

Digital Control Room per il progetto e la gestione degli edifici complessi

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Liala Baiardi^a, Ingrid Paoletti^a, Valentina Puglisi^a, Stefano Converso^b,

^a Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

^b Dipartimento di Architettura, Università degli studi Roma Tre, Italia

liala.baiardi@polimi.it

ingrid.paoletti@polimi.it

valentina.puglisi@polimi.it

stefano.converso@uniroma3.it

Abstract. Il settore delle costruzioni è stato protagonista di una rivoluzione digitale che ha coinvolto l'intero processo edilizio sia nell'ambito dell'innovazione tecnologica legata alla produzione che nel cambio di prospettiva e metodologia operativa. Grazie allo sviluppo crescente dei modelli gestionali del processo edilizio e dei sistemi informatici che ne hanno facilitato l'integrazione e gestione delle informazioni, si è arrivati a considerare l'edificio come protagonista di un processo da seguire lungo tutta l'evoluzione del suo ciclo di vita. L'articolo mette in relazione il progetto esecutivo all'innovazione di processo e di prodotto connesse alla modalità di esercizio di Facility Management, cogliendo i benefici derivanti dalle potenzialità di implementazione dei sistemi BIM nella sua versione orientata al web e ai server.

Parole chiave: Building Information Modeling; Facility Management; Interoperabilità; Processi.

Introduzione

Gli edifici moderni sono frutto di un processo costruttivo in larga parte industrializzato, sia per la componente edilizia che quella impiantistica. La compenetrazione dei sistemi edilizio, impiantistico tradizionale e la nuova generazione di impianti cosiddetti "speciali"¹ a corrente debole, ha profondamente modificato il processo progettuale rendendo controproducente continuare a progettare gli impianti separatamente dalla componente edilizia, così come sul piano realizzativo costruire prima la struttura edile dell'edificio e successivamente realizzare le diverse tipologie di impianti (Tronconi, Ciaramella, 2014). La nuova generazione di edifici comporta inevitabilmente una crescita della complessità e delle attività manutentive che evidenziano la necessità di superare l'impostazione dell'attività manutentiva come intervento post guasto, per approdare a una visione programmata e sinergica di questa attività. Per assicurare il mantenimento del valore di un'opera durante il suo ciclo di vita, tale impostazione richiede un approccio in-

Digital control room
for the project and
management of complex
buildings

Abstract. The construction sector is the protagonist of a digital revolution that involved the entire building process both in the technological innovation linked to production and in the change of perspective and operational methodology. Thanks to the increasing development of the management models of the building process and of the IT systems that have facilitated its integration and management of information, the building has come to be considered as the protagonist of a process to follow throughout the evolution of its life cycle. The article relates the executive project to process and product innovation related to the Facility Management operating mode, grasping the benefits deriving from the implementation potential of BIM systems in its oriented version to the web and servers.

Keywords: Building Information Modeling; Facility Management; Interoperability; Process.

tegrato tecnologicamente avanzato e strettamente connesso al progetto esecutivo.

Le attività di gestione e manutenzione degli edifici coinvolgono diverse competenze e si sviluppano per l'intero ciclo di vita, richiedendo un sistema informativo completo per acquisire e recuperare i dati relativi alle attrezzature per l'edilizia (Motawa and Almarshad, 2013, Nummelin *et al.*, 2011).

Oggi giorno, le attività di manutenzione giornaliera dei Facility Manager si basano su informazioni derivate dai cosiddetti sistemi CMMS e CAFM (*Computerized Maintenance Management Systems* e *Computer Aided Facility Management*) (McArthur and Bortoluzzi, 2018) che utilizzano metodi convenzionali quali dati tabulati e disegni/mappe in due dimensioni. La riflessione sull'apporto che un approccio 3D e *Object Oriented*, tipico dei sistemi BIM possa apportare a tale pur ottimizzato scenario è un campo di ricerca che esula da una prospettiva puramente tecnico-informatica, per allargarsi all'attività e al profilo stesso i protagonisti dell'attività di gestione, che in qualche modo possa venir sottratta ad un ambito strettamente tecnico.

Nel corso degli ultimi anni, sono state svolte numerose attività di ricerca volte all'analisi dei metodi Building Information Modeling (BIM) al fine di elaborare possibili implementazioni a beneficio delle operazioni di manutenzione, tra cui la gestione delle strutture e la manutenzione e gestione dell'energia (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Eastman *et al.*, 2011; Teicholz, 2013). In tale ottica il BIM è visto come una soluzione per la condivisione di dati tra più sistemi (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Motawa and Almarshad, 2013; Teicholz, 2013; Utica, 2010) e, con le sue fun-

Introduction

Modern buildings are the result of a largely industrialized construction process, both for the building component and the plant component. The interpenetration of building systems, traditional plant engineering and the new generation of so-called "special"¹ low current systems, has profoundly changed the design process making it counterproductive to continue to design the plants separately from the building component, as well as on the construction plan to build before the building structure of the building and subsequently realize the different types of plants (Tronconi, Ciaramella, 2014). The new generation of buildings inevitably involves an increase in complexity and maintenance activities that highlight the need to overcome the maintenance activity as a post-fault intervention, in order to arrive at

a planned and synergic vision of this activity.

To ensure the maintenance of the value of a work during its life cycle, this approach requires a technologically advanced integrated approach closely linked to the executive project.

Building management and maintenance activities involve different skills and are developed for the entire life cycle, requiring a complete information system to acquire and recover data related to construction equipment (Motawa and Almarshad, 2013, Nummelin *et al.*, 2011).

Nowadays, the Facility Managers daily maintenance activities are based on information derived from the so-called CMMS and CAFM (*Computerized Maintenance Management Systems* and *Computer Aided Facility Management*) systems (McArthur, Bortoluzzi, 2018) that use conventional methods

zionalità di archivio dati, presenta il potenziale per consentire ai responsabili della struttura di ridurre al minimo il tempo di attesa delle attività non produttive necessarie per la manutenzione. Allo stesso tempo e simmetricamente, l'approccio digitale 3D consente anche un avvicinamento al tema da parte dei non tecnici, e un supporto all'attività di gestione sinergica mediante la alta accessibilità di un ambiente 3D. A tale ambito fanno riferimento tutti gli studi e le ricerche sul tema della "Gamification", e dell'uso di tecnologie, protocolli e librerie di Gaming in ambito architettonico e ingegneristico.

Sulla base di tali premesse, il testo illustra i principi alla base del progetto di sviluppo, sperimentazione e innovazione "*Digital 3D Control Room for Healthcare*", selezionato e finanziato dalla Regione nell'ambito del programma Smart Living. Il progetto è svolto in linea con la strategia comunitaria H2020, finalizzata ad una crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva.

Il progetto Digital 3D Control Room for Healthcare

Il progetto Digital 3D ha l'obiettivo di mettere in relazione il progetto esecutivo all'innovazione di processo e di prodot-

to connesse alla modalità di esercizio di Facility Management (FM), delineando un modello operativo per il controllo intelligente e dinamico dell'edificio. Il modello è basato sull'interoperabilità dei dati in grado di gestire, in forma coordinata, l'intero processo, a partire dalla progettazione e coinvolgendo, a più livelli, tutti gli attori della filiera dell'abitare in un formato di gestione intelligente e dinamico dell'edificio.

Il software di gestione, sviluppato sulla base del modello elaborato dal progetto Digital 3D, non rimane solo di dominio dei

such as tabulated data and drawings/maps in two dimensions. The reflection on the contribution that a 3D and Object Oriented approach, typical of BIM systems, can make to such an optimized scenario is a research field that goes beyond a purely technical-IT perspective, in order to extend itself to the activity and to the profile itself the protagonists management activity, which may in some way be subtracted from a strictly technical sphere.

Over the past few years, numerous research activities have been carried out aimed at analyzing the Building Information Modeling (BIM) methods in order to elaborate possible implementations for the benefit of maintenance operations, including the management of the structures and the maintenance and management of the 'energy (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Eastman *et al.*, 2011; Teicholz, 2013).

In this perspective, BIM is seen as a solution for sharing data between multiple systems (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Motawa and Almarshad, 2013; Teicholz, 2013; Utica, 2010) and, with its archive functions data, presents the potential to allow the managers of the structure to minimize the waiting time of non-productive activities necessary for maintenance.

At the same time and symmetrically, the 3D digital approach also allows for non-technical approach to the theme, and support for synergic management activity through the high accessibility of a 3D environment. All the studies and research on the subject of Gamification and the use of Gaming technologies, protocols and libraries in the architectural and engineering fields refer to this area.

Based on these premises, the text illustrates the principles underlying the

tecnici ma diventa più accessibile, mediante un applicativo BIM integralmente *Web Based*, a tutti gli attori della filiera che potranno usufruire di tutti i dati dell'edificio. Con questo modello, l'edificio acquista un suo "*mirror*" digitale (racchiuso dal settore emergente dei "Digital Twin") sul quale tutti i fornitori e i manutentori possono operare, ma aperto, appunto e accessibile ai "non tecnici/Gamers".

L'elaborazione del modello Digital 3D

L'elaborazione del modello Digital 3D è basata sui principi internazionali generali riguardanti la

modalità di implementazione e di utilizzo del BIM nelle fasi di progettazione, costruzione e conduzione dell'ambiente costruito. La rappresentazione a rampa del BIM *Maturity Diagram* (Bew-Richards, 2010) mostra una transizione sistematica dei livelli di maturità BIM (Fig. 1).

Al "livello 0", la realizzazione e la conduzione di progetti/asset è basata su informazioni bidimensionali (2D), fondamentalmente su supporto cartaceo.

Il "livello 1" segna una transizione da un ambiente cartaceo a un ambiente 2D e 3D, con uno spostamento del focus sulla collaborazione e sulla condivisione di informazioni.

Al "livello 2" si passa a un metodo comune di produzione, scambio, pubblicazione e archiviazione delle informazioni. Contestualmente, lungo la rampa del "livello 2", inizia l'inclusione nel modello di intelligence e metadati aggiuntivi. Trattandosi di modelli proprietari e incentrati sulle singole discipline, questo livello è talvolta definito "pBIM". L'integrazione del modello avviene sulla base di un ambiente di dati comune (CDE, Common Data Environment).

project of development, experimentation and innovation "*Digital 3D Control Room for Healthcare*", selected and financed by the Region within the Smart Living program. The project is carried out in line with the H2020 community strategy, aimed at smart, sustainable and inclusive growth.

The Digital 3D Control Room Project for Healthcare

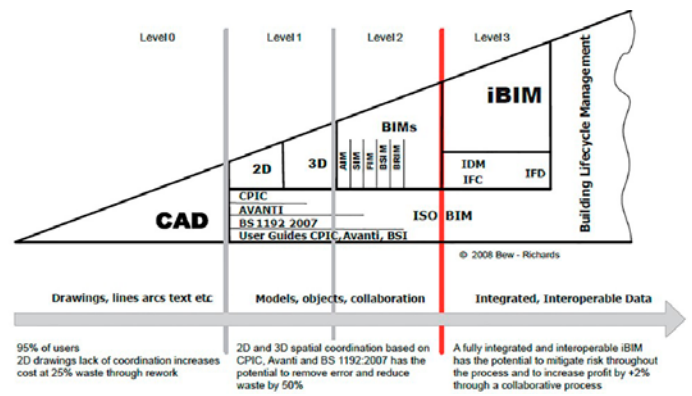
The Digital 3D project aims to connect the executive project to the process and product innovation related to the Facility Management (FM) operating mode, outlining an operational model for intelligent and dynamic building control. The model is based on the interoperability of data capable of managing, in a coordinated form, the entire process, starting from the design and involving, on several levels, all the actors of the supply chain of living in an

intelligent and dynamic management format building.

The management software, developed on the basis of the model developed by the Digital 3D project, remains not only a domain of the technicians but becomes more accessible, through an integrally *Web Based* BIM application, to all the players in the supply chain who can take advantage of all the data building. With this model, the building acquires its own digital "mirror" (enclosed by the emerging sector of the "Digital Twin") on which all suppliers and maintainers can operate, but open, precisely and accessible to "non-technicians/Gamers".

The elaboration of the Digital 3D model

The development of the Digital 3D model is based on the general international principles regarding the im-



Al “livello 3” si raggiunge un “iBIM” completamente integrato, contrassegnato dall’uso di un singolo modello accessibile a tutti i membri del team. Questo livello di BIM utilizza il 4D, 5D e il 6D (gestione del ciclo di vita dell’immobile, Facility Management). L’ambiente 4D include la pianificazione e gestione dei tempi della fase costruttiva, comprese la logistica e le operazioni di cantiere. Il 5D aggiunge la gestione dei costi e la possibilità di effettuare analisi di previsione economica e contiene informazioni tecniche ed economiche come quantità, costi unitari e totali dei materiali. L’ambiente 6D estende il modello al Facility Management.

Se saranno correttamente eseguiti gli aggiornamenti sulla base degli sviluppi in fase d’opera, a ultimazione dei lavori si ottiene il modello “as built”. Questo contiene tutte le specifiche di gestione e manutenzione, manuali e informazioni di garanzia utili per le future manutenzioni. Sarà inoltre possibile monitorare i costi del ciclo di vita di un edificio e ottimizzarne l’efficienza e valutare costi/benefici di eventuali aggiornamenti proposti.

Inoltre la BIM Policy (BIM report, 2012) del governo britannico ha introdotto il concetto di GSL (*Government Soft Landing*) al fine di favorire un più stretto allineamento della fase di progettazione e costruzione con quella della conduzione e della gestione del bene. Il GSL garantisce la centralità del fine dell’immobile già dalle fasi di progettazione e costruzione, fino alla consegna e alla conduzione, assicurando un precoce coinvolgimento dell’utente finale. Tramite il GSL il team di progettazione e costruzione assiste l’utente finale al completamento dell’utilizzo dell’immobile, oltre che nella fase di valutazione e feedback post-occupazione (*Post Occupancy Evaluation - POE*).

plementation and use of BIM in the design, construction and management phases of the built environment.

The ramp representation of the BIM Maturity Diagram (Bew-Richards, 2010) shows a systematic transition of BIM maturity levels (Fig. 1).

At “level 0”, the realization and management of projects/assets is based on two-dimensional (2D) information, basically on paper.

The “level 1” marks a transition from a paper environment to a 2D and 3D environment, with a shift in focus on collaboration and information sharing.

At “level 2” we move to a common method of producing, exchanging, publishing and storing information. At the same time, along the “level 2” ramp, the inclusion in the intelligence model and additional metadata begins. Being proprietary models focused on individual disciplines, this level is

sometimes called “pBIM”. Model integration is based on a common data environment (CDE, Common Data Environment).

At “level 3” a fully integrated “iBIM” is reached, marked by the use of a single model accessible to all team members. This level of BIM uses 4D, 5D and 6D (management of the life cycle of the building, Facility Management). The 4D environment includes the planning and management of the construction phase, including logistics and site operations. The 5D adds cost management and the possibility of performing economic forecasting analysis and contains technical and economic information such as quantity, unit costs and total materials. The 6D environment extends the model to Facility Management.

If updates are correctly carried out based on developments in the work

Metodologia di definizione e sviluppo del modello

La metodologia di baseline per la definizione del modello Digital 3D ha comportato le seguenti fasi:

fasi:

- analisi della progettazione tradizionale con individuazione sia di carenze/mancanze e limitazioni che di possibilità di implementazione dei sistemi BIM in ottica FM;
- valutazione delle attuali procedure in atto al fine di introdurre parte delle stesse, se rilevanti, nel nuovo modello;
- sviluppo un nuovo modello di gestione degli edifici esistenti tenendo in considerazione l’intero ciclo della costruzione o riqualificazione dell’edificio;
- esame e condivisione della metodologia elaborata dai principali attori della filiera immobiliare;
- stesura della lista di *requirement* da soddisfare con la creazione del software.

L’originalità è data dall’evoluzione di un modello BIM di progetto e di cantiere con la sua esecuzione anche nella successiva gestione e vita dell’edificio, portando a compimento un esempio di filiera integrale BIM con una garanzia di associatività e permanenza fluida del dato lungo il processo.

La sperimentazione e la validazione del nuovo modello è stata effettuata tramite l’applicazione ad un caso reale di ristrutturazione

phase, the “as built” model is obtained upon completion of the work. This contains all the management and maintenance specifications, manuals and warranty information useful for future maintenance. It will also be possible to monitor the costs of a building’s life cycle and optimize its efficiency and evaluate the costs / benefits of any proposed updates.

Furthermore the BIM Policy (BIM report, 2012) of the British government introduced the concept of GSL (*Government Soft Landing*) in order to favor a closer alignment of the design and construction phase with that of the management and management of the asset. The GSL guarantees the centrality of the end of the property from the design and construction phases up to the delivery and operation, ensuring an early involvement of the end user. Through the GSL, the design and con-

struction teams assist the end user in completing the use of the property, as well as in the post-occupation assessment and feedback phase (*Post Occupancy Evaluation - POE*).

Model definition and development methodology

The baseline methodology for defining the Digital 3D model involved the following phases:

- analysis of traditional design with identification of both shortcomings / deficiencies and limitations and the possibility of implementing BIM systems from an FM perspective;
- evaluation of the current procedures in place in order to introduce part of them, if relevant, into the new model;
- development of a new management model for existing buildings taking

zione di un edificio complesso di edilizia ospedaliera e ha comportato la creazione di una innovativa piattaforma digitale *Web Based* che integra la tecnologia BIM con una piattaforma di FM³.

I risultati dell'integrazione BIM+FM: la Open Control Room

I risultati dell'integrazione BIM+FM sono rappresentati dalla "Open Control Room", uno spazio dove l'accesso al modello alla mole di Big Data ad esso associati, viene mediato da nuovi professionisti che sono in grado di attivare le relazioni tra i dati e fornire un continuo feedback a operatori interni ed esterni (Agent).

La "Open Control Room" e la piattaforma ad essa collegata, rappresentano un'evoluzione di quella che nei cantieri evoluti di oggi è la "BIM Room", un "reference di modello" in cui operatori dedicati fanno da riferimento a tutta la galassia degli operatori, in presenza e a distanza.

La piattaforma utilizzata dagli Agent censirà, in maniera rapida, strutturata e interattiva i dati di carattere tecnico/energico, catastale, contabili, di imposte, manutenzioni e garanzie, con le seguenti specificità:

- integrazione *Cloud* di un ambiente condiviso 3D "di rete" e del concetto di "Internet delle Cose" (IoC), che mira a rendere ogni edificio "una emittente di sé stesso", in rete con gli altri, sul modello di esperienze come la fase di gara dal Solar Decathlon;
- consultazione via web (via browser senza plug-in/software specifici);
- visualizzazione navigabile e tridimensionale dell'edificio: questo livello di dettaglio permetterà di isolare le informa-

into account the entire construction or redevelopment cycle of the building;

- examination and sharing of the methodology developed by the main players in the real estate chain;
- drawing up the list of requirements to be satisfied with the creation of the software.

The originality is given by the evolution of a BIM model of project and construction site with its execution also in the subsequent management and life of the building, completing an example of an integral BIM chain with a guarantee of associativity and fluid permanence of the data along the process.

The experimentation and validation of the new model was carried out by applying to a real case of restructuring of a complex building of hospital building and involved the creation of an in-

novative digital Web Based platform that integrates BIM technology with an FM platform³.

The results of the BIM + FM integration: the Open Control Room

The results of the BIM + FM integration are represented by the "Open Control Room", a space where the access to the model to the amount of Big Data associated with it, is mediated by new professionals who are able to activate the relationships between the data and provide continuous feedback to internal and external operators (Agents).

The "Open Control Room" and the platform connected to it represent an evolution of what in today's evolved construction sites is the "BIM Room", a "model reference" in which dedicated operators make reference to the whole galaxy of operators, in presence and at a distance.

zioni relative a consumi, costi, storici delle manutenzioni, manutenzioni programmate, potenzialità di efficientamento, ecc. dell'edificio, con annesse visualizzazioni di 3D *Data Visualization*;

- monitoraggio degli accessi e dei comportamenti delle persone attraverso delle funzionalità di geolocalizzazione;
- sistema di interrogazione semantica;
- restituzione dati per tipologia di utente: la piattaforma restituirà informazioni sui singoli dispositivi a diverso livello di dettaglio.

L'integrazione dei software BIM e CAFM ha comportato, da parte del modello, l'elaborazione di un'unica architettura software in grado di restituire i dati combinati e navigabili sull'edificio, con un diverso livello di dettaglio e interazione.

Si è quindi operata una analisi sui due lati (BIM e FM) per eseguire un "match" tra classificazione oggetti di progetto esecutivo e classificazione di "elementi manutentivi", facendo riferimento alla lunga storia di standardizzazione e studio del settore, facendo riferimento in particolare al suo modello COBie (*Constructions Operations Building Information Exchange*).

L'interoperabilità si può ottenere utilizzando uno schema aperto e gestito pubblicamente (dizionario) caratterizzato da un linguaggio standard. Un esempio comune di schema è quello concepito dal BSI (*Building SMART International*) e dal COBie (*Constructions Operations Building Information Exchange*) al fine di consentire la rappresentazione e lo scambio pubblico e aperto di dati, nel settore dell'ambiente costruito. COBie è un approccio standardizzato a schema aperto teso ad agevolare l'interoperabilità di informazioni essenziali nel processo BIM (Fig. 2).

The platform used by the Agents will record, in a rapid, structured and interactive manner the technical / energetic, cadastral, accounting, tax, maintenance and guarantee data, with the following specificities:

- Cloud integration of a "networked" 3D shared environment and the concept of "Internet of Houses" (IoC), which aims to make each building "a sender of itself", in a network with others, on the model of experiences like the tender phase from the Solar Decathlon;
- web consultation (via browser without specific plug-ins / software);
- navigable and three-dimensional visualization of the building: this level of detail will allow us to isolate information relating to consumption, costs, maintenance histories, scheduled maintenance, efficiency potential, etc. of the building, with

attached 3D Data Visualization displays;

- monitoring of people's access and behavior through geolocation features;
- semantic query system;
- data return by user type: the platform will return information on individual devices at different levels of detail.

The integration of the BIM and CAFM software has involved, from the model, the elaboration of a single software architecture able to return the combined and navigable data on the building, with a different level of detail and interaction.

An analysis was then carried out on the two sides (BIM and FM) to perform a "match" between the classification of objects of executive project and the classification of "maintenance elements", referring to the long history of

L'approccio è incentrato sull'inserimento dei dati nel momento in cui sono creati nelle fasi di progettazione, costruzione e messa in servizio della struttura. I dati acquisiti sono registrati in formato neutrale e possono essere scambiati tra i diversi attori in formato IFC (*Industry Foundation Classes*).

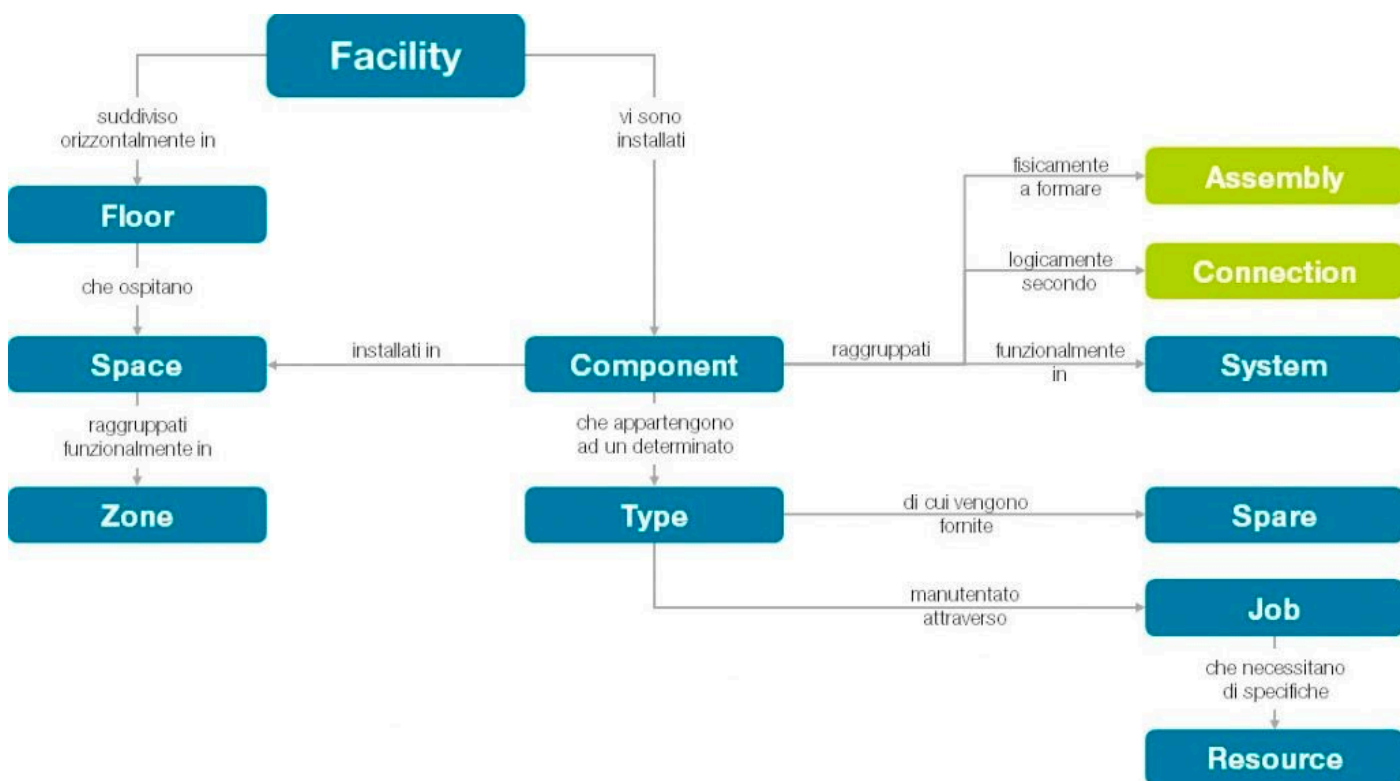
La struttura di base di Digital 3D risolve il limite dello standard COBie insito nell'ottica di lavoro in ambiente a oggetti (*Object Oriented Modeling*). In tale ottica la definizione delle unità minime e massime di componenti può non coincidere con la strutturazione del modello in fase manutentiva che, nel caso di strutture complesse, può necessitare di gruppi di oggetti.

Di seguito vengono elencate le principali informazioni visualizzabili tramite l'interfaccia della "Open Control Room":

- mappatura degli eventi manutentivi nel tempo, programmati o una tantum ex-post;
- possibilità di allegare documenti;

- lettura delle proprietà dirette dell'oggetto;
- specchiatura del set di dati principali su parametri locali, per permettere la generazione di filtri di visualizzazione;
- costruzione e scrittura di valori in parametri condivisi tra le due piattaforme BIM-FM;
- costruzione di "percorsi manutentivi";
- mappatura di sopralluoghi come memorizzazione di sequenze di stanze nel tempo, direttamente in *timeline*.

Oggetto chiave dell'interfaccia sviluppata è una *timeline*, di forma ed estensione personalizzabili, che permette di "mappare" nel tempo e spazialmente una serie di eventi che possono essere esterni o interni al sistema e che ne restituiscono sinteticamente la vita, pianificata o dinamicamente mappata. Muoversi nella *timeline* significa muoversi nell'edificio che diventa il riferimento spaziale di eventi. La grafica scelta vuole evidenziare il concetto di "edificio-database" dinamico, che permette ovviamente anche



Altre informazioni:



Legenda:



un uso delle informazioni “listato” di varia natura, per utenti più direttamente orientati a data visualizzazione di varia natura, testuale.

Alle funzioni di integrazione tra data base, il sistema aggiunge dunque quelle di interazione diretta online, oggi in gran parte preclusa da interfacce di *viewing*, a cui il progetto Digital 3D Control Room aggiunge la possibilità di generazione dinamica di elementi manutentivi, che appunto rompe per meglio dire diluisce nel tempo il momento di mappatura del rapporto BIM / FM, permettendo multiple assegnazioni e creazione di elementi manutentivi a partire dal modello (Figg. 3, 4). A tale funzionalità base, che mette al centro del sistema la figura dell'Agent, sono poi aggiunte funzioni di gestione e simulazione di sopralluoghi, rese visualizzabili in *timeline* sia come eventi singoli che in sequenza. In questo senso un lavoro di mappatura delle stanze nei piani (in ossequio allo standard COBie) permette di usarle come chiave per il posizionamento fisico di camere in visione 3D che inquadrino l'oggetto manutentivo identificato. Al click sulla parte interessata, il modello si “muove” per andarci mostrando, in aggiunta ai dati locali, le foto di dettaglio, memorizzate per tempo, della stanza/ambiente di riferimento. Il sistema, in questo senso, cerca di prendere atto dei due aspetti dell'attività manutentiva: la visione sintetica e sinergica dei dati, e il sopralluogo fisico, in sequenza, di “mappatura visiva” (Fig. 5). In questo senso, al giro manutentivo per stanze è associata la referenziazione foto nel tempo, che permette la lettura oltre che per chiave temporale (il giro effettuato) anche per chiave spaziale (tutte le foto di questa stanza nel tempo, ecc.). Tale ottica, è ovviamente estendibile anche a “visite” all'edificio di altro tipo, con interessanti ricadute di Gamification dell'esperienza utente.

standardization and study of the sector, referring in particular to the on the COBie model (Constructions Operations Building Information Exchange.) Interoperability can be achieved by using an open and publicly managed scheme (dictionary) characterized by a standard language. A common example of a scheme is that conceived by the BSI (Building SMART International) and by the COBie (Constructions Operations Building Information Exchange) in order to allow the representation and the public and open exchange of data, in the sector of the built environment. COBie is a standardized, open-schema approach aimed at facilitating the interoperability of essential information in the BIM process (Fig. 2).

The approach focuses on entering data when they are created during the design, construction and commissioning

phases of the structure. The acquired data is recorded in neutral format and can be exchanged between the various players in IFC format (Industry Foundation Classes).

The basic structure of Digital 3D solves the limitation of the COBie standard inherent in the object-oriented environment (Object Oriented Modeling). From this point of view, the definition of the minimum and maximum units of components may not coincide with the structuring of the model in the maintenance phase which, in the case of complex structures, may require groups of objects.

The main information that can be viewed through the “Open Control Room” interface is listed below:

- mapping of maintenance events over time, scheduled or one-time ex-post;
- possibility to attach documents;

I benefici connessi all'utilizzo di tecnologie digitali a supporto dell'Abitare intelligente (*Building Information Modelling, Cloud Computing e Facility Management tools*) permettono di ampliare la specificità, la quantità, il coordinamento e l'accessibilità dei dati, favorendo ragionamenti che possono essere utili al miglioramento e alla valorizzazione della sicurezza, funzionalità, sostenibilità economica e del comfort degli edifici, ottimizzando il lavoro di tutti gli attori della filiera.

Il modello organizzativo sviluppato incrementa, inoltre, i seguenti aspetti:

- possibilità di progettare edifici efficienti e a basso impatto ambientale/economico;
- possibilità di avere una gestione dinamica e consapevole dell'edificio esistente;
- sensibile riduzione dei consumi nella gestione degli edifici esistenti e non;
- efficienza nella gestione delle risorse energetiche ed economiche con interventi manutentivi mirati.

Conclusioni e sviluppi futuri

Un ulteriore integrazione con applicativi di tipo mobile può orientare il processo edilizio verso gestioni di tipo *Cloud Based* dove le informazioni di un progetto sono rese disponibili in qualunque momento e da indirizzandosi verso applicativi specifici per la *Field Management*. Con questo modo è possibile migliorare l'efficienza del processo attraverso idonei strumenti informatici che consentano di generare un flusso circolare che sostiene il controllo e la gestione (delle lavorazioni prima, delle attività e degli spazi poi) alimentando il database e riducendo ripetizioni, ridondanze e trascr-

- reading of the direct properties of the object;
- mirroring of the main data set on local parameters, to allow the generation of display filters;
- construction and writing of values in parameters shared between the two BIM-FM platforms;
- construction of “maintenance routes”;
- mapping of inspections as memorization of sequences of rooms over time, directly in the timeline.

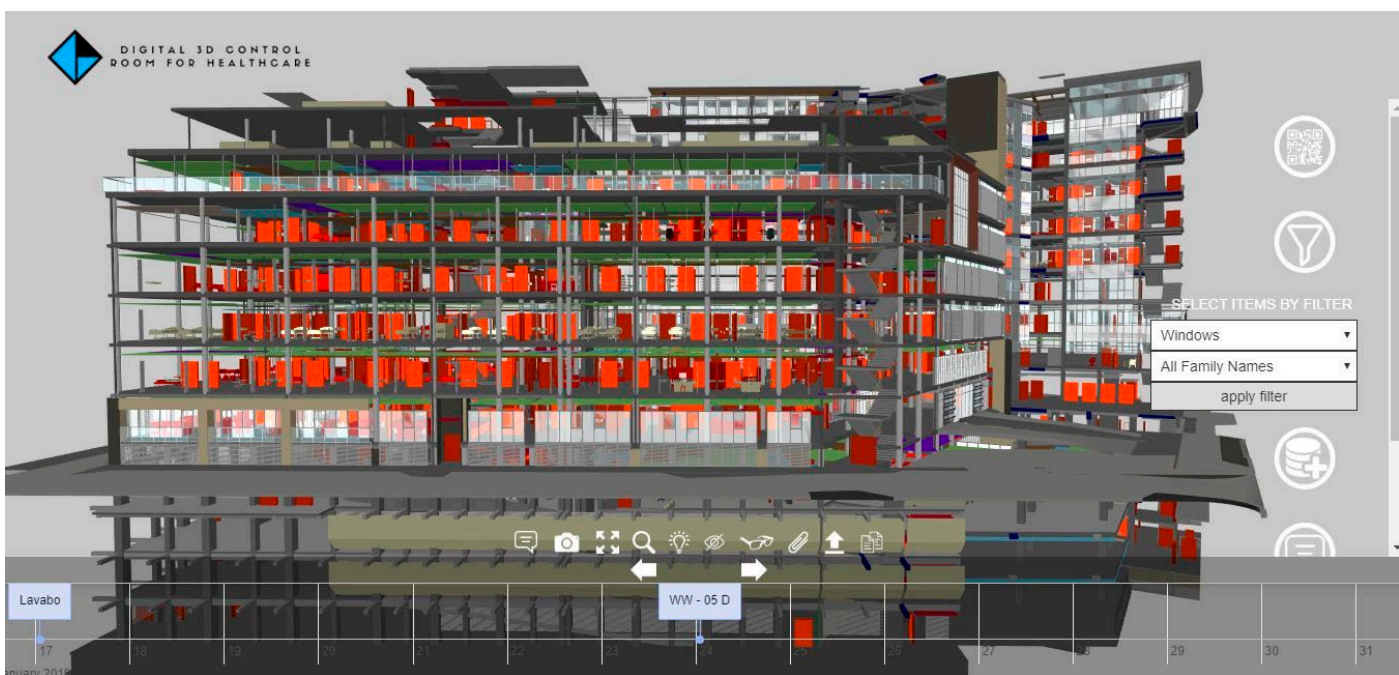
The key object of the developed interface is a “timeline”, with customizable form and extension, which allows to “map” over time and spatially a series of events that can be external or internal to the system and that synthetically return the planned life or dynamically mapped. Moving in the timeline means moving in the building that becomes the spatial reference of events.

The chosen graphic wants to highlight the concept of dynamic “building-database”, which obviously also allows the use of the “listed” information of various nature, for users more directly oriented to date display of various nature, textual.

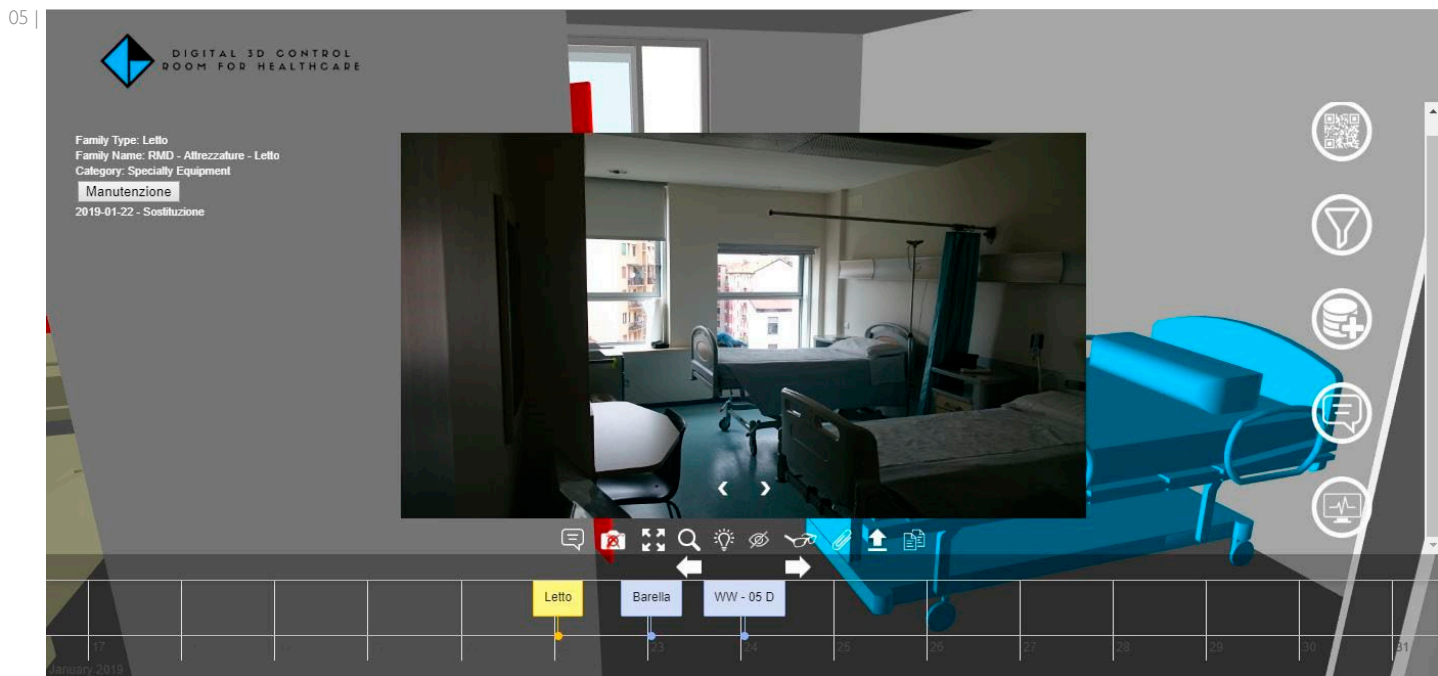
To the functions of integration between databases, the system therefore adds those of direct online interaction, today largely excluded from viewing interfaces, to which the Digital 3D Control Room project adds the possibility of dynamic generation of maintenance elements, which precisely breaks for better to say, it dilutes over time the mapping moment of the BIM / FM ratio, allowing multiple assignments and creation of maintenance elements starting from the model (Figg. 3, 4). To this basic functionality, which puts the figure of the Agent at the center of the system, functions of



|03



|04



zioni manuali da parte delle professionalità coinvolte. Il sistema software “aperto” è basato sulla integrazione dei dati di monitoraggio e offre la possibilità di restituire in tempo reale soluzioni per il miglioramento dell’edificio sotto diversi aspetti. Il progetto prevede diversi step di implementazione ed è continuamente espandibile, con una *timeline* che va dalle manutenzioni ordinarie e straordinarie degli impianti fino al monitorag-

management and simulation of on-site inspections are added, made visible in the timeline both as single events and in sequence. In this sense, a work of mapping the rooms in the floors (in accordance with the COBie standard) allows them to be used as a key for the physical positioning of rooms in 3D vision that frame the identified maintenance object. At the click on the interested part, the model “moves” to go there showing, in addition to the local data, the detailed photos, memorized by time, of the reference room / environment. The system, in this sense, tries to take note of the two aspects of the maintenance activity: the synthetic and synergic vision of the data, and the physical inspection, in sequence, of “visual mapping” (Fig. 5). In this sense, the referencing of photos over time is associated with the maintenance tour for rooms, which allows

reading as well as by time key (the tour performed) also by spatial key (all the photos of this room over time, etc.). This perspective is obviously also extendable to “visits” to the other building, with interesting repercussions of Gamification of the user experience. The benefits connected to the use of digital technologies to support intelligent Living (Building Information Modeling, Cloud Computing and Facility Management tools) allow to increase the specificity, quantity, coordination and accessibility of data, favoring reasoning that can be useful for the improvement and enhancement of safety, functionality, economic sustainability and comfort of buildings, optimizing the work of all the players in the supply chain. The developed organizational model also increases the following aspects:

- possibility to design efficient build-

gio dell’efficienza e del comfort (attuato con sensori fisici) e al monitoraggio con tecniche visuali e di *video computing*.

NOTE

¹ Sono esempi di impianti speciali a corrente debole i sistemi di sicurezza antintrusione e controllo degli accessi, i sistemi antincendio, le reti LAN, i sistemi di cablaggio strutturato, ecc.

- ings with low environmental / economic impact;
- possibility of having a dynamic and conscious management of the existing building;
- significant reduction in consumption in the management of existing and non-existing buildings;
- efficiency in the management of energy and economic resources with targeted maintenance interventions.

Conclusions and future developments

A further integration with mobile applications can orient the building process towards Cloud-Based management where the information of a project is made available at any time and addressing specific applications for Field Management. With this way it is possible to improve the efficiency of the process through

suitable IT tools that allow to generate a circular flow that supports the control and management (of the workings before, of the activities and spaces then) feeding the database and reducing repetitions, redundancies manual transcriptions by the professionals involved. The “open” software system is based on the integration of monitoring data and offers the possibility of returning building improvement solutions in real time in various ways. The project involves several implementation steps and is continuously expandable, with a timeline ranging from ordinary and extraordinary maintenance of the systems to monitoring efficiency and comfort (implemented with physical sensors) and monitoring with visual techniques and video computing.

² Sono partner del Progetto: Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Rimond S.r.l., Tecnosys Italia S.r.l. Gruppo di lavoro del Politecnico di Milano: Andrea Ciaramella, Ingrid Paoletti, Liala Baiardi, Giulio Barazzetta, Stefano Bellintani, Domenico Chizzoniti, Marzia Morena, Valentina Puglisi.

³ L'efficienza dei servizi sanitari, strettamente collegata alla disponibilità delle risorse, è in gran parte condizionata dal funzionamento delle attività di supporto e dalle condizioni dell'ambiente in cui si opera. L'esigenza di mantenere alto il livello competitivo mediante la concentrazione delle energie sull'attività "primaria", ha indotto molte aziende sanitarie a ridimensionare gli ambiti di controllo diretto affidando a soggetti terzi specializzati l'esecuzione dei servizi a supporto dell'attività principale.

⁴ Ulteriori informazioni reperibili su <http://www.gruppocontec.it/ricerca-per-la-progettazione-bis-lab/>.

REFERENCES

Tronconi, O. and Ciaramella, A. (2014), *Facility Management*, Franco Angeli, Sant'Arcangelo di Romagna (RN).

Motawa, I. and Almarshad, A. (2013), "A knowledge-based BIM system for building maintenance", *Automation in Construction*, Vol. 29, pp. 173-182.

Nummelin, J., Sulankivi, K., Kiviniemi, M. and Koppinen, T. (2011), "Managing Building Information and client requirements in construction supply chain - Contractor's view", *Proceeding, CIB W078-W102 Joint Conference, International Council for Building/International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)*, Delft, Netherlands.

McArthur, J.J. and Bortoluzzi, B. (2018), "Lean-Agile FM-BIM: a demonstrated approach", *Facilities*, Vol. 36, Issue 13/14, pp. 676-695.

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N. and Calis, G. (2012), "Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 138, Issue 3, pp. 431-442.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011), *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, Wiley, Hoboken, (NJ).

Teicholz, P. (2013), *BIM for facility managers*, Wiley, Hoboken (NJ).

Utica, G. (2010), *Tecniche avanzate di gestione dei progetti*, McGraw-Hill, Città di Castello.

Richards, M. (2010), *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra.

NBS (2012), "National BIM report 2012", NBS, Newcastle, available at: www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/NBS-NationalBIMReport12.pdf (accessed 21 february 2019).

NOTES

¹ Examples of low-current special systems include anti-intrusion and access control security systems, fire protection systems, LAN networks, structured cabling systems, etc.

² Are partner in the Project: Politecnico di Milano, Department ABC, Rimond S.r.l., Tecnosys Italia S.r.l. Politecnico di Milano work group: Andrea Ciaramella, Ingrid Paoletti, Liala Baiardi, Giulio Barazzetta, Stefano Bellintani, Domenico Chizzoniti, Marzia Morena, Valentina Puglisi.

³ The efficiency of health services, closely linked to the availability of resources, is largely conditioned by the functioning of support activities and the conditions of the environment in which one operates. The need to keep the competitive level high through the concentration of energies on the "primary" activity, has led many health-

care companies to downsize the areas of direct control by entrusting specialized third parties with the execution of services in support of the main activity.

⁴ Further information available on <http://www.gruppocontec.it/ricerca-per-la-progettazione-bis-lab/>.