

**Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Il BIM applicato agli impianti elettrici: IoT e Digital Twin

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:  
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE FOR ENERGY AND INDUSTRY

Responsabile scientifico: Luigi Martirano

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Wroclaw University of Science and Technology, Wyb. Wyspiaskiego 27, Wroclaw, Poland 50370, prof. Zbigniew Leonowicz Head of the Chair of Electrical Engineering Fundamentals

Azienda: Alma srl Via Sant'Eustachio 2/Z 83048 Montella (AV) PIVA 02427680646

Progetto di ricerca:

Il Building Information Modeling (BIM) è un approccio orientato agli oggetti per la modellazione digitale di edifici e infrastrutture, un sistema centralizzato per la condivisione delle informazioni tecniche tra tutti gli Stakeholder durante l'intero ciclo di vita della struttura. Il NIBS (National Institutes of Building Science) lo definisce come la "rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto".

Il BIM è un processo di digitalizzazione di un'opera che adopera un modello informativo digitale contenente tutte le informazioni connesse all'intero ciclo di vita:

- programmazione,
- progettazione,
- esercizio,
- manutenzione,
- dismissione.

È caratterizzato da un processo di collaborazione tra diversi stakeholder nelle differenti fasi del ciclo di vita di un edificio, al fine di aggiungere, esportare, aggiornare o modificare le informazioni di un modello BIM.

Così, il progettista architettonico definisce le forme, le geometrie del modello 3D, il progettista strutturale definisce le componenti strutturali, il progettista d'impianti definisce il sistema di distribuzione, ecc.

Il BIM, quindi, rappresenta un moderno processo di gestione del progetto edilizio che permette di realizzare un modello virtuale dell'edificio (Digital Twin), o modello dinamico, che replica fedelmente il manufatto fisico esistente, comprensivo di una serie di informazioni, per il controllo dell'intero processo di realizzazione dell'opera, dal concept alla manutenzione.

Tra le potenzialità che possono nascere dall'utilizzo del Digital Twin nel mondo delle costruzioni vi sono:

- organizzazione degli interventi di manutenzione più accurata;
- individuazione e prevenzione di eventuali danni derivanti da cattiva gestione e non corretta progettazione;
- controllo dei consumi;
- verifica dell'efficienza dei vari sistemi (impiantistico, termico, strutturale, ecc.).

Inoltre, oltre a gestire un singolo edificio e a supportare gli asset manager nell'esercizio e nella manutenzione degli edifici, questo sistema può essere applicato anche a un insieme di edifici, in modo da poter controllare e gestire al meglio anche diversi altri aspetti (controllo delle emissioni, gestione del traffico, ecc.).

Nel mondo delle costruzioni le funzioni specifiche di ogni disciplina (architettura, struttura, impianti, ecc.) sono gestite

da software differenti. Ogni professionista coinvolto nel progetto BIM realizzerà quella parte specifica del progetto con il proprio software di BIM Authoring.

Pertanto, i software di BIM authoring possono essere definiti come applicazioni in grado di definire le caratteristiche e le proprietà per uno specifico aspetto progettuale nel modello virtuale 3D e secondo il loro scopo (architettura, strutturale, ingegneria dei sistemi di installazione, progettazione infrastrutturale).

Grazie all'integrazione del BIM con l'impiantistica (MEP – Mechanical, Electrical, Plumbing), è possibile arricchire il modello 3D con tutti gli elementi impiantistici: canalizzazioni, scatole di derivazione, quadri elettrici, sensori, ecc. In questo modo diventa facile avere il controllo sull'intero progetto di installazione degli impianti e vedere se ci sono possibili conflitti con il progetto architettonico o con gli elementi strutturali.

Gli strumenti BIM esistenti implementano il calcolo elettrico conforme agli standard internazionali: dimensionamento di cavi, protezioni, trasformatori, UPS, VFD, calcolo della caduta di tensione, ecc. Di conseguenza, il modello 3D dell'impianto elettrico è un Digital Twin dell'impianto reale.

La digitalizzazione costituisce uno degli elementi essenziali per il compimento efficace del processo di transizione energetica verso modelli di strutture più efficienti e più performanti. Il progetto consiste nell'integrazione delle tecnologie digitali dei sistemi elettrici e delle microgrid di edificio con l'approccio di modellazione, progettazione e gestione delle infrastrutture tramite il BIM.

La componente tecnologica del BIM aiuta gli stakeholder del progetto a visualizzare ciò che deve essere costruito in un ambiente simulato per identificare eventuali problematiche progettuali, costruttive o operative attraverso il contributo e l'interoperabilità di tutte le figure coinvolte nel progetto.

Ciò esige un formato standard e aperto (obiettivo del formato IFC - Industry Foundation Classes), che consenta l'interoperabilità e l'interscambio dei dati in modo sicuro, senza errori e/o perdita di informazioni.

Il BIM prevede infatti la massima libertà di condivisione dei dati del modello progettato; questo permette di poter lavorare in un sistema che sia realmente aperto.

Infatti, l'IFC è un formato aperto, eletto a standard internazionale, necessario allo scambio di modelli e contenuti informativi internamente ad un gruppo di progetto e tra diversi software, durante lo sviluppo delle fasi di progettazione, costruzione, gestione e manutenzione. L'IFC non è solo un formato di scambio, ma uno schema, cioè una struttura di dati che può essere pensato come un "sistema di archiviazione" per organizzare e trasportare dati digitali.

Nello specifico, l'IFC è uno schema dati che assegna un nome e delle relazioni fra gli oggetti che serviranno, oltre ad ottimizzare lo stesso sistema d'archiviazione, a rendere gli oggetti leggibili scambievolmente da diversi software.

Lo scambio dei dati tra diversi applicativi nella creazione di un modello BIM è l'obiettivo fondamentale dell'Open BIM, "approccio universale alla collaborazione per la progettazione e la costruzione degli edifici basati su standard e flussi di lavoro aperti".

Requisito essenziale per l'Open BIM è l'uso di formati di dati aperti e neutrali e il formato IFC costituisce la soluzione più pratica per l'Open BIM. In questo modo si pongono le basi per un trasferimento di dati senza perdita di informazioni e per un'interazione maggiore e senza errori tra diversi applicativi e tra i diversi professionisti che collaborano al progetto.

L'ambiente costruito offre opportunità significative per l'implementazione dell'IoT (Internet of Things). L'IoT rappresenta una tecnologia che permette di connettere oggetti tramite la rete, consentendo lo scambio di dati utili al monitoraggio di uno specifico sistema. In breve, è un sistema che collega il mondo reale al mondo virtuale, permettendo agli oggetti di comunicare tra loro e con gli umani.

Implementando la supervisione e il telecontrollo dei dispositivi IoT all'interno del Digital Twin dell'opera, questo diventa un sistema dinamico che reagisce in tempo reale agli eventi generati dai dispositivi IoT. Tutti i dati registrati dai sensori vengono trasmessi in tempo reale e resi visibili sul file in formato IFC del modello BIM. Il modello BIM cambia le caratteristiche in funzione dei dati che ciascun sensore trasmette.

La sensoristica, una delle chiavi di volta dell'Internet of Things, rappresenta anche la tecnologia più semplice e meno costosa in esso coinvolta, ma il cui impatto è tale da rivoluzionare il processo edilizio sin dalle prime fasi della progettazione. Si pensi ad esempio alle sue interazioni con la modellazione tridimensionale in ambiente Cloud

computing, ambito in cui i sensori sono in grado di stabilire una connessione costante e in tempo reale fra l'ambiente fisico e il suo modello digitale, aprendo nuove possibilità nel campo della gestione del progetto.

Con la crescente popolarità delle piattaforme BIM, c'è l'opportunità di sfruttare la tecnologia IoT per costruire piattaforme aperte che si sincronizzano con diverse fonti di informazioni come sensori wireless e sistemi di automazione degli edifici.

I dati BIM possono essere integrati con i sensori IoT (illuminazione, prossimità, consumi elettrici, condizioni ambientali, ecc.), così da rendere disponibili dati sulle prestazioni, sull'ambiente e sulla localizzazione dei lavoratori in un ambiente di lavoro indoor e quindi per fornire feedback in tempo reale sulle condizioni operative degli edifici, variabili secondo logiche energetiche e di comfort.

I sensori IoT creano dei segnali che consentono al digital twin di catturare i dati operativi e ambientali relativi al processo fisico nel mondo reale.

I dati dei sensori vengono continuamente comunicati e aggregati dal Digital Twin che analizza continuamente i flussi di dati in entrata.

L'obiettivo del Digital Twin è quello di identificare deviazioni intollerabili dei valori ottimali.

In breve, possiamo dire che l'IoT è un insieme di strumenti che ci permettono di rilevare e trasmettere dati, mentre il Digital Twin è il risultato dell'elaborazione di tali informazioni.

Ad esempio, per monitorare l'efficienza energetica di un edificio, controllando la trasmissione di calore degli involucri esterni, si utilizzeranno dei sensori connessi alla rete (IoT), che raccoglieranno i dati e li invieranno ad un computer centrale, che permetterà di elaborarli ed associarli ad un modello digitale (Digital Twin) in grado di verificare e programmare eventuali interventi di manutenzione.

I possibili sviluppi originati da un utilizzo combinato di modelli Bim e sensori IoT sono in continua evoluzione.

L'esperienza immersiva, che propongono le tecnologie di Realtà Virtuale e Aumentata, consente, per esempio, di ispezionare un impianto e verificarne le eventuali difformità, trasmettere istruzioni visuali all'operatore impegnato nei controlli e individuare le possibili situazioni di rischio.

Mediante l'integrazione tra BIM e IoT è possibile condividere in remoto tali esperienze vissute in tempo reale, con un superiore grado di efficienza e precisione, maggiore sicurezza e costi inferiori.

Grazie alle applicazioni VR il mondo reale è sostituito da un ambiente 3D simulato, percepito direttamente dal soggetto con una modalità immersiva estremamente realistica.

Il modello che si vuole studiare consente una integrazione tra ambiente fisico e ambiente virtuale (digital twin) per applicare processi di ottimizzazione energetica e di diagnostica manutentiva anche attraverso processi applicati di intelligenza artificiale.

Obiettivo è realizzare un modello in scala di un ambiente integrato con digital twin.

Titolo del progetto (inglese): BIM applied to electrical systems: IoT and Digital Twin

Progetto di ricerca (inglese):

Digitization is one of the essential elements for the successful completion of the energy transition process to more efficient and higher performing facility models. The project consists of the integration of digital technologies of electrical systems and building microgrids with the approach of modeling, design and management of infrastructure through BIM.

Building Information Modeling (BIM) is an object-oriented approach for the digital modeling of buildings and infrastructures, a centralized system for sharing technical information among all stakeholders throughout the entire life cycle of the structure. The NIBS (National Institutes of Building Science) defines BIM as the "digital representation of the physical and functional characteristics of an object".

BIM is a process of digitizing a work that uses a digital information model containing all the information related to the entire life cycle:

-concept,

- design,
- exercise,
- maintenance,
- disposal.

BIM is characterized by a process of collaboration between different stakeholders in the different phases of the life cycle of a building, to add, export, update or modify the information of a BIM model.

So, the architectural designer defines the shapes and geometries of the 3D model, the structural designer defines the structural components, the mechanical and electrical engineer defines the distribution system, etc.

BIM, therefore, represents a modern building project management process that allows the creation of a virtual model of the building (Digital Twin), or dynamic model, which faithfully replicates the existing physical building, including a series of information, for the control of the entire process of carrying out the work, from concept to maintenance.

Among the potential that can arise from the use of the Digital Twin in the construction world are:

- more accurate organization of maintenance interventions;
- identification and prevention of any damage deriving from bad management and incorrect design;
- consumption control;
- verification of the efficiency of the various systems (plant engineering, thermal, structural, etc.).

Furthermore, in addition to managing a single building and supporting asset managers in the operation and maintenance of buildings, this system can also be applied to a set of buildings, so that various other aspects can also be controlled and managed in the others possible ways (control of emissions, traffic management, etc.).

In the construction world, the specific functions of each discipline (architecture, structure, systems, etc.) are managed by different software. Each professional involved in the BIM project will carry out that specific part of the project with their own BIM Authoring software.

Therefore, BIM authoring software can be defined as applications capable of defining the characteristics and properties for a specific design aspect in the 3D virtual model and according to their purpose (architecture, structural, installation systems engineering, infrastructure design).

Thanks to the integration of BIM with MEP engineering (MEP - Mechanical, Electrical, Plumbing), it is possible to add the 3D model with all the MEP elements: ducts, junction boxes, electrical panels, sensors, etc.

In this way it becomes easy to have control over the entire installation project of the systems and see if there are possible conflicts with the architectural project or with the structural elements.

Existing BIM tools implement electrical calculation compliant with international standards: sizing of cables, protections, transformers, UPS, VFD, calculation of voltage drop, etc. Consequently, the 3D model of the electrical system is a Digital Twin of the actual system.

The technological component of BIM helps project stakeholders to visualize what needs to be built in a simulated environment to identify any design, construction or operational problems through the contribution and interoperability of all the figures involved in the project.

This requires a standard and open format (target of the IFC format - Industry Foundation Classes), which allows interoperability and data interchange in a secure way, without errors and / or loss of information.

In fact, BIM provides maximum freedom to share the data of the designed model; this allows you to work in a system that is truly open.

The IFC is an open format, elected to international standard, necessary for the exchange of models and information content within a project group and between different software, during the development of the design, construction, management, and maintenance phases. The IFC is not just an exchange format, but a scheme, that is, a data structure that can be thought of as an "archiving system" for organizing and transporting digital data.

Specifically, the IFC is a data schema that assigns a name and relationships between the objects that will serve, in addition to optimizing the storage system itself, to make the objects readable by different software.

The exchange of data between different applications in the creation of a BIM model is the fundamental objective of Open BIM, defined "a universal approach to collaboration for the design and construction of buildings based on open standards and workflows".

An essential requirement for Open BIM is the use of open and neutral data formats and the IFC format is the most practical solution for Open BIM. This lays the foundations for data transfer without loss of information and for greater and error-free interaction between different applications and between the different professionals who collaborate on the project.

The built environment offers significant opportunities for the implementation of the IoT (Internet of Things). The IoT is a technology that allows you to connect objects through the network, allowing the exchange of data useful for monitoring a specific system. It is a system that connects the real world to the virtual world, allowing objects to communicate with each other and with humans.

By implementing the supervision and remote control of IoT devices within the Digital Twin of the work, this becomes a dynamic system that reacts in real time to the events generated by IoT devices. All the data recorded by the sensors are transmitted in real time and made visible on the IFC format file of the BIM model. The BIM model changes the characteristics according to the data that each sensor transmits.

Sensors, one of the keystones of the Internet of Things, also represent the simplest and least expensive technology involved in it, but whose impact is such as to revolutionize the construction process from the earliest stages of design. Consider, for example, its interactions with three-dimensional modeling in the Cloud computing environment, an area in which sensors can establish a constant and real-time connection between the physical environment and its digital model, opening new possibilities in the field of project management.

With the growing popularity of BIM platforms, there is an opportunity to take advantage of IoT technology to build open platforms that synchronize with different sources of information such as wireless sensors and building automation systems.

BIM data can be integrated with IoT sensors (lighting, proximity, electricity consumption, environmental conditions, etc.), to make data available on the performance, on the environment and on the location of workers in an indoor work environment and therefore for provide real-time feedback on the operating conditions of buildings, variable according to energy and comfort logics.

IoT sensors create signals that allow the digital twin to capture operational and environmental data related to the physical process in the real world.

The sensor data is continuously communicated and aggregated by the Digital Twin which continuously analyses the incoming data streams.

The goal of the Digital Twin is to identify intolerable deviations of the optimal values.

In short, we can say that the IoT is a set of tools that allow us to detect and transmit data, while the Digital Twin is the result of processing this information.

For example, to monitor the energy efficiency of a building, controlling the heat transmission of the external casings, sensors connected to the network (IoT) will be used, which will collect the data and send them to a central computer, which will allow them to be processed and associate them with a digital model (Digital Twin) capable of verifying and scheduling any maintenance interventions.

The possible developments originating from a combined use of BIM models and IoT sensors are constantly evolving. The immersive experience, offered by Virtual and Augmented Reality technologies, allows, for example, to inspect a system and check for any discrepancies, transmit visual instructions to the operator involved in the controls and identify possible risk situations.

Through the integration between BIM and IoT, it is possible to remotely share these lived experiences in real time, with a higher degree of efficiency and precision, greater security, and lower costs.

Thanks to VR applications, the real world is replaced by a simulated 3D environment, perceived directly with an extremely realistic immersive mode.

The model that we want to study allows an integration between physical environment and virtual environment (digital twin) to apply processes of energy optimization and maintenance diagnostics also through applied processes of artificial intelligence.

Objective is to realize a scale model of an integrated environment with digital twin.