactured and constructed. Because components are defined parametrically 3D, their automated production with CNC machines is made easier.
This type of automation is now a standard practice in the manufacture of steel, ready-made components and windows. The accuracy of BIM facilitates the manufacturing in the factory compared to the construction site, thus reducing costs and construction time and avoiding the main issues related to 2D drawings design, such as the need for changes and rework in the building site. It also allows for the implementation with less operational teams, faster installation times and reduced storage areas on site.

3.1.2 Scoperta di errori di progettazione prima della costruzione

Poiché il modello di edificio virtuale 3D è la fonte di tutti i disegni 2D e 3D, gli errori di progettazione causati da disegni 2D incoerenti tra loro sono drasticamente ridotti. Inoltre, poiché i modelli di tutte le discipline possono essere riuniti e confrontati, gli eventuali problemi di costruibilità vengono identificati prima di essere rilevati in cantiere. Inoltre è migliorato il coordinamento tra i progettisti e le imprese partecipanti, accelerando il processo di costruzione, riducendo i costi e il rischio di controversie legali e fornendo un processo più agevole per l'intero team di progetto.

3.1.3 Sincronizzazione della progettazione con la pianificazione della costruzione (BIM 4D)

La pianificazione della costruzione 4D richiede il collegamento di un programma lavori agli oggetti 3D in un progetto, in modo che sia possibile simulare il processo di costruzione e mostrare come l'edificio e il cantiere si evolvono nel tempo. Questa simulazione grafica consente una notevole comprensione di come l'edificio sarà costruito giorno per giorno e rivela i potenziali problemi e le opportunità per possibili miglioramenti (cantiere, interferenze spaziali e temporali tra squadre operative e attrezzature, problemi di sicurezza, e così via). Questo tipo di analisi non è disponibile con un approccio tradizionale 2D con tavole cartacee. La progettazione 4D fornisce un ulteriore beneficio per la progettazione delle opere provvisionali come puntellamenti, ponteggi, parapetti e casseforme. Si possono utilizzare le informazioni BIM per aumentare la produttività, la sicurezza in cantiere e analizzare le situazioni critiche. Infine l'utilizzo di un modello 4D permette un'organizzazione più efficiente della logistica del cantiere e la visualizzazione degli ingombri di mezzi e materiali. Il BIM fornisce un modello accurato del progetto e delle risorse materiali necessarie per ogni fase della costruzione, fornisce la base per una migliore pianificazione e programmazione dei subappaltatori e contribuisce a garantire l'arrivo just-in-time di persone, attrezzature e materiali. Questo consente una migliore collaborazione in cantiere.

3.1.4 Portabilità del modello in cantiere (BIM to field)

Il modello può essere trasferito su dispositivi elettronici portatili come tablet e lettori Scanner bar-code, in modo da portare il progetto dall'ufficio al cantiere e avere un controllo costante in corso d'opera e un continuo aggiornamento in fase esecutiva. Questo permette una sincronizzazione tra i soggetti in cantiere e il team di progettazione e l'eventuale integrazione immediata delle modifiche.

4. FUNZIONAMENTO E GESTIONE

L'utilizzo del BIM per il Facility Management permette di sfruttare al meglio le potenzialità dei modelli BIM, in quanto il suo valore aggiunto è di avere accesso immediato alle informazioni as-built/as-operated dell'edificio. Uno dei più grandi problemi affrontati da proprietari di edifici è la quantità enorme e la natura disorganizzata della documentazione fornita alla fine del progetto. La conseguenza è una perdita di informazioni sostanziali. L'evoluzione della tecnologia BIM si sta proponendo di risolvere questo problema aiutando anche i manutentori degli impianti e i proprietari nel gestire le proprie strutture dopo la costruzione. Qui di seguito sono riportate alcuni vantaggi relativi a questa fase.

3.1.2 Discovering design errors before manufacturing

As the virtual 3D building model is the source of all 2D and 3D drawings, the design errors caused by 2D drawing inconsistencies are drastically reduced. Moreover, since the models of all disciplines can be brought together and compared, any potential building issue is identified before being detected in the building site. The coordination between designers and participating companies is also improved and this speeds up the construction process, reducing costs and the risk of litigation and it provides an easier processing for the whole project team.

3.1.3 Synchronization between design and manufacturing planning (BIM 4D)

The 4D construction planning requires the connection of a work program to 3D objects in a project, so that it is possible to simulate the construction process and to show how the building and the site evolve over time. This graphic simulation allows for a considerable understanding of how the building will be built day by day and it reveals the potential problems and opportunities for improvements (construction site, spatial and temporal interferences between operational teams and equipment, safety issues, and so on). This type of analysis is not available with a traditional 2D approach on paper boards. The 4D design provides an additional benefit for the design of temporary works such as shoring, scaffolding, guardrails and formwork. You can use BIM information to increase productivity, site safety and analysing critical situations. Finally the use of a 4D model allows for a more efficient organization of the logistics in the construction site and the display of dimensions of means and materials. BIM provides an accurate model of the project and material resources required for each phase of the construction, it provides the basis for better planning and scheduling of subcontractors and it helps ensuring the arrival of just-in-time people, equipment and materials. This allows for a better collaboration in the building site.

3.1.4 Portability of the model to the building site (BIM to field)

The model can be transferred to portable electronic devices such as tablets and barcode scanners in order to bring the project from the office to the site and thus having a constant control during construction and continuous updates during execution. This allows for the synchronization between the subjects in the pipeline and the design team and the potential integration of immediate changes.

4. OPERATION AND MANAGEMENT

The use of BIM for Facility Management allows to exploit the potential of BIM models, as its added value is to have immediate access to as-built/as-operated building information.
One of the biggest problems faced by buildings owners is the huge and complex amount of documentation provided at the end of the project.
The result is a loss of important information.
The evolution of BIM aims at solving this problem by helping maintenance operators and owners to manage their facilities after the construction phase.
Below some advantages relevant to this stage are listed.

4.1 I vantaggi

1. **Storico dell'edificio.** Il BIM può essere utilizzato per registrare le informazioni associate a un edificio durante tutto il suo ciclo di vita e quindi essere disponibili come unico database durante la fase di consegna al proprietario per la gestione dell'edificio.

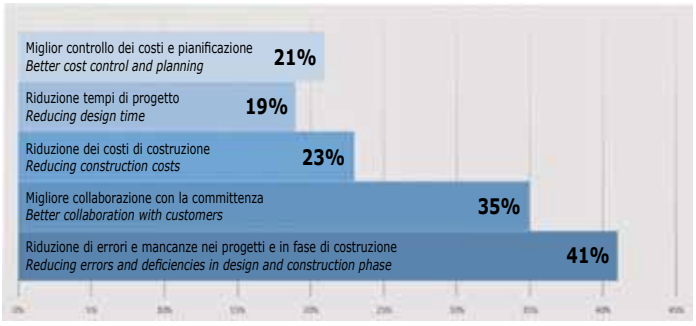
2. **Performance dell'edificio.** Il BIM può essere utilizzato per analizzare le performance operative dell'edificio e per renderlo più adatto alle esigenze degli occupanti (monitoraggio dei modi d'uso dell'edificio, del consumo di energia, dei livelli di comfort forniti dagli impianti di riscaldamento e raffrescamento, dell'illuminazione e dei sistemi di schermatura solare).

3. **Facility Management.** Il BIM può contenere tutte le informazioni riguardo impianti e attrezzature installati, come: dimensioni, informazioni sui fornitori, informazioni sui componenti, numeri di serie, dati di prodotto, garanzie, ubicazione, liste ricambi, programmi di manutenzione e dettagli operativi, che possono essere resi disponibili in modo rapido e preciso ad ogni richiesta. Ciò consente ai Facility Manager di effettuare la manutenzione (preventiva, ordinaria e straordinaria) in modo tempestivo ed efficiente.

4. **Integrazione del modello con dispositivi informatici.** L'integrazione tra le tecnologie BIM e i supporti portatili (es. smartphone, tablet, ecc.) permette durante le operazioni di manutenzione di intervenire in maniera localizzata senza danneggiare parti adiacenti che non interessano l'intervento.

5. **Gestione in caso di emergenza.** Il BIM può aiutare i soccorritori ad accedere alle informazioni critiche dell'edificio in caso di emergenza, nelle operazioni di ricerca e soccorso e durante l'evacuazione. L'utilizzo di un modello 3D rispetto alla consultazione e interpretazione di tavole cartacee permette una visualizzazione semplice e immediata delle lunghezze delle vie di esodo, posizione delle uscite di emergenza, localizzazione dei locali tecnici, luoghi sicuri e impianti antincendio da parte dei vigili del fuoco e dei primi soccorritori.

Figura 2 - I vantaggi nell'uso del BIM
Figure 2 - The BIM benefits



5. CONCLUSIONI

Il trasferimento delle procedure e delle modalità di progettazione e gestione dei processi dal sistema tradizionale alla metodologia BIM comporta un cambiamento sostanziale nell'approccio e nella pratica professionale. Si rivoluziona innanzitutto il modo di progettare e pensare un edificio, avvicinandolo sempre di più a un sistema complesso costituito da parte architettonica, strutture e impianti tecnologici, che necessita di una visione più vicina all'industria meccanica che all'edilizia più artigianale, come è sempre stata intesa in Italia. Durante il I congresso internazionale BIM di Valladolid (Spagna), "Dal BIM al Big Data," lo scorso autunno un progettista ha affermato che la difficoltà più grande non è imparare a utilizzare i nuovi software ma cambiare modo di pensare, complessivamente il processo e il progetto.

4.1 Advantages

1. ***Building background.*** *The BIM can be used to record the information associated to a building throughout its life cycle and therefore available as a single database during delivery to the owner for the management of the building.*

2. ***Building performance.*** *BIM can be used to analyze the operating performance of the building and to make it more suitable to the needs of the occupants (monitoring of profiles of the building energy consumption and use, of comfort levels provided by heating and cooling, lighting and solar shading systems).*

3. ***Facility Management.*** *BIM can contain all the information about plants and equipment installed, such as: size, vendor information, component information, serial numbers, product data, warranties, location, spare part lists, maintenance programs and operational details, which can be made available quickly and accurately upon each request. This allows the facility manager to perform maintenance (preventive, routine and extraordinary) in a timely and efficient manner.*

4. ***Information devices built in the model.*** *The integration of BIM technologies and portable media (i.e. Smartphones, tablets, etc.) allows during maintenance operations to act in a localized manner without damaging adjacent parts not affected by the intervention.*

5. ***Management of an emergency case.*** *BIM can help rescuers to access building critical information in an emergency, in searching and rescue operations and during the evacuation. The use of a 3D model compared to the consultation and interpretation of paper drawings allows for an easy and clear display of escape routes, location of emergency exits, location of equipment rooms, safe places and fire fighting by the fire brigade and first responders.*

5. CONCLUSIONS

The transfer of design and process management procedures from the traditional methodology to BIM involves a substantial change in the approach and professional practice.
It completely changes how we design and conceive a building, bringing it closer and closer to a complex system made up by architectural and technological systems, needing a vision closer to the mechanical sector than the crafted building, as we are accustomed to in Italy.
During the 1st International BIM congress ("From BIM to Big Data", Valladolid, Spain) last autumn, a designer claimed that the greatest difficulty is not learning the use of new software but changing the way we think and the whole process and project.
The second revolution involves the roles and methods of inter-

La seconda rivoluzione coinvolge invece i ruoli e le modalità di relazione tra tutti i soggetti coinvolti nella progettazione, costruzione e gestione dell'edificio. I procedimenti di tipo collaborativo non vedono più contrapposti committente, progettisti e imprese, ma tutti sono coinvolti fin dalle prime fasi, con l'unico fine di contribuire, ciascuno per la propria parte, all'implementazione delle informazioni necessarie alla progettazione e costruzione dell'edificio.
I produttori di sistemi impiantistici, componenti e prefabbricati (ad es. produttori di serramenti, ascensori, strutture prefabbricate in c.a., ecc.) stanno predisponendo delle banche dati di oggetti BIM degli elementi a catalogo in modo da potersi integrare immediatamente nel processo. Ogni oggetto porta con sé quindi le informazioni relative alle caratteristiche tecniche necessarie per la progettazione, alle tolleranze necessarie per il montaggio o il posizionamento in opera, alle modalità di manutenzione e gestione.
Un grande vantaggio, soprattutto per il mondo degli apparecchi meccanici, quali ascensori e scale mobili è la definizione e la contrattualizzazione delle tolleranze minime o massime necessarie per il montaggio o l'installazione (ad es. interpiano al finito, dimensioni vano ascensore, altezze dei piani al finito, ecc.). In questo modo l'impresa appaltatrice dovrà garantire il rispetto delle condizioni contrattuali e la produzione potrà iniziare senza il rilievo dello stato di fatto, così come avviene attualmente.

6. GLI AUTORI

Giuseppe Martino Di Giuda, ricercatore presso il dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito del Politecnico di Milano, docente dei corsi di Ergotecnica Edile.

Valentina Villa, ingegnere, dottore di ricerca e professore a contratto presso il dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito del Politecnico di Milano.

Entrambi sono attualmente impegnati in attività di ricerca e consulenza relativamente alla modellazione BIM di edifici e di prodotti e componenti del comparto edile.

Il presente lavoro è il risultato delle ricerche del bimgroup.eu di cui fanno parte anche gli ingegneri Mauro Maggioni, Francesco Paleari e Marco Schievano.

action between all parties involved in the design, construction and management of the building.
The collaborative operations see no longer client, designers and businesses opposing each other, but they all are involved from the early stages, with the sole aim of contributing, each for their own part, to the implementation of the information required for the design and construction of the building.
The manufacturers of plant systems, components and ready-made elements (i.e. manufacturers of windows and doors, lifts, ready-made structures in reinforced concrete, etc.) are preparing BIM object databases in order to be able to integrate them immediately into the process.
Each object includes the technical information required for the design, tolerances required for mounting or locating the element, as well as maintenance and management procedures.
A big advantage, especially for the mechanical equipment sector such as lifts and escalators, is the definition and contracting out minimum or maximum tolerances required for assembly or installation (i.e. intermediate landing, shaft sizes, landing heights, etc.).
In this way, the contractor will have to ensure compliance with terms and the production will start without the relief of the status quo, as it happens now.

6. THE AUTHORS

***Giuseppe Di Martino Di Giuda** is a researcher at the Department of Architecture, Engineering construction and built environment of the Polytechnic of Milan, Italy, Teacher at Ergotecnica Edile courses.*

***Valentina Villa** is engineer, PhD and lecturer at the Department of Architecture, Engineering Construction and built environment of the Polytechnic of Milan, Italy.*

Both are currently engaged in research and consultancy activities relevant to the BIM modeling of buildings, products and components of the construction sector.

This work is the result of the researches of the bimgroup.eu which also includes engineers Mauro Maggioni, Francesco Paleari and Marco Schievano.

Translated by Paola Grassi