

Tecnologie immersive e *prompting* AI: il futuro della rappresentazione visiva e verbale

Matteo Del Giudice
Angelo Juliano Donato

Abstract

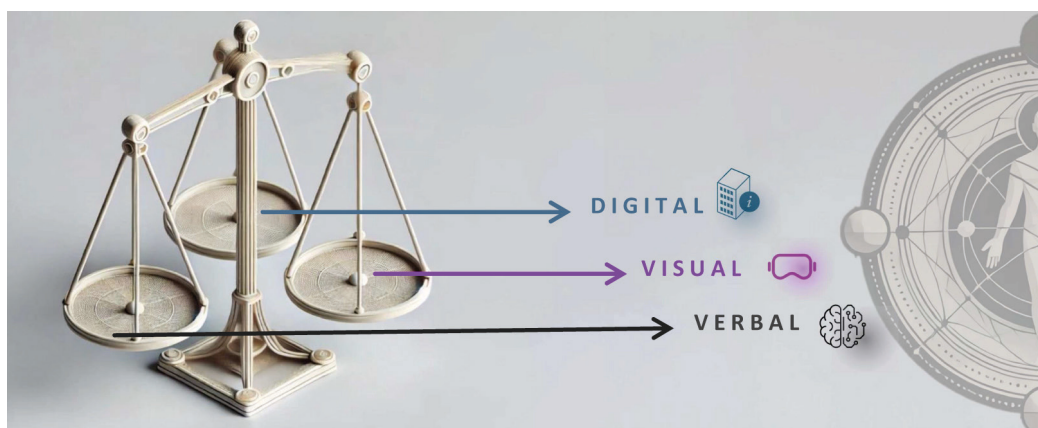
Il contributo esplora il concetto di *èkphrasis* come pratica contemporanea di descrizione generativa, applicata allo spazio digitale della rappresentazione. Attraverso l'intersezione tra Disegno e Intelligenza Artificiale (AI), la ricerca analizza come il *prompting* e le metodologie computazionali traducano descrizioni testuali in rappresentazioni visive complesse, offrendo nuove prospettive teoriche e applicative.

L'approccio proposto integra gemelli digitali, AI e tecnologie immersive di Realtà Virtuale (VR) e Aumentata (AR) per ottimizzare l'efficienza energetica e la gestione delle risorse. Tre fasi principali guidano il processo: il modello BIM, utilizzato come strumento di comunicazione e gestione dei dati; l'elaborazione verbale dei dati tramite AI per migliorare l'accessibilità delle informazioni; la visualizzazione immersiva, che sfrutta VR e AR per arricchire l'interazione con i dati. L'impiego di assistenti virtuali e interfacce basate sul linguaggio naturale rappresenta una sfida innovativa per rendere il BIM più accessibile anche agli utenti non esperti.

Questa sintesi multidisciplinare dimostra come l'*èkphrasis* digitale, nella sua accezione contemporanea, possa generare nuove conoscenze e applicazioni attraverso la convergenza di linguaggi verbali, visivi e computazionali.

Parole chiave

Digital Twin, BIM, Realtà Estesa, AI, Interoperabilità.



L'uomo e i domini:
Verbale, Digitale e Visivo
(elaborazione degli autori).

“Non dobbiamo chiedere se le macchine possono pensare, ma se possono fare ciò che possiamo fare noi”.
Alan Turing 1950, p. 433

Introduzione

La descrizione e la rappresentazione dell'ambiente costruito hanno da sempre occupato un ruolo centrale nell'interesse umano, favorendo lo sviluppo di metodologie grafiche finalizzate alla comprensione e alla prefigurazione dello spazio antropizzato. Negli ultimi anni, la digitalizzazione del settore delle costruzioni ha introdotto nuove forme di indagine, documentazione e comprensione, aprendo la strada a pratiche innovative basate su modelli tridimensionali informativi.

La metodologia *Building Information Modeling* (BIM) riveste un ruolo chiave in questo contesto, permettendo di integrare dati multidisciplinari lungo l'intero ciclo di vita degli edifici. L'adozione del BIM nell'industria delle costruzioni si sta diffondendo anche grazie all'introduzione di regolamenti nazionali e internazionali che stanno portando a una comprensione sempre più profonda del concetto e dei flussi metodologici strettamente correlati al concetto di condivisione del dato attraverso l'interoperabilità [Giordano 2022, p. 16; Volk et al. 2014].

Nasce quindi la necessità di sviluppare una replica digitale informativa della realtà che impone una metodologia basata sulla definizione dei requisiti grafici e informativi in grado di arricchire i componenti del modello. Sebbene sia evidente il potenziale introdotto dal BIM, la sua applicazione è considerata complessa a causa dell'aggregazione di grandi quantità di dati nell'intero ciclo di vita dell'edificio, rendendo difficile il recupero efficiente delle informazioni [Hu, Zhang 2013], soprattutto per molti utenti non esperti di tecnologia del settore. Le attuali strategie di ricerca delle informazioni (IR) richiedono agli utenti una conoscenza approfondita della tecnologia BIM [Lin et al. 2016]. L'adozione di questa metodologia deve prevedere un'interfaccia grafica che possa superare le barriere digitali a beneficio di una fruibilità delle informazioni da parte degli utenti finali. La visualizzazione interpretativa e informativa introdotta con il BIM può essere intesa come un processo di *èkphrasis* (disvelamento), finalizzato a rendere accessibili e comprensibili dati complessi tramite rappresentazioni grafiche trasparenti, analoghe a una *white box*. L'uso di modelli digitali e linguaggi interoperabili consente all'utente di individuare, estrarre e comunicare informazioni non immediatamente evidenti, costruendo una narrazione visiva innovativa..

Tuttavia, l'aumento della complessità e della quantità di informazioni generate dal BIM può creare difficoltà per gli utenti, in particolare nel reperire dati specifici e nell'interagire con modelli complessi. Queste problematiche risultano particolarmente evidenti per utenti non esperti o in contesti dove l'accessibilità alle informazioni è limitata [Durdyev 2022, p. 9]. Questa attività, se supportata da strumenti adeguati, come approcci basati sull'elaborazione del linguaggio naturale, può migliorare l'accessibilità e la comprensione dei dati, potenziando la gestione e la manutenzione del patrimonio costruito. L'adozione di pratiche digitali e interoperabili permette inoltre di sviluppare modalità innovative di rappresentazione grafica, migliorando l'efficacia dei processi informativi e favorendo una comprensione critica dei modelli. In questo ambito, gli assistenti virtuali sono stati proposti come una potenziale soluzione alle sfide del BIM IR, offrendo interfacce in linguaggio naturale (NL) [Zheng et al. 2023, p. 2].

L'emergere di *Large Language Models* (LLMs) offre nuove opportunità per migliorare i (IR). Gli LLMs, pre-addestrati su un vasto *corpus* di testi, hanno dimostrato impressionanti capacità di apprendimento contestuale nei compiti di elaborazione del linguaggio naturale (NLP) attraverso l'uso di *prompt* testuali [Liu 2023]. Tra le serie più promettenti di LLMs, i modelli *Generative Pre-trained Transformer* (GPT) hanno mostrato prestazioni all'avanguardia nella classificazione dei testi, nell'estrazione delle informazioni e nella sintesi testuale [Brown et al. 2020]. Nel contesto dell'accessibilità informativa nei modelli BIM, l'introduzione del NLP abilitata da modelli di AI rappresenta un cambio di paradigma. Tuttavia, l'efficacia di queste soluzioni è fortemente influenzata dalla struttura informativa su cui operano. Il modello BIM sviluppato in ambiente *Autodesk Revit*, ad esempio, viene spesso convertito in formato *Industry Foundation Classes* (IFC), uno standard *open* e interoperabile che consente di esportare l'edificio

come base dati leggibile da altri sistemi. Tuttavia, la struttura non lineare dei dati IFC può rappresentare un ostacolo per la lettura semantica automatica, come evidenziato anche nel lavoro di Vaccarini [Vaccarini et al. 2024, p. 10], dove l'adozione di una struttura dati a grafo è stata proposta per superare le rigidità dello schema IFC nella gestione informativa. Tali criticità risultano centrali nel momento in cui si attivano modalità di interrogazione basate su *prompt* testuali, poiché l'efficacia delle risposte generate dai (LLMs) dipende in larga parte dalla coerenza e dalla leggibilità strutturale dei dati in ingresso. Sebbene l'approccio basato sui *prompt* sia attualmente utilizzato per lo sviluppo di prototipi di *chatbot* in molti settori, il potenziale di interazione BIM-GPT è ancora poco esplorato nel contesto della ricerca di informazioni BIM nell'industria delle costruzioni [Zheng et al. 2023].

L'articolo si propone di esplorare come l'*èkphrasis* possa essere strutturata in un approccio procedurale umano-centrico (5.0), mirato a potenziare il linguaggio grafico attraverso tecnologie innovative di tipo immersivo (VAR) e l'utilizzo del linguaggio verbale (*prompting*) mediante le più avanzate piattaforme generative di Intelligenza Artificiale (GPT).

Il contributo propone un approccio critico al processo interpretativo, focalizzandosi sulla gestione di un fabbricato industriale con particolare attenzione agli aspetti dell'efficientamento energetico e del *Facility Management* (FM). Attraverso lo sviluppo di un gemello digitale del fabbricato, le strategie di ricerca dell'informazione sono analizzate per aprire nuovi orizzonti di ricerca nel settore della rappresentazione attraverso l'interazione tra BIM-VAR e BIM-AI per la scoperta e l'interpretazione di dati complessi mediante l'esperienza d'uso di assistenti virtuali.

Metodologia

Il processo di mediazione tra visivo e verbale dell'*èkphrasis* può essere assimilato a quello di un *Digital Twin*, volto a generare una replica virtuale della realtà. Attraverso la raccolta e l'elaborazione dei dati, si genera una rappresentazione digitale del manufatto, arricchita da informazioni grafiche e alfanumeriche. Il modello informativo BIM-based integra le caratteristiche e i componenti del manufatto, trasformando i dati di ingresso in una simulazione digitale finalizzata a uno scopo preciso. La fase conoscitiva di rilievo del manufatto innesca un processo di interpretazione critica dei dati che confluisce nella creazione di un modello informativo capace di organizzare le caratteristiche dei componenti nella banca dati BIM.

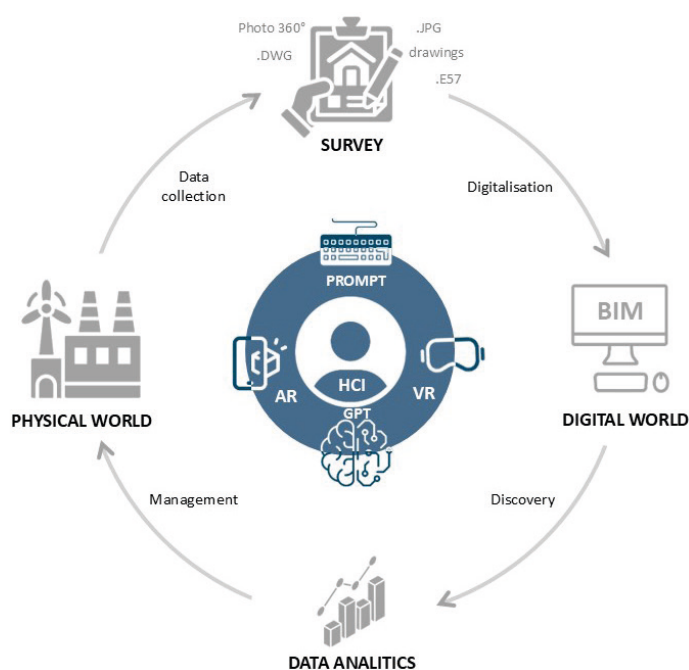


Fig. 1. Diagramma Human-Computer Interaction e Digital Twin (elaborazione degli autori).

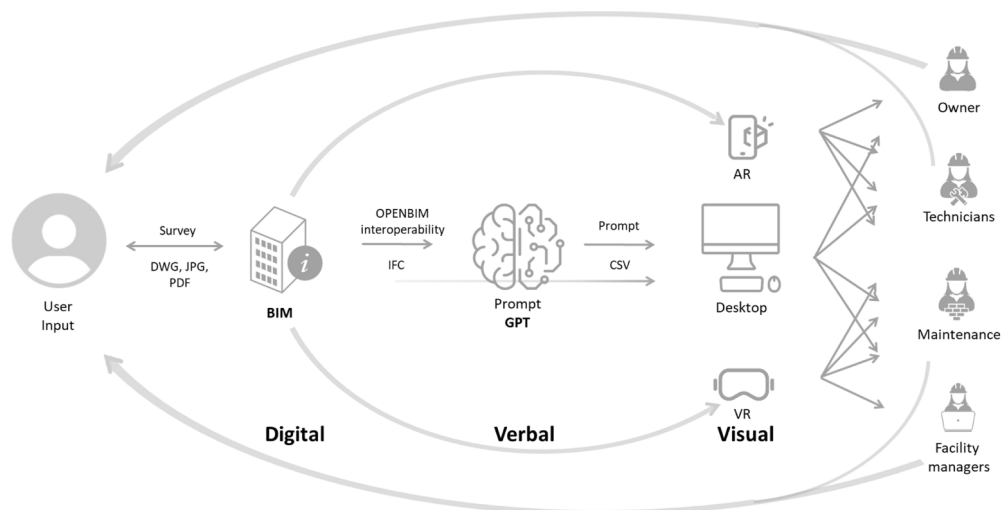


Fig. 2. Relazione del flusso di lavoro tra il dominio digitale, verbale, e visivo (elaborazione degli autori).

Il processo di digitalizzazione prefigura quindi un gemello digitale di partenza per l'esecuzione di simulazioni e analisi finalizzate a ottimizzare il comportamento del sistema originale. Il processo culmina nella scoperta di nuovi dati generati dal mondo digitale, che arricchiscono la comprensione del sistema e offrono una visione approfondita delle sue caratteristiche. Questi dati, elaborati e presentati attraverso interfacce di *business intelligence*, consentono agli utenti di visualizzare e analizzare informazioni chiave, trasformandole in strumenti decisionali concreti. Grazie a *dashboard* interattive e rappresentazioni visive avanzate, gli utenti possono monitorare le prestazioni, individuare inefficienze e testare scenari di ottimizzazione. La combinazione di dati analitici e strumenti visivi trasforma il gemello digitale in una piattaforma integrata che guida le decisioni, riducendo l'incertezza e migliorando l'efficacia degli interventi sul sistema fisico.

L'immagine 1 (fig. 1) illustra come le diverse fasi di sviluppo del gemello digitale siano caratterizzate da una continua interazione Uomo-Macchina (HCI), fondamentale per rafforzare la rappresentazione grafica attraverso l'utilizzo di tecnologie innovative. In questo contesto, la Realtà Virtuale (VR) funge da ponte tra l'utente e il mondo digitale, mentre la Realtà Aumentata (AR) integra il mondo fisico con elementi virtuali. Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale (IA) analizza i nuovi dati generati dal mondo digitale, offrendo un supporto decisionale avanzato, come mostrato nell'immagine (fig. 2).

La metodologia proposta è stata indagata attraverso tre approcci operativi che hanno

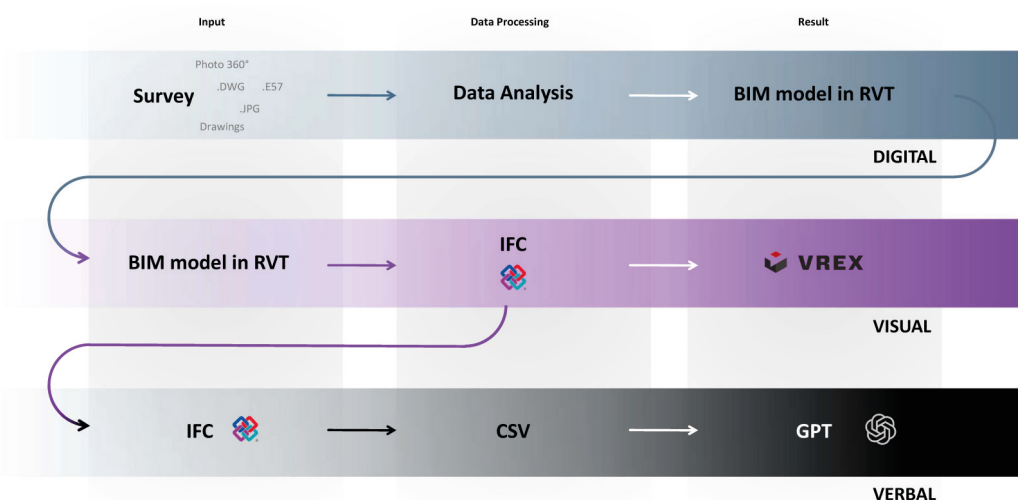


Fig. 3. Processo: Digitale, Visuale e Verbale. Sequenza operativa delle tre fasi della metodologia (elaborazione degli autori).

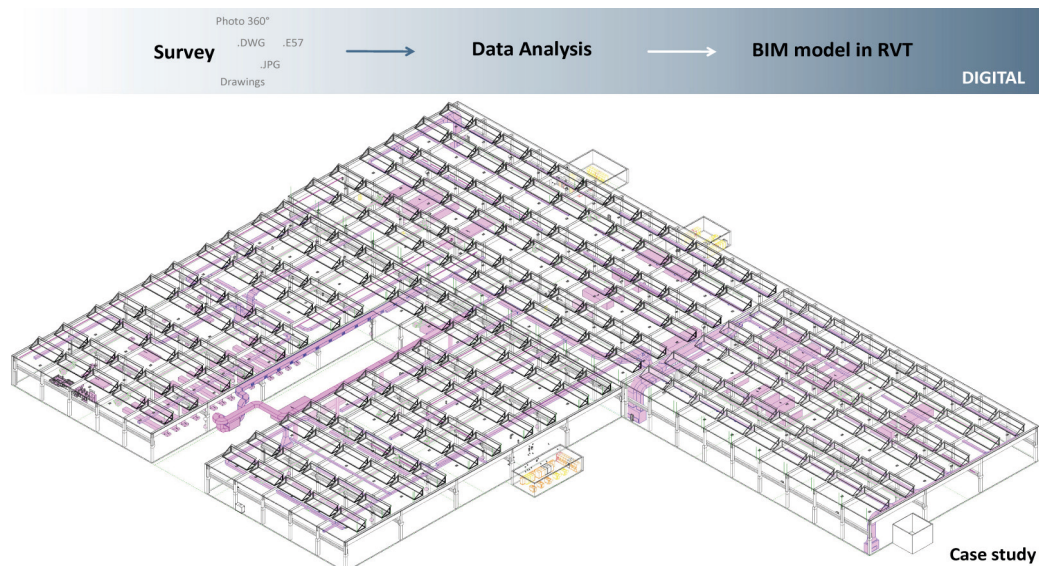


Fig. 4. Approccio Digitale: vista assonometrica del caso studio (elaborazione degli autori).

consentito di verificare come l'integrazione tra ambiente informativo, visualizzazione immersiva e interrogazione verbale possa concretamente potenziare la rappresentazione tecnica del costruito. L'immagine 3 (fig. 3) mostra l'articolazione del processo in tre approcci sequenziali:

- approccio digitale (*BIM-based*): lo sviluppo del modello informativo. Il modello BIM è la matrice delle informazioni che garantisce una gestione strutturata dei dati ottenuta a partire dalla fase di rilievo che servirà per i passi successivi. L'esito di questo primo approccio è una prima interfaccia grafica potenziata dalle informazioni contenute negli oggetti BIM. I dati in esso contenuti devono poi essere condivisi tra le parti interessate per migliorare la comunicazione e il coordinamento delle attività del processo edilizio. L'elaborazione del modello è stata sviluppata nella piattaforma di *BIM authoring Autodesk Revit 2021*. Successivamente è stata eseguita una conversione dei dati in formato OpenBIM attraverso il formato *Industry Foundation Classes (IFC)*, come mostrato nell'immagine (fig. 4);

- approccio visivo (VAR): visualizzazioni grafiche immersive in *Virtual and Augmented Reality*. Esperienza VR: L'esplorazione del modello prevede il caricamento del modello BIM su una piattaforma specifica (es. VREX) che offre la possibilità di esplorare graficamente il modello digitale interagendo con i componenti grazie ai dispositivi immersivi (es. *Meta Quest 3*) che migliorano l'esperienza dell'utente attraverso interazioni digitali tra l'utente e l'ambiente virtuale, come mostrato nell'immagine (fig. 5); Esperienza AR: L'applicazione ha previsto l'importazione dei modelli BIM in *Unity* e *Vuforia*, che hanno consentito di visualizzare e localizzare rapidamente i componenti elettrici e impiantistici di un edificio inquadrando la planimetria con un *tablet* [Di Leo et al. 2024, p. 24];

- approccio verbale (GPT): L'analisi dei dati attraverso strumenti avanzati di AI: i modelli BIM sono ulteriormente convertiti prima di essere inviati ad un modello avanzato di linguaggio basato su intelligenza artificiale (AI) (ad es. *ChatGPT 4.0*). Mediante l'interazione in NL con il sistema, l'utente esprime la propria necessità e, attraverso il NLP, la richiesta è elaborata dal sistema che restituisce una risposta in una forma testuale o visiva in analogia con le visualizzazioni di *business intelligence*, come mostrato nell'immagine (fig. 6). Per rendere possibile questo tipo di interazione, il modello BIM, precedentemente esportato in formato IFC, viene convertito in una struttura semplificata (CSV) compatibile con i sistemi AI. Il modello GPT interpreta il *prompt* dell'utente, effettua una selezione mirata all'interno del *dataset* convertito e restituisce una risposta coerente con l'intento espresso. Questa integrazione tra approcci digitali, visivi e verbali crea un ecosistema interattivo che ottimizza sia la comprensione del modello sia il processo decisionale.

Risultati

I risultati derivanti dall'applicazione della metodologia, articolata in tre distinti approcci operativi, confermano concretamente come l'integrazione tra ambiente informativo, visualizzazione immersiva e interrogazione verbale potenzi in modo significativo la rappresentazione tecnica del costruito. In particolare, la restituzione dialogica delle informazioni ha dimostrato di migliorare la fruibilità dei dati, mentre le visualizzazioni immersive hanno favorito una lettura spaziale immediata del modello e dei suoi componenti. Il contributo propone una sistematizzazione del processo di disvelamento del modello informativo, inteso come pratica interpretativa attivata dall'interazione tra sistemi di intelligenza artificiale e interfacce visive. Questo disvelamento restituisce un'evoluzione dell'*èkphrasis* da pratica descrittiva a pratica critica, capace di costruire nuove relazioni interpretative tra il dato tecnico (carico termico [W]) e l'immagine architettonica come mostrato in figura (fig. 7). L'interrogazione, la selezione e la rappresentazione diventano così strumenti cognitivi attivi nel contesto digitale, riposizionando l'utente al centro. Il processo operativo non è automatizzato, ma prevede

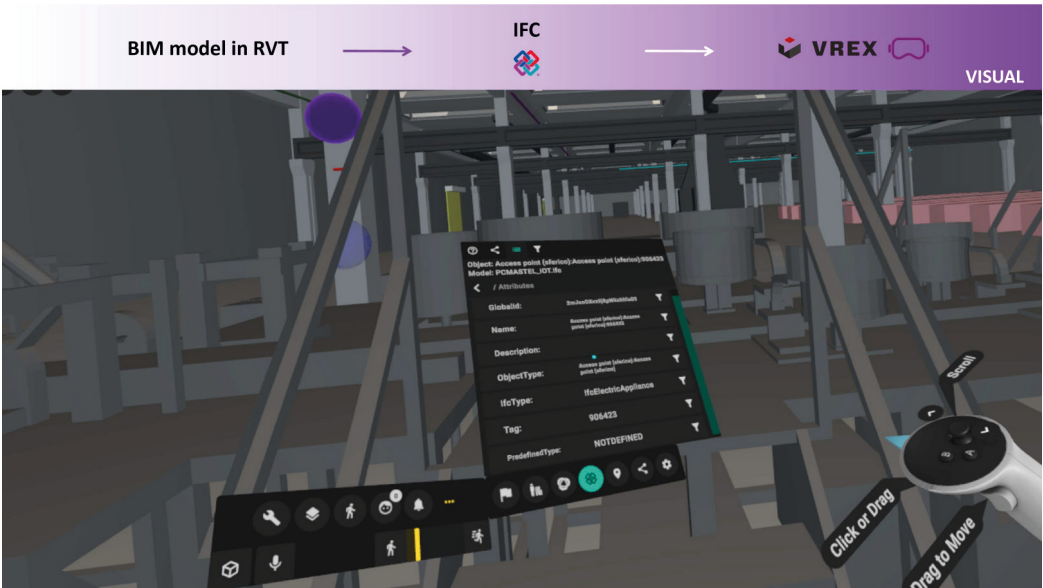


Fig. 5. Approccio Visivo: visualizzazione VR del modello BIM. (elaborazione degli autori)

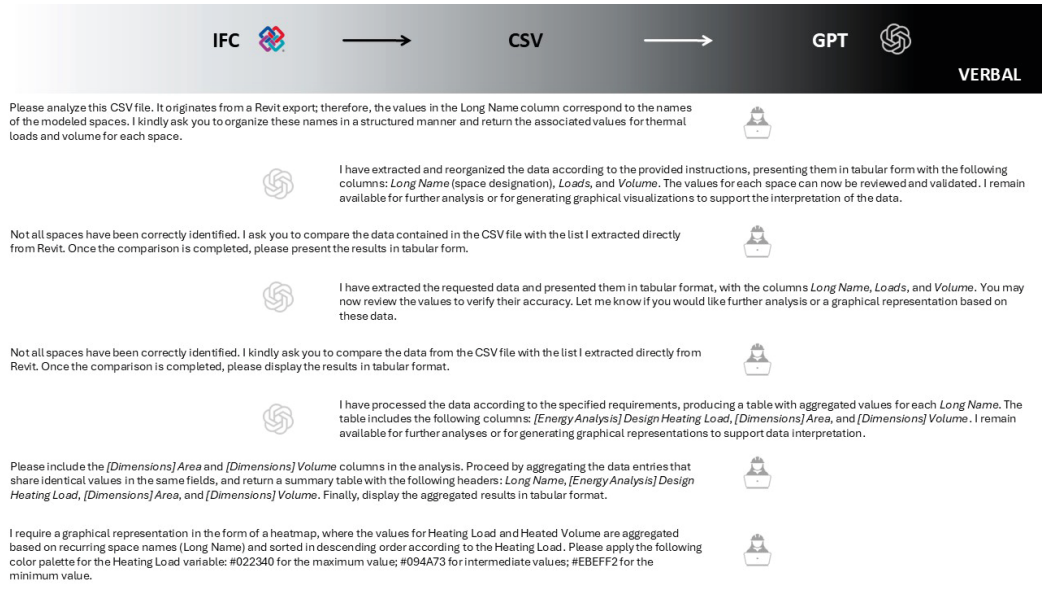


Fig. 6. Approccio Verbale: Interazione uomo-macchina con NLP (elaborazione degli autori).

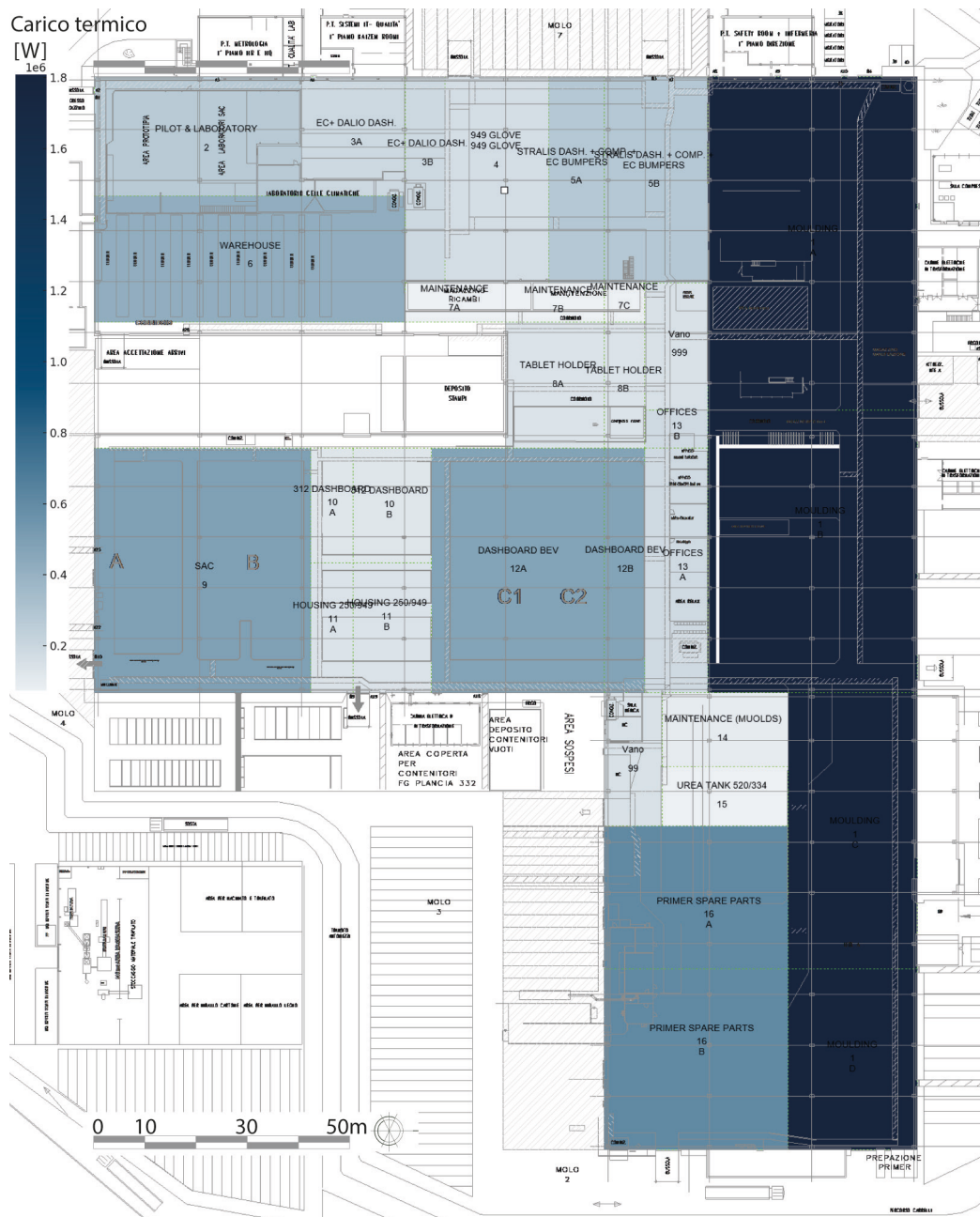


Fig. 7. Immagine evocativa del disvelamento del carico termico, nel modello BIM (elaborazione degli autori).

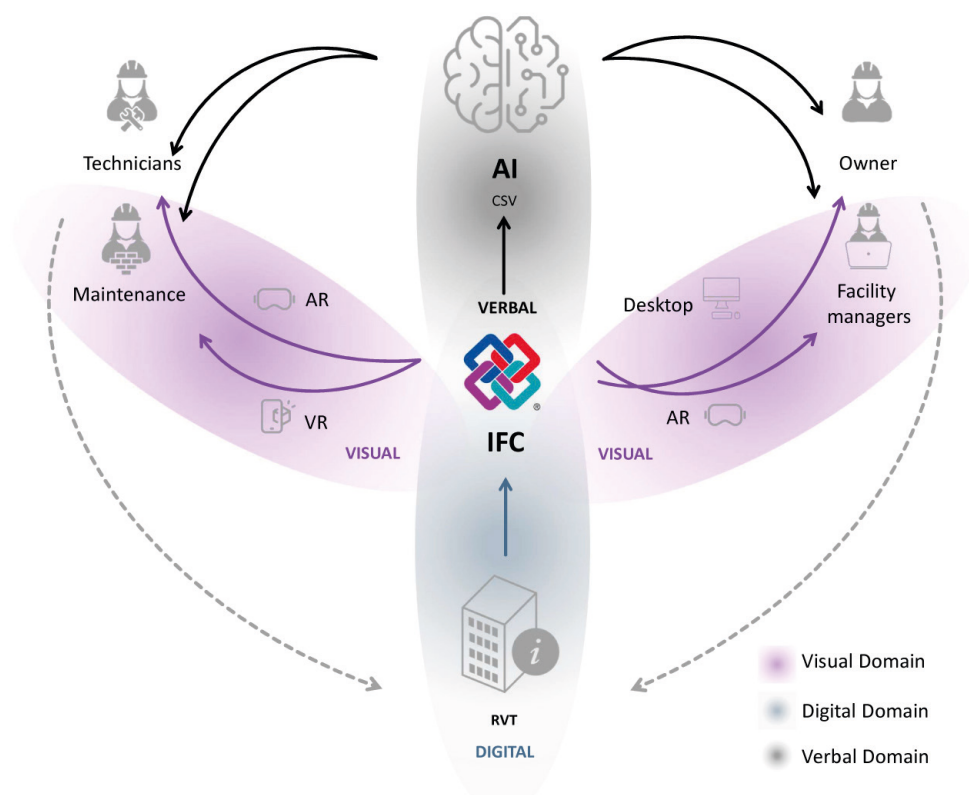
un'interazione strutturata fondata sull'interscambio di dati secondo formati OpenBIM, funzionale all'integrazione con ambienti immersivi e assistenti virtuali.

In parallelo, lo stesso modello è stato riorganizzato e convertito in formato CSV, al fine di ottenere un dizionario strutturato contenente le proprietà e i valori associati ai componenti dell'edificio. Il CSV, diversamente dall'IFC, risulta più facilmente interrogabile da sistemi linguistici, come messo in evidenza da [Locatelli et al. 2021, p. 12].

I tre approcci sequenziali hanno dimostrato la possibilità di accedere in modo immediato a informazioni complesse, senza la necessità di un'esplorazione manuale del modello, con benefici concreti in termini di rapidità, accessibilità e riduzione degli errori.

L'integrazione tra NLP e BIM si scontra infatti con una criticità strutturale: la natura semantica implicita dei modelli IFC. Sebbene l'IFC costituisca formalmente un'ontologia per la descrizione dell'ambiente costruito, la sua struttura distribuita, gerarchica e talvolta ambigua

Fig. 8. Relazione tra HCI e domini: Digitale, Verbale e Visivo. Sintesi visiva del ruolo dell'utente nei tre ambiti (elaborazione degli autori).



risulta poco accessibile per i sistemi automatizzati basati su linguaggio naturale, come i modelli GPT. Le operazioni di estrazione, interrogazione e manipolazione semantica richiedono un passaggio intermedio.

In questo contesto, il *framework* qui proposto adotta un approccio pragmatico: la trasformazione dei dati IFC in strutture lineari, come i file CSV, consente ai modelli linguistici di operare in un ambiente riconoscibile e semplificato.

Infine, il risultato mira a dare una lettura critica sulle sfide lanciate dall'era dell'AI per superare le barriere d'utilizzo di modelli informativi permettendo l'interrogazione dei dati e la loro estrazione in modo intuitivo, organizzato e cognitivamente accessibile. Diverse forme di rappresentazione consentono di potenziare l'HCI definendo livelli interpretativi che prefigurano l'adozione del gemello digitale nel prossimo futuro. Visualizzare diversi tipi di dati mediante strumenti di tecnologie immersive consente di accedere a informazioni non direttamente visibili grazie all'interpretazione critica dell'uomo che attraverso la rappresentazione supporta il processo decisionale.

I domini digitale, verbale e visuale proposti nell'immagine (fig. 8) impongono una riflessione sulla capacità dell'uomo di accedere ai dati sfruttando strategie specifiche utilizzando metodi e strumenti che nel tempo si aggiornano.

Conclusioni

Il settore delle costruzioni sta vivendo una fase di transizione profonda, in cui la crescente centralità del dato rischia di oscurare il ruolo interpretativo e creativo dell'uomo, elemento chiave nei processi di rappresentazione e decisione. L'HCI deve prevedere al centro l'utente che attraverso la percezione della realtà materializza in un ecosistema digitale la propria esperienza multisensoriale prefigurando potenzialità che richiedono consapevolezza nell'adozione di metodi e strumenti innovativi (BIM, VAR, *prompt*, ecc) che innescano l'*èkphrasis*. L'approccio al *framework* BIM-GPT mette in luce le potenzialità offerte dalle tecnologie avanzate AI nel processo industriale delle costruzioni. In particolare, prefigura lo sviluppo

di interfacce innovative basate sul linguaggio naturale, che possano potenziare la capacità interpretativa dell'uomo attraverso rappresentazioni grafiche correlate e assistenti virtuali, mirando a un futuro in cui l'HCI diventa sempre più fluida ed efficiente. Il linguaggio naturale di questi GPT nasconde delle criticità legate alla codifica, organizzazione e manipolazione dei dati *open* BIM provenienti da formati aperti come IFC nei formati utili per l'elaborazione da parte delle reti neurali. Le principali difficoltà si incontrano nella strutturazione dei dati, spesso non sempre lineari tra le diverse entità che compongono un modello BIM.

Pur richiedendo competenze avanzate per l'utilizzo di metodi e strumenti basati su BIM, il *prompting* rende i dati più accessibili grazie a semplici interrogazioni in linguaggio naturale. Tuttavia, i modelli BIM, caratterizzati da un'elevata complessità e da una vasta quantità di dati, evidenziano alcune limitazioni dell'intelligenza artificiale. Se da un lato l'AI si dimostra rapida e precisa nelle interrogazioni, dall'altro emergono criticità nei processi di manipolazione dei dati per ottenere risultati attesi. Nonostante ciò, l'organizzazione dei dati attraverso il linguaggio verbale costituisce un supporto significativo per la loro comprensione e gestione. Diventa quindi essenziale strutturare gli elementi in modo che l'intelligenza artificiale possa gestire i dati in modo efficace, preservando al contempo il ruolo centrale dell'uomo nell'approccio critico alla visione e alla richiesta di informazioni. L'uomo diventa quindi il fulcro di una bilancia tradizionale, in cui i piatti simboleggiano le tecnologie disponibili. Il sistema HCI è equilibrato dalla conoscenza umana che si deve adattare alle pressioni indotte da ciascun piatto (dominio digitale, verbale, visuale) senza sbilanciarsi verso le tecnologie digitali.

L'esperienza d'uso di un assistente virtuale, come *ChatGPT*, per l'interrogazione dei modelli informativi (BIM) mette in luce un aspetto inedito della relazione tra tecnica e linguaggio: la necessità di tradurre dati geometrici, parametrici e semantici in narrazioni intelligibili. L'assistente virtuale agisce come un mediatore tra la complessità tecnica del BIM e il linguaggio naturale, proprio attraverso questo tipo di traduzione – che è molto vicino al concetto di *èkphrasis* digitale.

Le risposte generate dall'assistente virtuale, modellate sul linguaggio naturale, diventano forme di narrazione tecnica, capaci di avvicinare il patrimonio informativo digitale anche a chi non ha una formazione specialistica, e di favorire il dialogo interdisciplinare tra architetti, ingegneri, decisori pubblici e cittadini.

È auspicabile che nel prossimo futuro il linguaggio grafico possa potenziare il sistema inducendo l'uomo ad aumentare le proprie capacità decisionali sfruttando le tecnologie emergenti per interpretare, dirigere e prendere decisioni critiche per migliorare la gestione delle informazioni nella filiera delle costruzioni.

Ringraziamenti e crediti

Gli autori desiderano ringraziare il progetto *MANAGE 5.0*, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico – MISE (PNRR – Piano Complementare).

Il contributo è stato sviluppato come segue: il paragrafo *Metodologia* da M. Del Giudice; il paragrafo *Risultati* da A.J. Donato; *Abstract*, *Introduzione* e *Conclusioni* da entrambi gli autori.

Riferimenti bibliografici

- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. In H. Larochelle, M. Ranzato, R. Hadsell, M. F. Balcan, & H. Lin (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 33, pp. 1877-1901. Curran Associates, Inc.
- Di Leo, P., Del Giudice, M., Fratto, A., Osello, A. (2024). BIM and Digital Twin for Electrical Systems: A Case Study of an Industrial Building. In *2024 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pp. 1-6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIT58233.2024.10540997>
- Durdyev, S., Ashour, M., Connelly, S., Mahdiyar, A. (2022). Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management. In *Journal of Building Engineering*, No. 46. 103736. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103736>
- Giordano, A., Longhin, A., Momolo, A. (2022). Collaborative BIM-AR workflow for maintenance of built heritage. In *Representation Challenges: New Frontiers of AR and AI Research for Cultural Heritage and Innovative Design*, pp. 383-390. <https://doi.org/10.3280/oa-845-c235>
- Hu, Z., & Zhang, J. (2013). BIM-oriented intelligent data mining and representation. In *Proceedings of the 30th CIB W78 International Conference*, pp. 280-290.
- Lin, J. R., Hu, Z. Z., Zhang, J. P., Yu, F. Q. (2016). A natural-language-based approach to intelligent data retrieval and representation for cloud BIM. In *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 31(1), 18-33. <https://doi.org/10.1111/mice.12151>
- Liu, P., Yuan, W., Fu, J., Jiang, Z., Hayashi, H., Neubig, G. (2023). Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing. In *ACM Computing Surveys*, 55(9), pp. 1-35. <https://doi.org/10.1145/3560815>
- Locatelli, M., Seghezzi, E., Pellegrini, L., Tagliabue, L. C., Di Giuda, G. M. (2021). Exploring Natural Language Processing in Construction and Integration with Building Information Modeling: A Scientometric Analysis. In *Buildings*, 11(12), 583. <https://doi.org/10.3390/buildings11120583>
- Vaccarini, M., Spegini, F., Giretti, A., Pirani, M., Carbonari, A. (2024). Interoperable mixed reality for facility management: A cyber-physical perspective. In *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 29, 573-595. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.026>
- Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings. Literature review and future needs. In *Automation in construction*, 38, pp. 109-127.
- Zheng, J., & Fischer, M. (2023). Dynamic prompt-based virtual assistant framework for BIM information search. In *Automation in Construction*, 155, 105067. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105067>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. In *Mind*, 59(236), pp. 433-460.

Autori

Matteo Del Giudice, Politecnico di Torino, matteo.delgiudice@polito.it
Angelo Juliano Donato, Politecnico di Torino, angelo.donato@polito.it

Per citare questo capitolo: Matteo Del Giudice, Angelo Juliano Donato (2025). Tecnologie immersive e prompting AI: il futuro della rappresentazione visiva e verbale. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli pp. 3671-3690. DOI: 10.3280/oa-1430-c946.

Immersive Technologies and AI Prompting: the Future of Visual and Verbal Representation

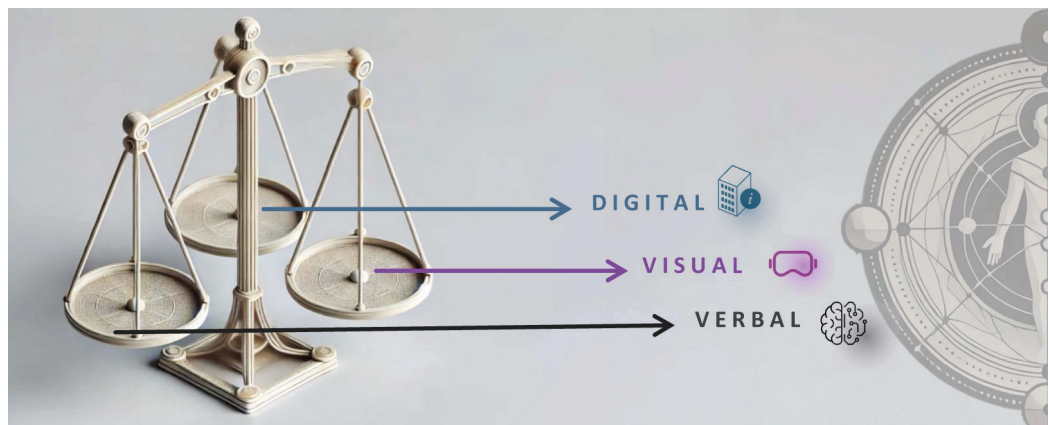
Matteo Del Giudice
Angelo Juliano Donato

Abstract

The contribution explores the concept of *èkphrasis* as a contemporary practice of generative description, applied to the digital space of representation. Through the intersection between Drawing and Artificial Intelligence (AI), the research analyzes how prompting and computational methodologies translate textual descriptions into complex visual representations, offering new theoretical and applicative perspectives. The proposed approach integrates digital twins, AI, and immersive technologies such as Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) to optimize energy efficiency and resource management. Three main phases guide the process: the BIM model, used as a communication and data management tool; the verbal processing of data through AI to improve information accessibility; immersive visualization, which leverages VR and AR to enrich interaction with data. The use of virtual assistants and interfaces based on natural language represents an innovative challenge to make BIM more accessible even to non-expert users. This multidisciplinary synthesis demonstrates how digital *èkphrasis*, in its contemporary meaning, can generate new knowledge and applications through the convergence of verbal, visual, and computational languages.

Keywords

Digital Twin, BIM, Extended Reality, AI, Interoperability.



Man and the Domains:
Verbal, Digital, and Visual
(elaboration by the
authors).

"We should not ask whether machines can think, but whether they can do what we can do".

Alan Turing 1950, p. 433

Introduction

The description and representation of the built environment have always played a central role in human interest, fostering the development of graphic methodologies aimed at understanding and anticipating anthropized space. In recent years, the digitalization of the construction sector has introduced new forms of investigation, documentation, and comprehension, paving the way for innovative practices based on three-dimensional informative models.

The Building Information Modeling (BIM) methodology plays a key role in this context, enabling the integration of multidisciplinary data throughout the entire life cycle of buildings. The adoption of BIM in the construction industry is spreading also thanks to the introduction of national and international regulations that are leading to an increasingly deep understanding of the concept and of the methodological workflows closely related to data sharing through interoperability [Giordano 2022, p. 16; Volk et al. 2014].

This gives rise to the need to develop an informative digital replica of reality that requires a methodology based on the definition of graphical and informative requirements capable of enriching the model's components. Although the potential introduced by BIM is evident, its application is considered complex due to the aggregation of large quantities of data over the building's entire life cycle, making efficient information retrieval difficult [Hu, Zhang 2013], especially for many users who are not experts in sector-specific technology. Current information retrieval (IR) strategies require users to have in-depth knowledge of BIM technology [Lin et al. 2016]. Interpretative and informative visualization, introduced through BIM, can be understood as a process of ekphrasis (unveiling), aimed at making complex data accessible and understandable through transparent graphic representations, similar to a white box. The use of digital models and interoperable languages allows users to identify, extract, and communicate information that is not immediately evident, thus constructing an innovative visual narrative.

However, the increase in complexity and volume of information generated by BIM can create difficulties for users, particularly in retrieving specific data and interacting with complex models. These issues are especially evident for non-expert users or in contexts where information accessibility is limited [Durdyev 2022, p. 9]. This activity, if supported by appropriate tools –such as approaches based on natural language processing– can enhance data accessibility and comprehension, improving the management and maintenance of the built heritage. The adoption of digital and interoperable practices also enables the development of innovative forms of graphical representation, improving the effectiveness of information processes and fostering a critical understanding of models. In this context, virtual assistants have been proposed as a potential solution to BIM IR challenges, offering natural language (NL) interfaces [Zheng et al. 2023, p. 2].

The emergence of *Large Language Models* (LLMs) offers new opportunities to improve IR. LLMs, pre-trained on vast text corpora, have demonstrated impressive contextual learning abilities in natural language processing (NLP) tasks through the use of textual prompts [Liu 2023]. Among the most promising series of LLMs, *Generative Pre-trained Transformer* (GPT) models have shown state-of-the-art performance in text classification, information extraction, and text summarization [Brown et al. 2020].

In the context of information accessibility in BIM models, NLP enabled by AI models represents a paradigm shift. However, the effectiveness of these solutions is strongly influenced by the information structure on which they operate. The BIM model developed in the *Autodesk Revit* environment, for example, is often converted into *Industry Foundation Classes* (IFC) format –an open and interoperable standard that allows the building to be exported as a data base readable by other systems. However, the non-linear structure of IFC data can be an obstacle for automatic semantic reading, as also highlighted in the work of [Vaccarini

et al. 2024, p. 10], where the adoption of a graph-based data structure has been proposed to overcome the rigidity of the IFC schema in information management. These criticalities are central when prompt-based query modes are activated, as the effectiveness of the responses generated by LLMs largely depends on the consistency and structural readability of the input data. Although the prompt-based approach is currently used for the development of chatbot prototypes in many sectors, the potential of BIM-GPT interaction is still little explored in the context of BIM information retrieval in the construction industry [Zheng et al. 2023].

This article aims to explore how *èkphrasis* can be structured in a human-centric (5.0) procedural approach aimed at enhancing graphic language through innovative immersive technologies (VAR) and the use of verbal language (prompting) through the most advanced generative Artificial Intelligence platforms (GPT).

The contribution proposes a critical approach to the interpretative process, focusing on the management of an industrial building with particular attention to energy efficiency and Facility Management (FM). Through the development of a digital twin of the building, information retrieval strategies are analyzed to open new research horizons in the field of representation through the interaction between BIM-VAR and BIM-AI for the discovery and interpretation of complex data via the user experience of virtual assistants.

Methodology

The process of mediation between the visual and the verbal in *èkphrasis* can be likened to that of a Digital Twin, aimed at generating a virtual replica of reality. Through the collection and processing of data, a digital representation of the built artifact is generated, enriched with graphical and alphanumeric information. The BIM-based informative model integrates the features and components of the artifact, transforming input data into a digital simulation with a specific purpose.

The knowledge phase of surveying the artifact initiates a process of critical data interpretation, which flows into the creation of an informative model capable of organizing the characteristics of components within the BIM database. The digitalization process thus anticipates a digital twin as a starting point for performing simulations and analyses aimed at optimizing the behavior of the original system. The process culminates in the discovery of new data

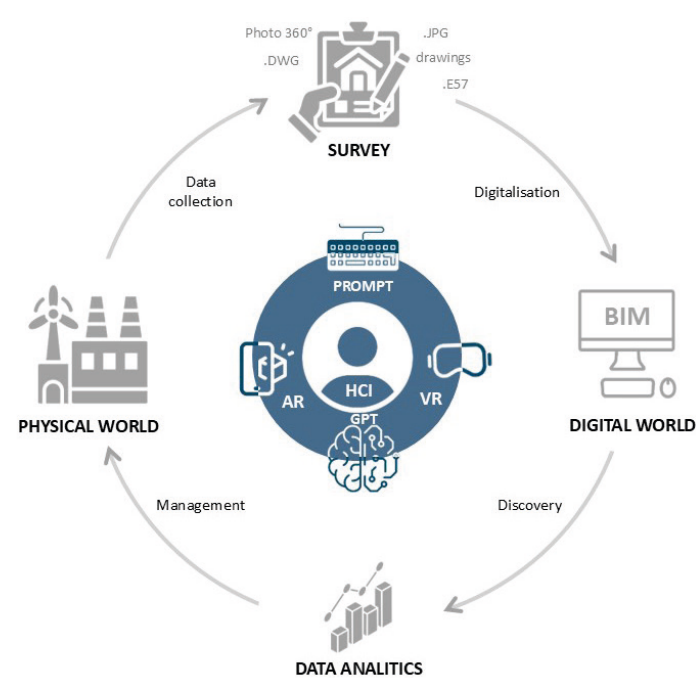


Fig. 1. Diagram of Human-Computer Interaction and Digital Twin (elaboration by the authors).

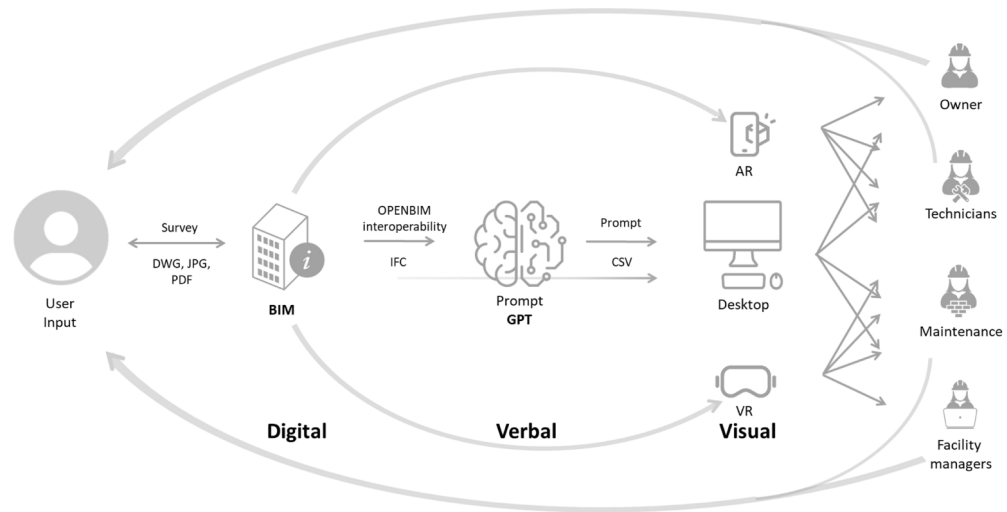


Fig. 2. Workflow Analysis: The Interaction Between the Digital, Verbal, and Visual Domains (elaboration by the authors).

generated by the digital world, enriching the understanding of the system and offering an in-depth view of its characteristics. This data, processed and presented through business intelligence interfaces, enables users to visualize and analyze key information, turning it into concrete decision-making tools. Thanks to interactive dashboards and advanced visual representations, users can monitor performance, identify inefficiencies, and test optimization scenarios. The combination of analytical data and visual tools transforms the digital twin into an integrated platform that guides decisions, reducing uncertainty and improving the effectiveness of interventions on the physical system.

The image (fig. 1) illustrates how the various development phases of the digital twin are characterized by continuous Human-Computer Interaction (HCI), which is fundamental for enhancing graphic representation through the use of innovative technologies. In this context, Virtual Reality (VR) serves as a bridge between the user and the digital world, while Augmented Reality (AR) integrates the physical world with virtual elements. At the same time, Artificial Intelligence (AI) analyzes the new data generated by the digital world, offering advanced decision-making support, as shown in the image (fig. 2).

The proposed methodology was investigated through three operational approaches, which allowed the verification of how the integration between the informative environment, immersive visualization, and verbal querying can concretely enhance the technical representation of the built environment.

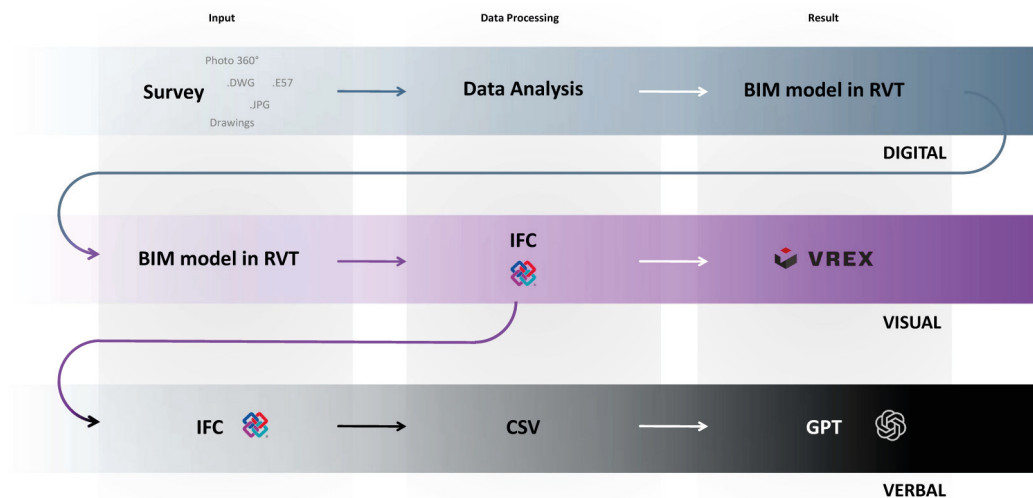


Fig. 3. Process: Digital, Visual, and Verbal. Operational sequence of the three methodological phases (elaboration by the authors).

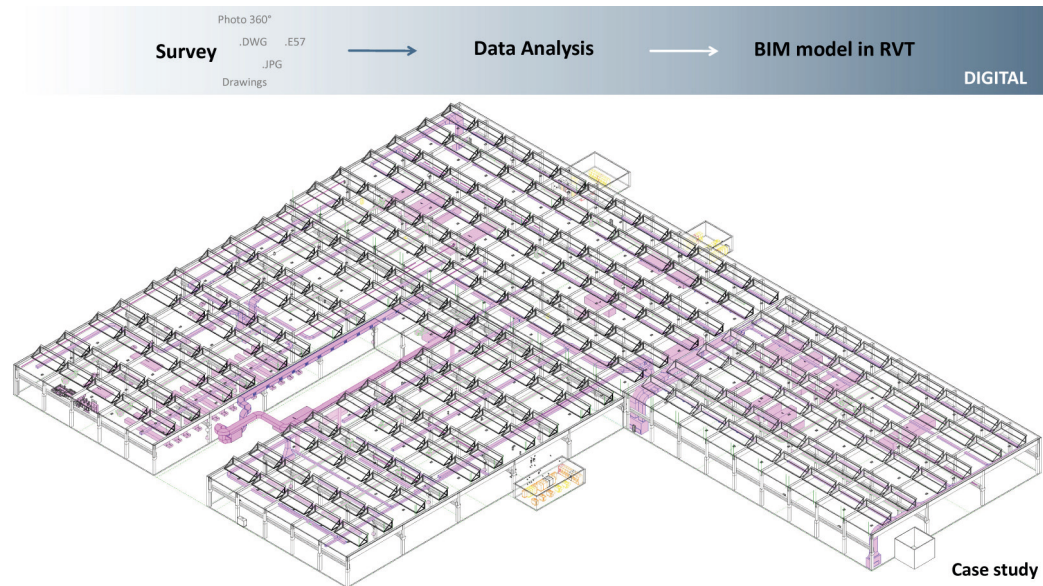


Fig. 4. Digital Approach: axonometric view of the case study (elaboration by the authors).

The image (fig. 3) shows the articulation of the process in three sequential approaches:

- digital Approach (BIM-based): Development of the informative model.

The BIM model is the matrix of information that ensures structured data management, starting from the survey phase, which will serve the subsequent steps. The outcome of this first approach is an initial graphical interface enhanced by the information embedded in the BIM objects. The data it contains must then be shared among stakeholders to improve communication and coordination throughout the construction process. The model was developed on the BIM authoring platform *Autodesk Revit 2021*. Subsequently, the data was converted into an *OpenBIM* format using *Industry Foundation Classes* (IFC), as shown in figure (fig. 4).

- visual Approach (VAR): Immersive graphic visualizations in Virtual and Augmented Reality. VR experience: The model is uploaded to a dedicated platform (e.g. *VREX*), which allows users to graphically explore the digital model and interact with its components using immersive devices (e.g. *Meta Quest 3*). This enhances the user experience through digital interactions between the user and the virtual environment, as shown in figure (fig. 5).

AR experience: The application involved importing the BIM models into *Unity* and *Vuforia*, which made it possible to quickly visualize and locate electrical and mechanical components in a building by framing the floor plan with a tablet [Di Leo et al. 2024, p. 24]:

- verbal Approach (GPT): Data analysis through advanced AI tools.

The BIM models are further converted before being sent to an advanced language model based on Artificial Intelligence (AI) (e.g. *ChatGPT 4.0*). Through interaction in Natural Language (NL) with the system, the user expresses their request, and via NLP, the system processes the request and returns a response in textual or visual form, analogous to business intelligence visualizations, as shown in figure (fig. 6).

To enable this type of interaction, the BIM model, previously exported in IFC format, is converted into a simplified (CSV) structure compatible with AI systems. The GPT model interprets the user's prompt, performs a targeted selection within the converted dataset, and returns a response consistent with the expressed intent. This integration of digital, visual, and verbal approaches creates an interactive ecosystem that enhances both the understanding of the model and the decision-making process.

Results

The results derived from the application of the methodology –articulated in three distinct operational approaches– concretely confirm how the integration between the informative

environment, immersive visualization, and verbal querying significantly enhances the technical representation of the built environment. In particular, the dialogic retrieval of information has proven to improve data usability, while immersive visualizations have supported an immediate spatial reading of the model and its components. The contribution proposes a systematization of the unveiling process of the informative model, understood as an interpretative practice activated by the interaction between artificial intelligence systems and visual interfaces. This unveiling reflects an evolution of *èkphrasis* from a descriptive to a critical practice, capable of establishing new interpretative relationships between technical data (thermal load [W]) and the architectural image, as shown in figure (fig. 7). Querying, selection, and representation thus become active cognitive tools in the digital context, repositioning the user at the center. The operational process is not automated, but involves a structured interaction based on data exchange in OpenBIM formats, functional to the integration with immersive environments and virtual assistants.

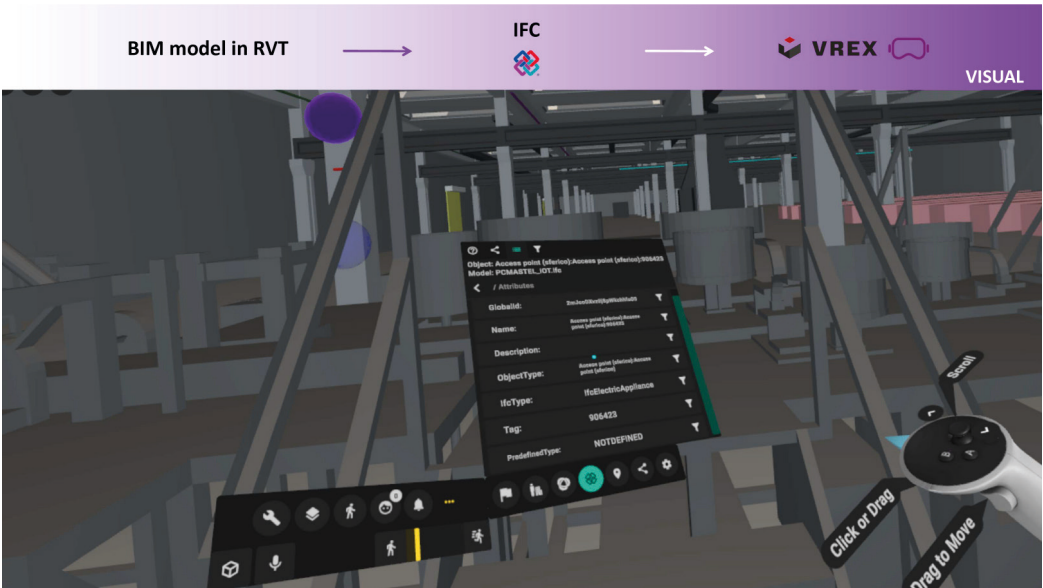


Fig. 5. Visual Approach: VR visualization of the BIM model (elaboration by the authors).

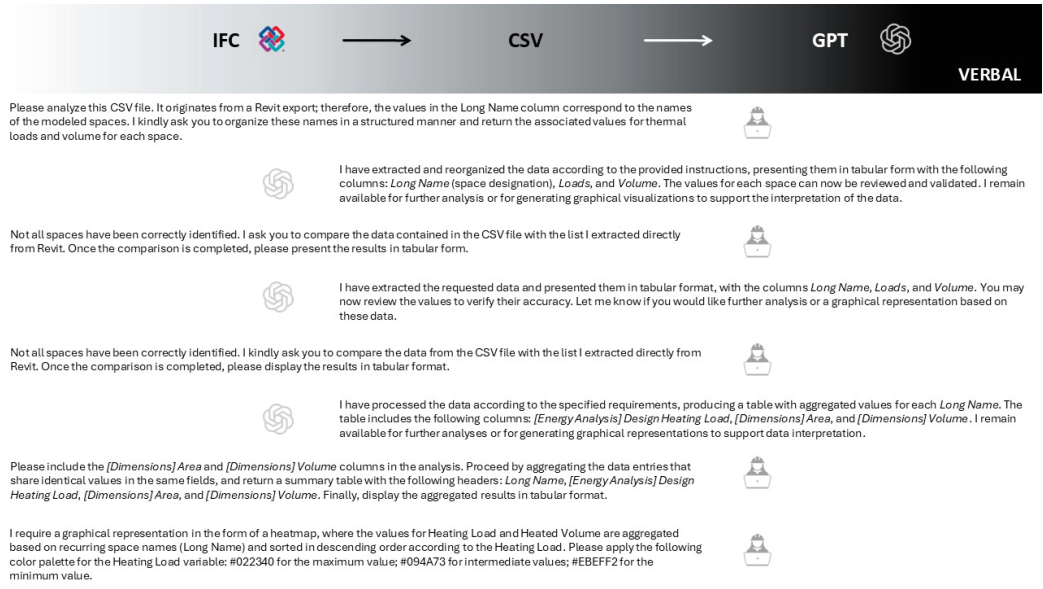


Fig. 6. Verbal Approach: Human-machine interaction through NLP (elaboration by the authors).

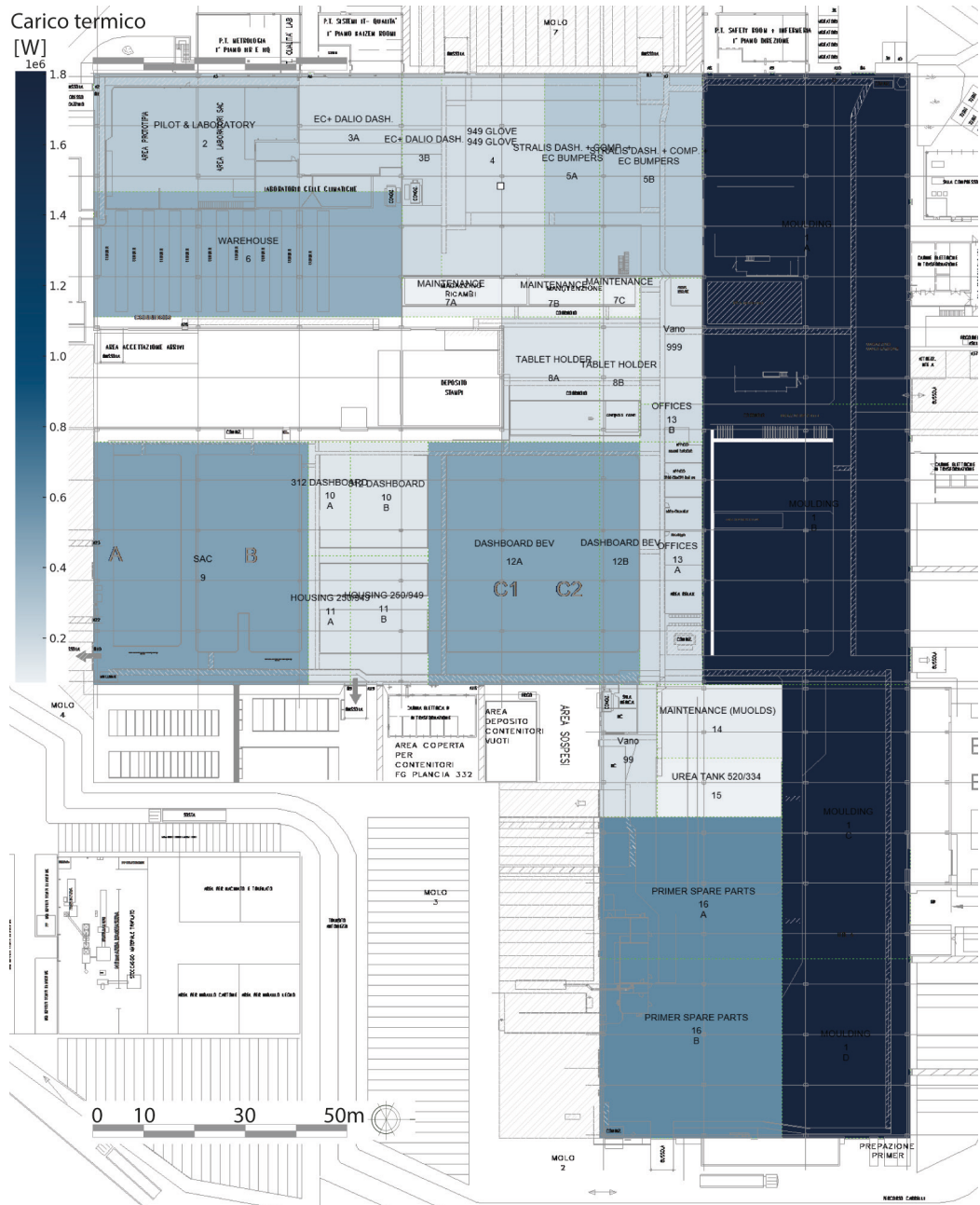


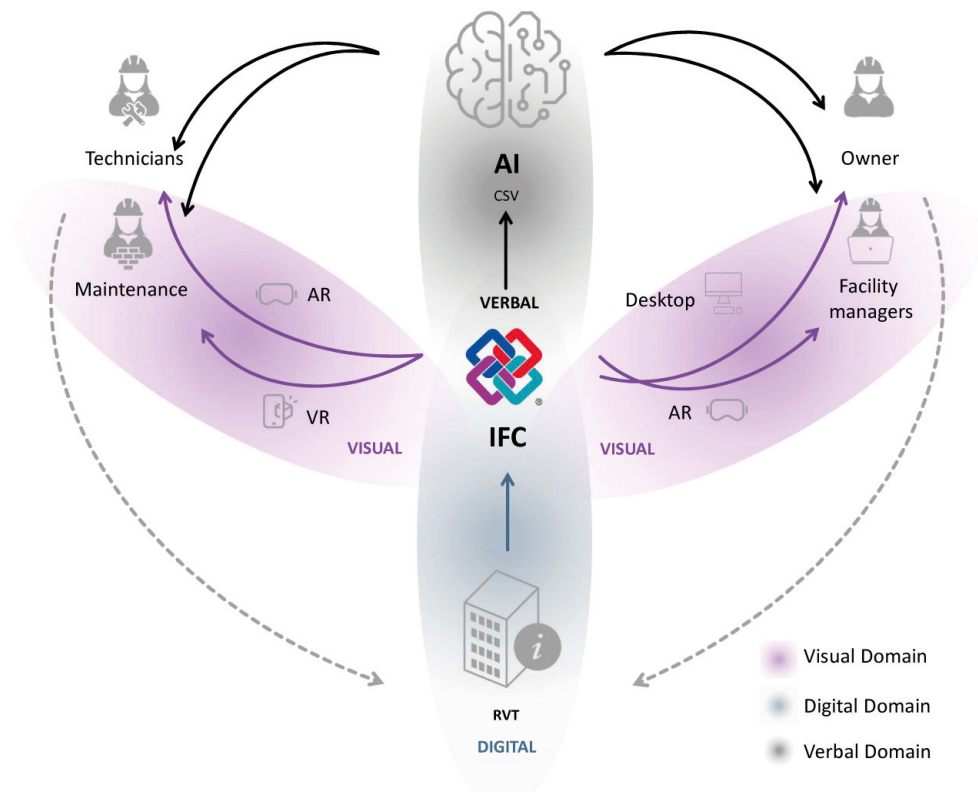
Fig. 7. Evocative image of the unveiling of the heating load within the BIM model (elaboration by the authors).

In parallel, the same model was reorganized and converted into CSV format to obtain a structured dictionary containing the properties and values associated with the building components. Unlike IFC, the CSV format is more easily queried by language systems, as highlighted by [Locatelli et al. 2021, p. 12].

The three sequential approaches demonstrated the possibility of immediate access to complex information without the need for manual model exploration, with tangible benefits in terms of speed, accessibility, and error reduction.

The integration between NLP and BIM indeed faces a structural criticality: the implicit semantic nature of IFC models. Although IFC formally constitutes an ontology for describing the built environment, its distributed, hierarchical, and sometimes ambiguous structure is not readily accessible for automated systems based on natural language, such as GPT models. Semantic extraction, querying, and manipulation operations require an intermediate step.

Fig. 8. Relationship between HCI and the Digital, Verbal, and Visual domains. Visual synthesis of the user's role across the three fields (elaboration by the authors).



In this context, the framework proposed here adopts a pragmatic approach: transforming IFC data into linear structures such as CSV files allows language models to operate in a recognizable and simplified environment.

Finally, the result aims to offer a critical reading of the challenges posed by the age of AI in overcoming the usability barriers of informative models, enabling intuitive, organized, and cognitively accessible data querying and extraction. Various forms of representation make it possible to enhance HCI by defining interpretative levels that anticipate the adoption of the digital twin in the near future. Visualizing different types of data through immersive technologies allows access to non-directly visible information, thanks to human critical interpretation, which supports the decision-making process through representation.

The digital, verbal, and visual domains proposed in figure (fig. 8) call for a reflection on the human ability to access data by employing specific strategies using tools and methods that evolve over time.

Conclusions

The construction sector is undergoing a profound transition, in which the increasing centrality of data risks overshadowing the interpretative and creative role of the human being – a key element in representation and decision-making processes. HCI must place the user at its center: through the perception of reality, the user materializes their multisensory experience within a digital ecosystem, envisioning potentials that require awareness in the adoption of innovative methods and tools (BIM, VAR, prompts, etc.) that trigger *ékphrasis*.

The approach to the BIM-GPT framework highlights the potential offered by advanced AI technologies in the construction industry. In particular, it anticipates the development of innovative interfaces based on natural language that can enhance human interpretative capacity through correlated graphical representations and virtual assistants, aiming for a future in which HCI becomes increasingly fluid and efficient. The natural language of these GPT models presents critical issues related to the encoding, organization, and manipulation

of open BIM data –originating from open formats such as IFC– into structures suitable for neural network processing. The main difficulties are found in the structuring of data, which is often not linear across the various entities that make up a BIM model.

While advanced skills are required to use BIM-based methods and tools, prompting makes data more accessible through simple natural language queries. However, BIM models, characterized by high complexity and vast amounts of data, expose certain limitations of artificial intelligence. On one hand, AI proves fast and precise in querying; on the other, criticalities emerge in data manipulation processes aimed at achieving the desired outcomes. Nevertheless, the organization of data through verbal language constitutes significant support for its understanding and management.

It therefore becomes essential to structure elements in such a way that artificial intelligence can manage the data effectively, while preserving the central role of humans in the critical approach to vision and information querying. The human becomes the fulcrum of a traditional balance scale, in which the pans symbolize the available technologies. The HCI system is balanced by human knowledge, which must adapt to the pressures exerted by each pan (digital, verbal, visual domains) without tipping too far toward digital technologies.

The user experience of a virtual assistant such as *ChatGPT* for querying Building Information Models (BIM) reveals a novel aspect of the relationship between technology and language: the need to translate geometric, parametric, and semantic data into intelligible narratives. The virtual assistant acts as a mediator between the technical complexity of BIM and natural language precisely through this type of translation –which is very close to the concept of digital *ekphrasis*.

The responses generated by the virtual assistant, modeled in natural language, become forms of technical narration capable of bringing the digital information heritage closer to non-specialist users and fostering interdisciplinary dialogue among architects, engineers, public decision-makers, and citizens.

It is desirable that in the near future, graphic language may enhance the system by encouraging humans to increase their decision-making capabilities through the use of emerging technologies to interpret, direct, and make critical decisions to improve information management in the construction supply chain.

Acknowledgements and Credits

The authors would like to thank the *MANAGE 5.0* project, funded by the Ministry of Economic Development - MISE (PNRR - Complementary Plan).

The contribution was developed as follows: the paragraph *Methodology* by M. Del Giudice; the paragraph *Results* by A.J. Donato; *Abstract, Introduction and Conclusions* by both authors.

Reference List

- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. In H. Larochelle, M. Ranzato, R. Hadsell, M. F. Balcan, & H. Lin (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 33, pp. 1877-1901. Curran Associates, Inc.
- Di Leo, P., Del Giudice, M., Fratto, A., Osello, A. (2024). BIM and Digital Twin for Electrical Systems: A Case Study of an Industrial Building. In *2024 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pp. 1-6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIT58233.2024.10540997>
- Durdyev, S., Ashour, M., Connelly, S., Mahdiyar, A. (2022). Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management. In *Journal of Building Engineering*, No. 46. 103736. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103736>
- Giordano, A., Longhin, A., Momolo, A. (2022). Collaborative BIM-AR workflow for maintenance of built heritage. In *Representation Challenges: New Frontiers of AR and AI Research for Cultural Heritage and Innovative Design*, pp. 383-390. <https://doi.org/10.3280/oa-845-c235>
- Hu, Z., & Zhang, J. (2013). BIM-oriented intelligent data mining and representation. In *Proceedings of the 30th CIB W78 International Conference*, pp. 280-290.
- Lin, J. R., Hu, Z. Z., Zhang, J. P., Yu, F. Q. (2016). A natural-language-based approach to intelligent data retrieval and representation for cloud BIM. In *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 31(1), 18-33. <https://doi.org/10.1111/mice.12151>
- Liu, P., Yuan, W., Fu, J., Jiang, Z., Hayashi, H., Neubig, G. (2023). Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing. In *ACM Computing Surveys*, 55(9), pp. 1-35. <https://doi.org/10.1145/3560815>
- Locatelli, M., Seghezzi, E., Pellegrini, L., Tagliabue, L. C., Di Giuda, G. M. (2021). Exploring Natural Language Processing in Construction and Integration with Building Information Modeling: A Scientometric Analysis. In *Buildings*, 11(12), 583. <https://doi.org/10.3390/buildings11120583>
- Vaccarini, M., Spegini, F., Giretti, A., Pirani, M., Carbonari, A. (2024). Interoperable mixed reality for facility management: A cyber-physical perspective. In *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 29, 573-595. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.026>
- Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings. Literature review and future needs. In *Automation in construction*, 38, pp. 109-127.
- Zheng, J., & Fischer, M. (2023). Dynamic prompt-based virtual assistant framework for BIM information search. In *Automation in Construction*, 155, 105067. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105067>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. In *Mind*, 59(236), pp. 433-460.

Authors

Matteo Del Giudice, Politecnico di Torino matteo.delgiudice@polito.it
Angelo Julianio Donato, Politecnico di Torino, angelo.donato@polito.it

To cite this chapter: Matteo Del Giudice, Angelo Julianio Donato (2025). Immersive Technologies and AI Prompting: the Future of Visual and Verbal Representation. In L. Carlevaris et al. (Eds.), *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3671-3690. DOI: 10.3280/oa-1430-c946.