

مروری بر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

حامد شکری^{۱*}

امیر نجفی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱

چکیده

مدل سازی اطلاعات ساختمان تکنولوژی هوشمند و فرآیند طراحی جدیدی است که در آن تمامی اطلاعات و مشخصات ساخت در یک فایل دیجیتال ایجاد می گردد. آن به تنهایی یک نرم افزار نیست بلکه یک تکنولوژی وسیع و گسترده می باشد. برای پیاده سازی این تکنولوژی و فرآیند طراحی، نرم افزارهایی در راستای این تکنولوژی تعریف شده اند که از مهمترین آنها می توان به نرم افزارهای Autodesk Revit و یا Tekla structure اشاره کرد. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی و مرور دقیقی مبنای نظری و پیشینه مدل سازی اطلاعات ساختمان، توصیف و تشریح این مدل می باشد. بدین منظور پس از مرور ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق به بیان روش شناسی و معرفی مراحل مدل سازی اطلاعات ساختمان پرداخته شده است. در پایان نیز پیشنهادهای کاربردی به مدیران صنعت ساخت و ساز جهت بهبود بهره مندی از BIM ارائه شده است.

واژگان کلیدی

صنعت ساختمان، مدل سازی، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM).

^۱ دانش آموخته ای کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، گرایش مدیریت پروژه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

(^{*}نویسنده مسئول: matin2062006@yahoo.com)

^۲ دانشیار مهندسی صنایع، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران. (asdnjf@gmail.com)

۱. مقدمه

فناوری‌های پیش از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان^۱ تاریخی برابر با نیم قرن دارند. دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ دهه‌های پیشرفت در محاسبات و توسعه نرم افزار بود. از این رو تعجبی ندارد که این سال‌ها را به عنوان تاریخچه BIM معرفی نمود (طاهری پور و دیگران، ۱۴۰۰). در سال ۱۹۷۵، پروفیسور آمریکایی چارلز ام. ایستمن مقاله‌ای را با عنوان «استفاده از رایانه به جای طراحی دستی» منتشر کرد. پروفیسور ایستمن استدلال کرد که داشتن ابزاری که اطلاعات مربوط به نقشه‌ها، نماها، چشم اندازها و بخش‌ها را در یک سند ترکیب می‌کند، چقدر می‌تواند انقلابی باشد. همانطور که از نام این نشریه پیداست، قبل از اینکه BIM مورد قبول جریان اصلی محافل ساخت و طراحی قرار گیرد، هنجار نقشه مدل‌های دستی بود. در طول دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، RUCAPS معمولاً به عنوان اولین نرم افزار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در محافل دانشگاهی پذیرفته شد. با این وجود، اعتبار BIM به یک محقق یا یک کشور مربوط نیست (Parsamehr et al., 2023). در طول دهه‌های بعد، این ابزار به دلیل رقابت بین کشورهای غربی و بلوک اتحاد جماهیر شوروی برای ایجاد راه حل کامل نرم افزار معماری برای ایجاد اختلال در جریان کار طراحی دو بعدی به کمک رایانه (CAD) تکامل یافت (Olatunji, 2014).

همانطور که در اوایل دهه ۲۰۰۰ نرم افزارها رونق گرفتند، فناوری BIM نیز پیشرفت زیادی کرد. وارد شدن برنامه‌هایی مانند رویت، طراحی و مدل‌سازی را به سطح جدید رساند. به ویژه از سال ۲۰۱۰ به بعد، الگوی جدیدی برای مدل‌سازی ایجاد شد. به لطف پیشرفت‌های هوش مصنوعی و ادغام با فناوری‌هایی مانند چاپ سه بعدی، AR یا VR مرزها و پتانسیل‌های BIM را به سطح جدیدی از پیشرفت رسیدند (اسدیان و دیگران، ۱۴۰۱).

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یکی از پیشرفته‌ترین و کارآمدترین روش‌ها برای طراحی، ساخت و مدیریت ساختمان‌ها و زیرساخت‌های دیگر است (Kresnanto et al., 2023). تاریخچه BIM به طور خلاصه شامل مراحل و تحولات زیر است. در دهه ۱۹۷۰، مفهوم اولیه BIM با استفاده از مدل‌های سه بعدی کامپیوتری شکل گرفت. ایده اصلی این بود که به جای استفاده از نقشه‌های دوبعدی، از مدل‌های سه بعدی برای نمایش و مدیریت اطلاعات ساختمان استفاده شود. اولین نمونه‌های اولیه از این تکنولوژی شامل سیستم‌هایی مثل "Sketchpad" توسط ایوان سادرلند^۲ در سال ۱۹۶۳ بود که به عنوان یک نقطه شروع مهم برای گرافیک کامپیوتری و CAD محسوب می‌شود (Olowa et al., 2023).

در دهه ۱۹۸۰، نرم افزارهای CAD (طراحی به کمک کامپیوتر) مانند AutoCAD توسط شرکت Autodesk معرفی شدند. این نرم افزارها امکان طراحی دقیق تر و سریع تر را فراهم کردند و پایه‌ای برای توسعه BIM شدند. CAD توانست محیط دوبعدی را به محیط سه بعدی ارتقا دهد، اما هنوز هم اطلاعات در این مدل‌ها به طور محدود موجود بود (Gorenc & Dobrovoljc, 2024).

در دهه ۱۹۹۰، نرم افزارهای بیشتری با تمرکز بر مدل‌سازی سه بعدی و مدیریت اطلاعات معرفی شدند. نرم افزار ArchiCAD توسط Graphisoft در سال ۱۹۸۷، یکی از اولین نرم افزارهایی بود که مفهوم مدل‌سازی ساختمان را با استفاده از کامپیوتر به کار گرفت. مفهوم BIM به عنوان یک روش برای ترکیب اطلاعات مختلف مرتبط با یک پروژه ساختمانی در یک مدل سه بعدی، شروع به شکل گیری کرد (Volk et al., 2014).

^۱ Building Information Modeling (BIM)

^۲ Ivan Sutherland

در اوایل دهه ۲۰۰۰، استفاده از BIM به طور گسترده‌تری در صنعت ساخت و ساز رواج یافت. نرم‌افزارهای پیشرفته‌تری مانند Revit توسط Autodesk در سال ۲۰۰۲ معرفی شد. استانداردها و پروتکل‌هایی برای تبادل داده‌های BIM ایجاد شدند، که از جمله آن‌ها می‌توان به Industry Foundation Classes (IFC) اشاره کرد که توسط Building SMART International توسعه داده شد (Sudakova et al., 2024).

در دهه ۲۰۱۰، استفاده از BIM به طور چشمگیری افزایش یافت و به یکی از استانداردهای اصلی در پروژه‌های بزرگ ساختمانی در سراسر جهان تبدیل شد. بسیاری از کشورها شروع به اعمال قوانین و مقرراتی کردند که استفاده از BIM را در پروژه‌های ساختمانی الزامی می‌کرد. BIM با توجه به قابلیت‌های فراوان خود در بهبود فرآیندهای طراحی، ساخت و مدیریت ساختمان‌ها، به یکی از ابزارهای کلیدی در صنعت ساخت و ساز تبدیل شده و روند توسعه آن همچنان ادامه دارد (اندایش سر، ۱۴۰۰).

مدلسازی اطلاعات ساخت (BIM) در تمامی مراحل و روند پروژه‌ها از فاز طراحی تا مرحله اجرا کاربرد دارد و در هر مرحله از اهمیت ویژه و بجایی برخوردار است. پیاده‌سازی پروژه در زمان طراحی، باعث ایجاد هماهنگی کامل و منسجم بین طراحان دیسپلین‌های مختلف ایجاد می‌شود و خطاها و تداخلات بین دیسپلین‌ها قبل از اجرا بررسی خواهد شد (زندیه و دیگران، ۱۳۹۶).

در ادامه مقاله حاضر با مروری بر ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش مرتبط با صنعت ساختمان، چالش‌های مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت و ساز؛ مدلسازی اطلاعات ساخت و قابلیت‌های آن؛ نرم‌افزارهای مدلسازی اطلاعات ساخت؛ سطح توسعه‌ی مدلسازی اطلاعات ساخت و گام‌های بهره‌مندی از مدلسازی اطلاعات ساخت، بررسی مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه مدلسازی اطلاعات ساختمان، بیان روش‌شناسی پژوهش و بخش نتیجه‌گیری این مقاله پرداخته شده است.

۲. مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱-۲. چالش‌های مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت و ساز

چالش‌های مدیریت پروژه‌های ساختمانی اغلب مدیران پروژه را ملزم می‌کند تا با حل مؤثر مشکلات، راه‌حلی را بیابند تا یک پروژه ساخت‌وساز را بدون مشکل، ایمن، طبق برنامه زمان‌بندی شده و بر اساس بودجه اجرا کنند. آن‌ها باید از در اختیار داشتن تمام چیزهایی که برای تکمیل و تحویل به موقع یک پروژه ساخت و ساز نیاز دارند، اطمینان حاصل کنند (قاسم و زمانی‌نوری، ۱۳۹۶).

یک بررسی توسط مک کینزی^۳ نشان می‌دهد که در ۹۸ درصد از پروژه‌های ساخت و ساز، بیش از بودجه پیش‌بینی شده هزینه می‌شود و ۷۷ درصد از آن‌ها متحمل تاخیر می‌شوند. دلایل این تاخیرها ممکن است بسته به شرایط کاری پروژه متفاوت باشد. مدل مک کینزی به ابزاری اشاره دارد که طراحی سازمانی یک کسب و کار را تجزیه و تحلیل می‌کند. هدف از این مدل این است که چگونه می‌توان از طریق تعاملات هفت عنصر کلیدی، ساختار، استراتژی، مهارت، سیستم، ارزش‌های مشترک، سبک و کارکنان، به کارآمدی در یک سازمان دست یافت (Sompolgrunk et al., 2023).

³ Mckinsey

افراد ذینفع، صاحبان اموال، وام دهندگان، تامین کنندگان و پیمانکاران فرعی جنبه‌ها و علایق متفاوتی در سر راه پروژه دارند. به جز این عوامل، یک مدیر پروژه با مسائلی مانند مقررات دولتی و شرایط نامساعد آب و هوایی مواجه است که باعث تاخیر بیشتر می‌شود (Olatunji, 2014).

مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت و ساز با چالش‌های متعددی مواجه است که می‌توان آن‌ها را به دسته‌های مختلفی تقسیم کرد. این چالش‌ها می‌توانند به تاخیر در پروژه، افزایش هزینه‌ها و کاهش کیفیت منجر شوند (Radzi et al., 2024). در ادامه، برخی از مهم‌ترین چالش‌های مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت و ساز اشاره شده است.

۱. برنامه‌ریزی و زمان‌بندی

برنامه‌ریزی پروژه‌های ساخت و ساز معمولاً بسیار پیچیده هستند و برنامه‌ریزی دقیق آن‌ها می‌تواند دشوار باشد. تغییرات غیرمنتظره در زمان‌بندی پروژه می‌تواند به تاخیرات و مشکلات در مدیریت منابع منجر شود.

۲. مدیریت منابع

یافتن و نگهداری نیروی کار ماهر و متخصص می‌تواند چالشی بزرگ باشد. تأمین و مدیریت بهینه تجهیزات و مواد مورد نیاز پروژه نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و هماهنگی مستمر است.

۳. هزینه‌ها و بودجه‌بندی

افزایش غیرمنتظره هزینه‌ها می‌تواند به تجاوز از بودجه پروژه منجر شود. نیاز به نظارت دقیق و مستمر بر هزینه‌ها و منابع مالی پروژه برای جلوگیری از انحرافات مالی وجود دارد.

۴. مدیریت ریسک

شناسایی ریسک‌های مرتبط با پروژه و ارزیابی تاثیر آن‌ها بر پیشرفت پروژه ضروری است. تهیه برنامه‌های پاسخ به ریسک‌ها و اجرای آن‌ها برای کاهش تاثیرات منفی ریسک‌ها اهمیت دارد.

۵. هماهنگی و ارتباطات

نداشتن ارتباطات مؤثر میان اعضای تیم و ذینفعان پروژه می‌تواند به سوءتفاهم‌ها و مشکلات اجرایی منجر شود. هماهنگی میان تیم‌های طراحی، ساخت و مدیریت پروژه برای اطمینان از پیشرفت همگام پروژه ضروری است.

۶. کیفیت و استانداردها

تضمین کیفیت ساخت و ساز و رعایت استانداردها و مقررات محلی و بین‌المللی اهمیت زیادی دارد. نیاز به سیستم‌های کنترل کیفیت برای نظارت بر اجرای صحیح و دقیق پروژه وجود دارد.

۷. تأثیرات زیست‌محیطی

کاهش تاثیرات منفی زیست‌محیطی پروژه‌های ساخت و ساز و رعایت قوانین و مقررات زیست‌محیطی از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از مواد و روش‌های پایدار در ساخت و ساز برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود بهره‌وری منابع ضروری است.

۸. فناوری و نوآوری

با فناوری‌های نوین مانند BIM، واقعیت مجازی (VR) و هوش مصنوعی (AI) می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. نیاز به آموزش و توسعه مهارت‌های جدید در تیم‌های پروژه برای بهره‌برداری از فناوری‌های پیشرفته وجود دارد (Boeva et al., 2024; Gorenc & Dobrovoljc, 2024; Kresnanto et al., 2023).

۹. مسائل قانونی و مقرراتی

نیاز به رعایت دقیق قوانین و مقررات محلی، ملی و بین‌المللی در طول پروژه‌های ساخت و ساز وجود دارد. مدیریت دعاوی و مشکلات حقوقی که ممکن است در طول پروژه بروز کند، از اهمیت زیادی برخوردار است. مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت و ساز نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، هماهنگی مستمر و مدیریت مؤثر منابع، هزینه‌ها و ریسک‌ها است. با توجه به چالش‌های متعدد این صنعت، استفاده از فناوری‌های نوین و روش‌های مدیریت پیشرفته می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش مشکلات کمک کند (Boeva et al., 2024; Olowa et al., 2023; Radzi et al., 2024; Sompolgrunk et al., 2023).

۲-۲. مدل‌سازی اطلاعات ساخت و قابلیت‌های آن

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان فراتر از یک ابزار نرم‌افزاری است؛ بلکه یک رویکرد جامع به مدیریت اطلاعات پروژه‌های ساختمانی در طول چرخه عمر آن‌ها می‌باشد. در ادامه، به بررسی قابلیت‌های کلیدی BIM پرداخته شده است (Parsamehr et al., 2023).

مدل‌سازی سه‌بعدی

ایجاد مدل‌های سه‌بعدی دقیق و واقعی از ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها که تمامی جزئیات را شامل می‌شود. امکان تجسم پروژه در سه بعد، که به معماران، مهندسان و ذینفعان کمک می‌کند تا طرح‌ها را بهتر درک کنند و تصمیمات بهتری بگیرند (Kresnanto et al., 2023).

هماهنگی و همکاری

فراهم‌سازی بستری برای همکاری بین تیم‌های مختلف مانند معماران، مهندسان سازه، مهندسان برق و مکانیک، که می‌توانند به طور همزمان روی یک مدل کار کنند. شناسایی و حل مشکلات هماهنگی بین اجزا و سیستم‌های مختلف قبل از شروع ساخت، که منجر به کاهش تضادها و تداخلات در زمان ساخت می‌شود (Volk et al., 2014).

مدیریت اطلاعات پروژه

تمامی اطلاعات پروژه از جمله نقشه‌ها، مشخصات فنی، اطلاعات مواد و غیره در یک مدل مرکزی ذخیره می‌شود. دسترسی سریع و آسان به اطلاعات پروژه برای تمامی اعضای تیم و ذینفعان، که باعث بهبود کارایی و کاهش زمان مورد نیاز برای جستجو و بازیابی اطلاعات می‌شود (Sompolgrunk et al., 2023).

تحلیل و شبیه‌سازی

امکان شبیه‌سازی عملکرد ساختمان از جنبه‌های مختلف مانند انرژی، نورپردازی، تهویه و غیره، که به بهینه‌سازی طراحی کمک می‌کند. تحلیل دقیق هزینه‌ها در مراحل مختلف پروژه و ایجاد برآوردهای دقیق‌تر برای کنترل بهتر بودجه فراهم می‌نماید (Olowa et al., 2023).

مدیریت چرخه عمر

اطلاعات BIM می‌تواند در فاز بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرد، که شامل برنامه‌های تعمیر و نگهداری، مدیریت تجهیزات و اطلاعات عملکردی است. با استفاده از اطلاعات دقیق و به‌روز، می‌توان به بهره‌وری بهینه‌تر و کاهش هزینه‌های عملیاتی دست یافت (Gorenc & Dobrovoljc, 2024).

پایداری و محیط زیست

شبیه سازی و تحلیل های BIM می تواند به طراحی ساختمان های پایدارتر و کارآمدتر از نظر انرژی کمک کند. ارزیابی دقیق اثرات زیست محیطی در طول چرخه عمر پروژه و یافتن راهکارهایی برای کاهش این اثرات را به همراه دارد (Gorenc & Dobrovoljc, 2024).

نوآوری و فناوری های پیشرفته

امکان استفاده از فناوری های واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی (VR) برای بازدید مجازی از پروژه ها و بررسی جزئیات طراحی را فراهم می نماید. بهره گیری از هوش مصنوعی برای تحلیل داده ها، پیش بینی مشکلات و بهینه سازی فرآیندهای طراحی و ساخت (Muhammad Yasir et al., 2024).

۲-۳. نرم افزارهای مدل سازی اطلاعات ساخت

نرم افزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) ابزارهای قدرتمندی هستند که به معماران، مهندسان و مدیران پروژه کمک می کنند تا پروژه های ساختمانی را با دقت بیشتر و کارایی بهتر مدیریت کنند. در زیر به برخی از مهم ترین نرم افزارهای BIM اشاره شده است.

Autodesk Revit

Revit یکی از محبوب ترین نرم افزارهای BIM است که امکانات جامعی برای طراحی معماری، مهندسی سازه و سیستم های مکانیکی، برقی و لوله کشی (MEP) فراهم می کند. ابزارهای قدرتمند برای مدل سازی سه بعدی، تهیه نقشه های دقیق و مدیریت اطلاعات پروژه را ایجاد می نماید.

Tekla Structures

Tekla برای مدل سازی سازه های پیچیده و بزرگ مناسب است و از مواد مختلفی مانند فولاد، بتن و چوب پشتیبانی می کند. دقت بالا در مدل سازی سازه های پیچیده، قابلیت تهیه نقشه های اجرایی دقیق و مدیریت اطلاعات ساخت را به همراه دارد.

ArchiCAD

یکی دیگر از نرم افزارهای پرکاربرد BIM است که توسط Graphisoft توسعه داده شده و به ویژه برای معماران مناسب است. رابط کاربری دوستانه، قابلیت مدل سازی سه بعدی و دوبعدی، و امکانات قدرتمند برای هماهنگی بین تیم های مختلف را فراهم می آورد.

Navisworks

یک نرم افزار مدیریت پروژه های BIM است که توسط Autodesk توسعه داده شده و برای شبیه سازی، تحلیل و هماهنگی مدل های سه بعدی استفاده می شود. قابلیت تجسم سه بعدی، شبیه سازی زمان بندی (4D) و ابزارهای قدرتمند برای شناسایی تضادها می باشد.

Bentley Systems AECOsim

نرم افزاری جامع برای طراحی، تحلیل و شبیه سازی پروژه های ساخت و ساز است که از چندین رشته مهندسی پشتیبانی می کند. قابلیت های پیشرفته برای مدل سازی و تحلیل، پشتیبانی از پروژه های بزرگ و پیچیده و امکانات هماهنگی بین رشته ها را فراهم می نماید.

Vectorworks Architect

نرم‌افزاری چندمنظوره برای طراحی معماری و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است که امکاناتی برای مدل‌سازی سه‌بعدی و دوبعدی فراهم می‌کند. انعطاف‌پذیری بالا، رابط کاربری آسان و قابلیت‌های گسترده برای طراحی و مستندسازی است.

Allplan

نرم‌افزاری قدرتمند برای طراحی معماری و مهندسی سازه است که امکانات گسترده‌ای برای مدل‌سازی و مدیریت اطلاعات پروژه ارائه می‌دهد. قابلیت‌های پیشرفته برای طراحی سازه‌ها، هماهنگی بین رشته‌های مختلف و تهیه نقشه‌های اجرایی دقیق را فراهم می‌آورد.

SketchUp

نرم‌افزاری کاربرپسند برای طراحی سه‌بعدی و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است که برای پروژه‌های کوچک و متوسط بسیار مناسب است. یادگیری سریع و آسان، رابط کاربری دوستانه و قابلیت یکپارچه‌سازی با سایر نرم‌افزارهای BIM را ایجاد می‌نماید.

AutoCAD Civil 3D

Civil 3D نرم‌افزاری از شرکت Autodesk است که برای طراحی و مدل‌سازی پروژه‌های زیرساختی مانند جاده‌ها، پل‌ها و شبکه‌های آب و فاضلاب استفاده می‌شود. ابزارهای تخصصی برای مهندسی عمران، قابلیت‌های پیشرفته برای تحلیل و طراحی زیرساخت‌ها و هماهنگی با سایر نرم‌افزارهای Autodesk را فراهم می‌نماید.

Solibri Model Checker

نرم‌افزاری برای تحلیل و بررسی مدل‌های BIM است که برای شناسایی تضادها، بررسی کیفیت مدل‌ها و تطابق با استانداردها استفاده می‌شود. ابزارهای قدرتمند برای بررسی کیفیت و یکپارچگی مدل‌ها، شناسایی تضادها و تهیه گزارش‌های دقیق است.

هر کدام از این نرم‌افزارها قابلیت‌ها و مزایای خاص خود را دارند که بسته به نیازها و شرایط پروژه می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از نرم‌افزارهای BIM می‌تواند به بهبود کارایی، دقت و کیفیت پروژه‌های ساخت و ساز کمک شایانی کند (Gorenc & Dobrovoljc, 2024).

۲-۴. سطح توسعه‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساخت

سطوح توسعه‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به مراحل مختلفی اشاره دارد که یک پروژه ساختمانی می‌تواند در استفاده از فناوری BIM به آن‌ها برسد. این سطوح معمولاً با نام LODs (Levels of Development) شناخته می‌شوند و هر سطح میزان جزئیات و دقت اطلاعات موجود در مدل را مشخص می‌کند (Olatunji, 2014). در ادامه، سطوح مختلف توسعه‌ی BIM توضیح داده شده است.

LOD 100 – طراحی ابتدایی (Conceptual Design)

در این سطح، مدل‌ها به صورت ابتدایی و مفهومی هستند. اطلاعات موجود در این سطح بیشتر شامل شکل‌ها و حجم‌های کلی است و جزئیات دقیق را شامل نمی‌شود. این سطح برای ایجاد مفاهیم اولیه طراحی و تصمیم‌گیری‌های کلی مناسب است.

LOD 200 - طراحی شماتیک (Schematic Design)

مدل‌ها در این سطح شامل اجزای کلی با شکل‌ها، اندازه‌ها و مکان‌های تقریبی هستند. اطلاعات بیشتری نسبت به LOD 100 وجود دارد، اما هنوز جزئیات دقیق نیست. این سطح برای طراحی‌های اولیه و بررسی گزینه‌های مختلف طراحی مناسب است.

LOD 300 - طراحی توسعه یافته (Design Development)

در این سطح، مدل‌ها به جزئیات بیشتری دست یافته و شامل اطلاعات دقیق‌تری از اجزا مانند اندازه‌ها، اشکال و مکان‌ها هستند. اجزا به طور دقیق تعریف شده‌اند و مدل‌ها قابل استفاده برای تهیه نقشه‌های ساخت هستند. این سطح برای تهیه نقشه‌های اجرایی و بررسی دقیق‌تر طراحی مناسب است.

LOD 350 - مستندسازی (Construction Documentation)

مدل‌ها در این سطح شامل جزئیات بیشتر و اطلاعات اضافی مانند اتصال‌ها، پایه‌ها و پشتیبانی‌های ساخت می‌شوند. اطلاعات در این سطح برای هماهنگی بین رشته‌های مختلف و آماده‌سازی برای ساخت مناسب است. این سطح برای تهیه مستندات دقیق ساخت و هماهنگی بین تیم‌های مختلف پروژه مناسب است.

LOD 400 - ساخت و تولید (Construction)

مدل‌ها در این سطح شامل جزئیات کامل و دقیق برای ساخت و تولید اجزا می‌باشند. تمامی اطلاعات لازم برای ساخت، تولید و نصب اجزا در این سطح وجود دارد. این سطح برای مراحل ساخت و تولید نهایی اجزا مناسب است.

LOD 500 - بهره‌برداری و نگهداری (As-Built)

مدل‌ها در این سطح نشان‌دهنده شرایط واقعی و نهایی ساخت و ساز هستند. تمامی اطلاعات شامل تغییرات و اصلاحات انجام شده در طول ساخت در این مدل‌ها گنجانده شده است. این سطح برای مدیریت بهره‌برداری و نگهداری ساختمان پس از اتمام ساخت مناسب است.

سطوح توسعه‌ی به تعریف و دسته‌بندی میزان جزئیات و دقت اطلاعات موجود در مدل‌های BIM کمک می‌کند. این سطوح به تیم‌های پروژه امکان می‌دهد تا به طور مؤثرتری با یکدیگر هماهنگ شوند، تصمیم‌گیری‌های بهتری انجام دهند و پروژه‌ها را با کارایی و دقت بیشتری مدیریت کنند. با استفاده از LODs، تمامی مراحل پروژه از طراحی اولیه تا بهره‌برداری نهایی می‌توانند به طور سیستماتیک و سازمان‌یافته‌ای پیش بروند (Owa et al., ۲۰۲۳; Sudakova et al., ۲۰۲۴; Vol k et al., ۲۰۱۴).

۶-۲. پیشینه پژوهش

در این قسمت به مهم‌ترین پژوهش‌های مرتبط با مدلسازی اطلاعات ساختمان در دو حوزه‌های پژوهش‌های داخلی و خارجی پرداخته شده است.

پیشینه داخلی

اسدیان، شقاقی و بهاورنیا (۱۴۰۱)، با عنوان نقش مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در فرآیند طراحی جهت کاهش مصرف انرژی، پرداخته‌اند.

ابتدا اطلاعات لازم از طریق مطالعه منابع مختلف جمع‌آوری شده و کار طراحی با توجه به این مطالعات و استفاده از روش‌های طراحی معماری آغاز شد. سپس طبق قوانین و الزامات ساختمان سازی کشور، طرح پایه‌ای بدست آمد و این

طرح در نرم افزار RevitArchitecture مدل‌سازی شد. برای سنجش میزان نزدیکی به اصول پایداری در معماری، از نرم افزار Design Builder استفاده شد. در نظر داشتن بعد زمان در طراحی، باعث شد که نورگیر و تراس ساختمان در فصول سرد سال، بتوانند به گلخانه تبدیل شده و در فصول گرم سال نورگیر تنها نقش نورگیر ساختمان را دارد و به دلیل مکش صورت گرفته، به طور طبیعی باعث تهویه بخش‌های مختلف ساختمان گردد و تراس ساختمان نیز تنها نقش یک فضای نیمه باز را دارد که بر بخش‌های داخلی مرتبط سایه‌اندازی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد این روش می‌تواند پیشنهادی برای بهبود کیفیت استفاده از انرژی‌های طبیعی، خصوصاً نور خورشید، در ساختمان‌ها جهت بهینه‌سازی مصرف سوخت باشد.

طاهری‌پور، عزیزی و اشتهازدیان (۱۴۰۰)، با عنوان پذیرش فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شرکت‌های ساختمانی استان تهران با استفاده از مدل پذیرش فناوری (TAM)، پرداخته‌اند.

اگرچه در سال‌های اخیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان فناوری نوظهور در صنعت ساخت‌وساز ایران، مورد توجه افراد زیادی قرار گرفته، اما بهره‌وری پایین این صنعت، شرایط تحقق بسیاری از منافع حاصل از پیاده‌سازی این فناوری را با موانع بسیاری مواجه کرده است. پیاده‌سازی چنین فناوری‌هایی در مقیاس ملی، سازمانی و فردی، منوط به پذیرش آنهاست که متأسفانه وضعیت پذیرش BIM در ایران، بنا بر تحقیقات پیشین در این زمینه، بسیار کند و نامطلوب است. تجزیه و تحلیل داده‌ها که با استفاده از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام شد، نشان داد وضعیت پذیرش BIM در تمامی ۸۷ نمونه معتبر تحقیق، کمتر از حد متوسط است. یافته‌های تحقیق نشان داد هرچقدر افراد در ذهن و باور خود، استفاده از BIM را آسان‌تر تصور کنند، بیشتر می‌پندارند که استفاده از BIM برایشان سودمند است و هر دو این متغیرها، میزان گرایش بیشتری به سمت پذیرش فناوری BIM را منجر می‌شوند.

قاسم و زمانی نوری (۱۴۰۰)، با عنوان کاهش تاخیرات زمانی و زمان اجرای پروژه‌های ساختمانی با به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، پرداخته‌اند.

هدف از مقاله مذکور معرفی فرآیند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، قابلیت‌های بالقوه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و به کارگیری آن به عنوان ابزاری برای برنامه ریزی دقیق پروژه‌ها و جلوگیری از عوامل تاخیرات می‌باشد؛ بنابراین ابتدا شرح مسئله و مشکلات ناشی از طولانی شدن زمان اجرای پروژه‌ها بیان شد، پس از آن نیز به معرفی فرآیند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته شد. سپس با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای عوامل به وجود آورنده تاخیرات زمانی شناسایی شده و با بهره‌گیری از پرسش‌نامه و نظر خبرگان، عوامل اصلی تاخیرات شناسایی شدند و در نهایت با به کارگیری مطالعات تطبیقی به بررسی چگونگی کاربرد فرآیند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در جهت جلوگیری از هرکدام از این عوامل اصلی تاخیرات پرداخته شد. این مقاله با ارائه مدلی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات خبرگان، راه حلی برای جلوگیری از تاخیرات زمانی پروژه‌ها با به کارگیری فرآیند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ارائه نمود.

اندایش سر (۱۴۰۰)، با عنوان بکارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و نقشه‌برداری جریان ارزش از مفاهیم ناب به منظور بهبود در مدیریت پروژه‌های ساخت، پرداخت.

هدف از پژوهش مذکور تاثیر بکارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و نقشه‌برداری جریان ارزش در بهبود مدیریت پروژه‌های ساخت مطرح شد. صنعت ساخت و ساز از مشکلات زیادی رنج می‌برد که ناشی از اتلاف‌های موجود در پروژه می‌باشد. نتیجه رایج این اتلاف‌ها افزایش زمان و هزینه می‌باشد که بر عملکرد ذینفعان پروژه تاثیر منفی دارد.

اصلاح این امر نیازمند نگرشی نوین در بحث مدیریت پروژه ها است تا بتوان با حداقل منابع به حداکثر بازدهی در زمان برنامه ریزی شده رسید. این تحقیق که بصورت کتابخانه ای تدوین شده است پس از نگاه اجمالی به مدیریت اطلاعات ساختمان و مدیریت ناب به تشریح اثرات مثبت تعامل این دو پرداخته شده است. این مهم با استفاده از ابزار مناسبی مانند مدلسازی اطلاعات ساختمان و تعیین همه جانبه ارزش ها در راستای انجام پروژه و شناسایی جریان ارزش از ابتدا تا انتهای فرآیند ساخت به منظور حذف اتلاف ها میسر می شود که نتیجه آن افزایش ارزش فرآیندها و کاهش زمان و هزینه پروژه ها می باشد.

باستان، زارعی و احمدوند (۱۳۹۹)، با عنوان مدل پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان در ایران، پرداخته‌اند.

یکی از این فناوری‌ها، فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است که پذیرش و اجرای آن در کشور با مشکلات زیادی همراه بوده است؛ درک علل و ساختار عدم پذیرش این فناوری، مسئله اصلی پژوهش حاضر است. از این رو، ارائه یک مدل سیستمی و کل‌نگر با قابلیت تحلیل پویایی‌های پذیرش و اجرای این فناوری در کشور هدف اصلی تحقیق است. برای این منظور یک روش پژوهش ترکیبی کیفی و کمی طراحی شده است؛ به گونه‌ای که در فاز نخست با استفاده از نظریه داده‌بنیاد، مدلی مفهومی از پذیرش فناوری ارائه شده و سپس با به کارگیری روش پویایی‌شناسی سیستم، یک مدل کمی ریاضی با قابلیت شبیه‌سازی پیامدهای تصمیم ارائه شد. چهار سیاست تحت‌عنوان سناریو روی مدل اجرا شد. نتایج نشان می‌دهد حمایت دولت متشکل از مجموعه‌ای از اقدامات حاکمیتی، مهم‌ترین راهکار توسعه پذیرش و اجرای این فناوری در کشور است.

جعفری (۱۳۹۸)، با عنوان شفاف‌سازی ۷ باور نادرست در خصوص مدلسازی اطلاعات در صنعت ساختمان ایران، پرداخت.

پیش از شروع این پژوهش و بنا به تجربیات پژوهشگر روشن شد که برخی برداشت‌های نادرست در خصوص این مقوله در بین نقش آفرینان صنعت ساختمان وجود دارد که هدف این پژوهش شناسایی، تدقیق و شفاف‌سازی در خصوص آنهاست. این برداشت‌های نادرست عامل مهمی برای عدم کارایی و دستیابی به اهداف متصور از مدل‌سازی اطلاعات، در صنعت ساختمان است. برای این منظور بعد از تحلیل و بررسی تجربه‌های پیشین، مصاحبه‌هایی با نقش آفرینان صنعت ساختمان شامل مدیران و سرمایه‌گذاران انجام شد و بعد از پیاده‌سازی و تحلیل گفتگوهای انجام شده، ۷ برداشت نادرست شناسایی شد که با مراجعه به متون تخصصی مرتبط با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، برداشت صحیح و علمی در هر حوزه شناسایی گردید. این پژوهش نشان می‌دهد شفاف‌سازی در خصوص این برداشت‌های نادرست می‌تواند اثر قابل توجهی بر دست‌یابی به اهداف مدل‌سازی اطلاعات و افزایش بهره‌وری پروژه‌های ساختمانی داشته باشد.

زندیه، محمودزاده و حصاری (۱۳۹۶)، با عنوان مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)؛ مدلی در جهت بهبود فرآیند طراحی، پرداخته‌اند.

هدف کلی پژوهش مذکور، توسعه‌ی نوعی روش بهبود طراحی معماری در مرحله‌ی پیش از بهره‌برداری است؛ با هدف اثربخشی فاکتورهای بهبوددهنده، با استفاده از مدل اطلاعات ساختمان، طراحی نهایی انجام شد. در حقیقت این الگو فرضیات مورد نیاز طراح را در قالب ضعف‌ها، قوت‌ها، تهدیدها و فرصت‌ها به منظور کاهش خطاهای حاضر و بهبود

طراحی در آینده ارائه داده و طراح با استفاده از مدل اطلاعات ساختمان فرآیندهای مرتبط را در قالب نحوه پاسخگویی فرآیند ساخت به فشارهای در حال افزایش از جانب پیچیدگی بیشتر، توسعه سریع‌تر و تداوم‌پذیری بهبود یافته در قالب فناوری BIM ترسیم نمود؛ زیرا که فعالیت‌های سنتی قادر به پاسخگویی این فشارها نمی‌باشند.

پیشینه خارجی

سوداکوا و همکاران (۲۰۲۴)، با عنوان طرح اجرای ساختمان به عنوان یک سند موثر برای مدل سازی اطلاعات ساختمان، پرداخته‌اند.

استفاده از تکنولوژی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به تازگی به عنوان یک عامل تأثیرگذار در موفقیت پروژه‌های ساخت و ساز شناخته شده است. این تکنولوژی با ارائه طیف وسیعی از بهبودهای فنی در فرآیند طراحی (برای مثال نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی)، همچنین ابزارهای متنوعی برای مدیریت پروژه‌های ساخت و ساز فراهم می‌کند. هدف از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، حذف شکاف‌های موجود در انتقال داده‌ها بین مراحل مختلف چرخه حیات یک پروژه ساختمانی است. در این زمینه، BEP یا برنامه اجرای BIM، به عنوان یک سند اساسی در مفهوم BIM عمل می‌کند. این سند به عنوان ابزاری برای مدیریت پروژه، هم از منظر منابع انسانی، مانند رعایت ضرب‌الاجل‌ها، و هم از منظر حفظ و انتقال داده‌های گرافیکی و غیرگرافیکی پروژه، کاربرد دارد. علاوه بر این، BEP یک برنامه دقیق برای طراحی ساختمان، ساخت و مدیریت تأسیسات ارائه می‌دهد و به اطمینان از هماهنگی همه ذینفعان با اهداف پروژه کمک می‌کند. این مقاله به بررسی BEP به عنوان یک سندی که در مراحل مختلف چرخه حیات، از طراحی و برنامه‌ریزی اولیه تا ساخت و تحویل نهایی، تحول می‌یابد، پرداخته و پتانسیل آن در مدیریت تأسیسات را مورد بررسی قرار می‌دهد.

گورنگ و دابروولجیک (۲۰۲۴)، با عنوان عوامل کلیدی موفقیت در اجرای مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی در سازمان‌های اسلوونیایی، پرداخته‌اند.

هدف مقاله مذکور شناسایی عوامل اصلی تسهیل‌کننده و موانع اجرای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در اسلوونی است. این مطالعه شامل یک نظرسنجی کمی با استفاده از پرسشنامه آنلاین بوده که نمونه گسترده‌ای از شرکت‌های ساختمانی اسلوونیایی را پوشش می‌دهد. پژوهش نشان داد که مهم‌ترین عامل تسهیل‌کننده اجرای BIM در اسلوونی، آگاهی از این موضوع است که BIM به بهبود هماهنگی مستندات پروژه و فرآیندهای ساخت کمک می‌کند. همچنین مشخص شد که حمایت قانونی از پذیرش BIM در اسلوونی ضروری نیست. پذیرش زودهنگام قوانین مرتبط می‌تواند مفید باشد، اما برای پذیرش BIM ضروری نیست. مهم‌ترین عوامل برای پذیرش BIM در اسلوونی آن‌هایی هستند که به بهبود بهره‌وری و کارایی پرداخته‌اند. مطالعه همچنین تأیید کرد که هزینه بالای اجرای BIM مانع مهمی برای پذیرش BIM در اسلوونی نیست. با استفاده از تحلیل اکتشافی، دریافتیم که دو عامل مهم‌ترین تسهیل‌کننده پذیرش BIM در اسلوونی، آگاهی از افزایش کارایی به وسیله BIM و اینکه این افزایش کارایی می‌تواند با توانمندسازی افراد برای کار در محیط BIM محقق شود، هستند. در عین حال، باید بر بزرگ‌ترین مانع، که همان سوءتفاهم از مفهوم BIM است، غلبه نمود.

بوا و همکاران (۲۰۲۴)، با عنوان پلتفرم سازی در محیط ساخته شده: اقتصاد فنی و سیاسی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، پرداخته‌اند.

تحول دیجیتال در معماری، مهندسی و ساخت (AEC) به عنوان یک راه حل کامل برای مشکلات این بخش ها مورد استقبال قرار گرفته است، با بازیگران اصلی در دولت و کسب و کار که آن را به عنوان نشانه ای از افزایش بهره وری، کیفیت بهتر و عملکرد زیست محیطی بهتر تبلیغ می کنند. با این حال، پیشرفت دیجیتالی شدن در AEC با منطبق سیاسی-اقتصادی خاصی در هم تنیده است که شامل محدودیت ها، وابستگی های جدید و بازآرایی روابط قدرت می باشد. به طور مشخص، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان یک همگرایی دیجیتال از مدل های سب بعدی ساختمان، پایگاه های داده و رابط هایی برای همکاری چندرشته ای، به عنوان یک فناوری پیشرو برای دیجیتالی شدن و یک نقطه ورود برای پلتفرم سازی توسط غول های نرم افزاری جهانی عمل می کند، چنان که مطالعه تجربی این مقاله در مورد شرکت نرم افزاری Autodesk و مجموعه محصولات BIM آن نشان می دهد. پیوند BIM با استراتژی های سیاستی دولتی و منطق پلتفرم اقتصادی تکنولوژیکی مدل های اشتراک نرم افزار، رابط های برنامه نویسی کاربردی باز و همکاری مبتنی بر ابر، مدیریت و کنترل داده های ساخت و قابلیت همکاری نرم افزارها را تضمین می کند. در عین حال، پیکربندی تکنو-اقتصادی و سیاسی BIM، ساختاری نزدیک به انحصاری در بازار جهانی نرم افزارهای معماری و ساخت ایجاد می کند. این امر به یک شرکت هژمونیک قدرت عظیمی می دهد تا فرمت ها، استانداردها و داده های مربوط به مدل های ساختمانی و فرآیندهای طراحی را که در ایجاد محیط ساخته شده استفاده می شوند، تعریف کند. منطق های گسترده و متقاطع دارایی سازی، پلتفرم سازی و داده سازی در بخش AEC نفوذ کرده اند و سؤالاتی را در مورد تأثیرات طبقه بندی آنها در محیط ساخته شده و جامعه برانگیخته اند.

پارسامهر و همکاران (۲۰۲۳)، با عنوان مروری بر چالش های مدیریت ساخت و ساز و راه حل های مبتنی بر BIM: دیدگاه هایی از زمان بندی، هزینه، کیفیت و مدیریت ایمنی، پرداخته اند.

تحويل مؤثر پروژه در زمینه مدیریت ساخت و ساز معاصر وابسته به حجم زیادی از داده ها است. با این حال، به دلیل چالش های مرتبط با اجرا، دسترسی آسان به داده های کلیدی مدیریت ساخت و ساز همچنان یک مانع بزرگ است. مدیریت به سرعت در حال تحول است تا به کارگیری روش های تصمیم گیری پیش بینی کننده را تسهیل کند، که در این میان دیجیتالی سازی داده های ساخت و ساز به عنوان یک جزء حیاتی عمل می کند. صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC) در اجرای مفاهیم مدرن مدیریت و همچنین فناوری های نوین عقب مانده است. با این حال، بازطراحی مدیریت ساخت و ساز به گونه ای که با صنایع مرتبط دیگر، مانند تولید، نفت و گاز همگام شود، حیاتی است. ظهور مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان عامل اصلی تغییر پارادایمی است که مدیریت ساخت و ساز در حال حاضر تجربه می کند. BIM یک پلتفرم مجهز به ابزارهای منحصر به فرد و مؤثر برای حمایت از اجرای تکنیک های مدیریت است. این تحقیق به طور انتقادی چالش های موجود در مدیریت ساخت و ساز سنتی و راه حل های تصمیم گیری برای مدیریت ساخت و ساز که توسط BIM ارائه شده اند را بررسی می کند. این بررسی بر چهار خط اصلی مدیریت ساخت و ساز (یعنی مدیریت زمان بندی، هزینه، کیفیت و ایمنی) و نحوه کمک پلتفرم مدیریت ساخت و ساز مبتنی بر BIM به نظارت بر این جنبه ها متمرکز است. این بررسی نشان داد که تمرکز اصلی محققان بر توسعه مدل های پیش بینی خودکار مبتنی بر BIM و بهبود ارتباطات و همکاری میان شرکت کنندگان پروژه بوده است. بر اساس یافته های این تحقیق، یک چارچوب تصمیم گیری مدیریت ساخت و ساز مبتنی بر BIM پیشنهاد شد. این نقشه راه به سازمان های

ساخت و ساز اطلاعات مورد نیاز برای اجرای سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر BIM برای مدیریت پروژه را ارائه می‌دهد. در نهایت، این تحقیق چندین شکاف دانشی و پتانسیل‌های تحقیقاتی آینده را شناسایی کرد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

تحقیق توصیفی (غیرآزمایشی) شامل مجموعه روش‌هایی است که هدف آن‌ها توصیف شرایط یا پدیده‌های مورد بررسی است. تحقیق توصیفی یک روش تحقیق علمی است که بدون دخالت پژوهشگر در متغیرها صورت می‌گیرد. اجرای تحقیق توصیفی صرفاً برای شناخت بیشتر شرایط موجود یا یاری رساندن به فرایند تصمیم‌گیری باشد. بیشتر تحقیقات علوم رفتاری را در زمره تحقیق توصیفی به شمار آورد. این نوع تحقیق را می‌توان به منظور یافتن پاسخ سوال‌هایی از نوع وضعیت متغیرها یا الگوی روابط بین آن‌ها بکار برد. بطور کلی انواع روش تحقیق از منظر نحوه گردآوری داده‌ها به دو دسته تحقیق آزمایشی و توصیفی (غیرآزمایشی) تقسیم می‌شوند. تحقیق توصیفی که گاهی به عنوان تحقیق غیرتجربی نامیده می‌شود، با روابط بین متغیرها، آزمودن فرضیه‌ها، پروراندن مفاهیم و قوانین کلی، اصول و یا نظریه‌هایی که دارای روائی جهان شمول است، سروکار دارد (حافظ‌نیا، ۱۴۰۲).

پژوهش حاضر به روش توصیفی - مروری با توجه به مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی به روزترین مقالات داخلی و خارجی و کتب متعیر در حوزه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به بیان مفاهیم کلیدی و مسائل مرتبط با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته شده است.

۴. گام‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک فرآیند چندمرحله‌ای است که نیازمند همکاری و هماهنگی بین تیم‌های مختلف پروژه می‌باشد. هر مرحله از این فرآیند به تدریج جزئیات بیشتری را به مدل اضافه کرده و آن را به سمت نهایی شدن پیش می‌برد. در ادامه، گام‌های اصلی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان توضیح داده شده است:

۱. برنامه‌ریزی و تعیین اهداف^۴

در این مرحله، اهداف پروژه و نیازمندی‌های کلی تعیین می‌شوند. این اهداف شامل کارایی، زمان‌بندی، هزینه‌ها و کیفیت مورد انتظار است. تعیین اهداف پروژه، برنامه‌ریزی اولیه، شناسایی نیازمندی‌ها و انتظارات ذینفعان در این گام ضروری است.

۲. تدوین برنامه اجرای BEP - BIM (BIM Execution Plan)

یک BEP تدوین می‌شود که شامل دستورالعمل‌ها، استانداردها، مسئولیت‌ها و فرآیندهای کاری است. تدوین BEP، تعریف نقش‌ها و مسئولیت‌ها، تنظیم برنامه زمان‌بندی و فرآیندهای کنترل کیفیت در این گام ضروری است.

۳. مدل‌سازی اولیه و طراحی مفهومی^۵

در این مرحله، مدل‌های اولیه و مفهومی ساختمان تهیه می‌شوند. این مدل‌ها شامل شکل‌ها و حجم‌های کلی بدون جزئیات دقیق هستند. ایجاد مدل‌های مفهومی، بررسی گزینه‌های مختلف طراحی، تأیید طراحی‌های اولیه در مدل‌سازی اولیه و طراحی مفهومی ضروری است.

^۴ Planning and Goal Setting

^۵ Conceptual Modeling and Design

۴. توسعه مدل و طراحی تفصیلی^۶

مدل‌های مفهومی با اضافه کردن جزئیات بیشتر توسعه می‌یابند. این مرحله شامل مدل‌سازی دقیق‌تر و طراحی تفصیلی اجزا و سیستم‌های ساختمان است. تکمیل مدل‌های سه‌بعدی، اضافه کردن جزئیات، تهیه نقشه‌های اجرایی در توسعه مدل و طراحی تفصیلی ضروری است.

۵. هماهنگی و شناسایی تضادها^۷

در این مرحله، مدل‌های مختلف رشته‌ها (معماری، سازه، MEP و غیره) با هم هماهنگ می‌شوند و تضادهای موجود شناسایی و رفع می‌گردند. هماهنگی بین رشته‌ها، شناسایی و رفع تضادها، به‌روزرسانی مدل‌ها برای هماهنگی و شناسایی تضادها لازم است.

۶. مدل‌سازی برای ساخت^۸

مدل‌های نهایی برای استفاده در ساخت و ساز تهیه می‌شوند. این مدل‌ها شامل جزئیات کامل برای اجرای پروژه هستند. تهیه مدل‌های اجرایی، تنظیم برنامه زمان‌بندی ساخت، هماهنگی با تیم‌های اجرایی باید صورت پذیرد.

۷. نظارت و کنترل کیفیت^۹

در این مرحله، فرآیند ساخت و ساز تحت نظارت قرار می‌گیرد و کیفیت اجرا مطابق با مدل‌های BIM بررسی می‌شود. نظارت بر فرآیند ساخت، کنترل کیفیت، مستندسازی تغییرات و اصلاحات حیاتی است.

۸. تحویل و بهره‌برداری^{۱۰}

پس از تکمیل ساخت و ساز، مدل‌های نهایی به کارفرما تحویل داده می‌شوند و برای بهره‌برداری و نگهداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحویل مدل‌های نهایی، آموزش بهره‌برداران، استفاده از مدل‌ها برای مدیریت تأسیسات و نگهداری در مرحله تحویل و بهره‌برداری باید صورت گیرد.

۹. نگهداری و مدیریت تأسیسات^{۱۱}

مدل‌های BIM به عنوان ابزاری برای نگهداری و مدیریت تأسیسات در طول عمر ساختمان استفاده می‌شوند. به‌روزرسانی مدل‌ها، استفاده از مدل‌ها برای تعمیر و نگهداری، مدیریت داده‌های ساختمان حیاتی است.

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک فرآیند جامع و یکپارچه است که تمامی مراحل از طراحی اولیه تا نگهداری و بهره‌برداری را پوشش می‌دهد. هر مرحله از این فرآیند به بهبود کیفیت، هماهنگی و کارایی پروژه کمک می‌کند و امکان مدیریت بهتر و دقیق‌تر پروژه‌های ساختمانی را فراهم می‌سازد.

۵. نتیجه‌گیری

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک رویکرد نوین و کارآمد برای مدیریت اطلاعات پروژه‌های ساخت و ساز است که قابلیت‌های متعددی از جمله مدل‌سازی سه‌بعدی، هماهنگی و همکاری، مدیریت اطلاعات، تحلیل و شبیه‌سازی، مدیریت چرخه عمر، طراحی پایدار و بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته را ارائه می‌دهد. این قابلیت‌ها

⁶ Design Development

⁷ Coordination and Clash Detection

⁸ Construction Modeling

⁹ Monitoring and Quality Control

¹⁰ Delivery and Operation

¹¹ Maintenance and Facility Management

می‌توانند به بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت پروژه‌های ساخت و ساز کمک کنند. با پیشرفت تکنولوژی‌هایی مانند هوش مصنوعی، واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR) و اینترنت اشیا (IoT)، انتظار می‌رود که BIM به طور فزاینده‌ای پیشرفته‌تر و کارآمدتر شود. همچنین، استفاده از BIM در فازهای مختلف چرخه عمر ساختمان، از طراحی و ساخت تا بهره‌برداری و نگهداری، گسترده‌تر خواهد شد.

در پژوهش حاضر تلاش نمودیم تا با مروری بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مفاهیم آن جهت شناخت دقیق تر مفاهیم مرتبط با آن و مروری بر پیشینه‌های پژوهش مسیر را برای علاقه‌مندان به این مباحث و افزایش کارایی این نوع مدل‌سازی بیش از گذشته روشن نماییم.

۶. منابع و مآخذ

۱. اسدیان، مرجان؛ شقاقی، شهریار و بهاورنیا، سیدیاشار. (۱۴۰۱). نقش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در فرآیند طراحی جهت کاهش مصرف انرژی. *مطالعات بین رشته‌ای در تعالی معماری و شهرسازی*، ۲(۱)، ۱۵۵-۱۲۹.
۲. اندایش‌سر، زهرا. (۱۴۰۰). بکارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و نقشه برداری جریان ارزش از مفاهیم ناب به منظور بهبود در مدیریت پروژه‌های ساخت. *نخبگان علوم و مهندسی*، ۲۹(۶)، ۱۵۵-۱۶۴.
۳. باستان، مهدی؛ زارعی، معصومه و احمدوند، علی محمد. (۱۳۹۹). مدل پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ایران. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، ۳۷(۱۰)، ۹-۳۹.
۴. بهزادپور، محمد و خاک‌زند، مهدی. (۱۴۰۰). بررسی تاثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در طراحی و چیدمان مبلمان فضاهای داخلی مجتمع‌های آموزشی (موردپژوهی: دانشکده معماری شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران). *معماری و شهرسازی پایدار*، ۱۸(۹)، ۱۷۷-۱۹۸.
۵. جعفری، طوفان. (۱۳۹۸). شفاف‌سازی ۷ باور نادرست در خصوص مدل‌سازی اطلاعات در صنعت ساختمان ایران. *معماری شناسی*، ۱۳(۲)، ۱۱۴-۱۰۷.
۶. حافظ نیا، محمدرضا. (۱۴۰۲). *مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی*، انتشارات سمت، تهران، ایران.
۷. زندیه، مهدی؛ محمودزاده کئی، ایرج و حصاری، پدram. (۱۳۹۶). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)؛ مدلی در جهت بهبود فرآیند طراحی. *نقش جهان*، ۱۸(۷)، ۷۱-۷۸.
۸. طاهری‌پور، سحر؛ عزیزی، مجتبی و اشتهااردیان، احسان‌اله. (۱۴۰۰). پذیرش فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شرکت‌های ساختمانی استان تهران با استفاده از مدل پذیرش فناوری (TAM). *مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی*، ۸(۲)، ۳۸۴-۴۰۰.
۹. عابدی، محمود. (۱۳۹۷). اثربخشی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های ساختمانی در چین. *پژوهش‌های کاربردی در فنی و مهندسی*، ۸(۲)، ۱۲۳-۱۳۸.
۱۰. عسگری‌زیوه، حمیدرضا؛ روانشادینا، مهدی و شیرنگی، سیداحسان. (۱۴۰۰). شبیه‌سازی چهاربعدی فرایند ساخت با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و زنجیره بحرانی مدیریت پروژه برای بهینه‌سازی زمان‌بندی. *پژوهش‌های کاربردی در فنی و مهندسی*، ۲۴(۳)، ۴۳-۶۰.
۱۱. قاسم، رضا و زمانی‌نوری، علیرضا. (۱۳۹۶). کاهش تاخیرات زمانی و زمان اجرای پروژه‌های ساختمانی با به

کارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان. پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری، ۷(۳)، ۱۶-۲۶.

12. Boeva, Y., Braun, K., & Kropp, C. (2024). Platformization in the built environment: the political techno-economy of Building Information Modeling. *Science as Culture*, 33(2), 146-173.
13. Gorenc, B., & Dobrovoljc, A. (2024). Key success factors of implementation of building information modeling in slovenian organizations. *Dynamic Relationships Management Journal*, 13(1).
14. Kresnanto, N.C., Ramadhan, R.I., Willdan, M., & Putra, P.B.P. (2023). BIM's Contribution as A Sustainable Construction Accelerator. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 4(01), 38-52.
15. Yasir, M., Khurshid, Z., Anwar Raja, U., Khurshid, H., Khan, A.M., & Lawani, K. (2024). The use of building information modelling (BIM) in the management of construction safety: The development towards automation hazard identification and assessment. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(2), 830-852.
16. Olatunji, O.A. (2014). Views on building information modelling, procurement and contract management. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Management, Procurement and Law*, 167(3), 117-126.
17. Olowa, T., Witt, E., & Lill, I. (2023). Building information modelling (BIM) – enabled construction education: teaching project cash flow concepts. *International Journal of Construction Management*, 23(9), 1494-1505.
18. Parsamehr, M., Perera, U.S., Dodanwala, T.C., Perera, P., & Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(1), 353-389.
19. Radzi, A.R., Azmi, N.F., Kamaruzzaman, S.N., Rahman, R.A., & Papadonikolaki, E. (2024). Relationship between digital twin and building information modeling: a systematic review and future directions. *Construction Innovation*, 24(3), 811-829.
20. Sompolgrunk, A., Banihashemi, S., & Mohandes, S.R. (2023). Building information modelling (BIM) and the return on investment: a systematic analysis. *Construction Innovation*, 23(1), 129-154.
21. Sudakova, K., Remeš, J., & Tichá, A. (2024). Building Execution Plan as an effective document for Building Information Modelling. *Procedia Computer Science*, 239, 556-562.
22. Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.

An overview of Building Information Modeling (BIM)

Hamed Shokri^{*1}

Amir Najafi²

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is an intelligent technology and a new design process where all construction information and specifications are created in a digital file. It is not merely a software but a vast and comprehensive technology. For the implementation of this technology and design process, several software applications have been defined, among which Autodesk Revit and Tekla Structures are the most significant. The purpose of the present study is to review and thoroughly examine the theoretical foundations and background of Building Information Modeling and to describe and explain this model. To this end, after reviewing the literature and previous research, the methodology and stages of Building Information Modeling are introduced. Finally, practical suggestions are provided to construction industry managers to enhance the utilization of BIM.

Keyword

Construction Industry, Modeling, Building Information Modeling (BIM)

1. M.Sc. Graduate, Industrial Management, Project Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

(* Corresponding Author: matin2062006@yahoo.com)

2. Associate Professor of Industrial Engineering, Zanzan Branch, Islamic Azad University, Zanzan, Iran (asdnjf@gmail.com)