www.cpjournals.com ISSN:۲۶۷۶-۵۱۱X (Civil & Project Journal(CPJ)) نشریه عمران و پروژه
سال سوم، دوره ۳، شماره ۲، اردیبهشت ۱۴۰۰،شماره پیاپی ۲۴،صفحه ۸۰تا صفحه ۹۵

Project planning, control and management using building information modeling

Somayeh Ghorbani noe[۱]

[۱]-*Master of Engineering and Construction Management-Payame Noor University of Alborz*

Email: so.ghorbani@gmail.com

ABSTRACT

Today, in the industries of architecture, engineering, and construction (AEC[۱]), it is essential to implement management techniques and tools, especially with increasing project scale. While the search for better techniques and tools continues, BIM[۲] building information modeling is one of the most promising developments in the industry, reflecting a digital picture of the physical and functional characteristics of a structure in order to create a reliable basis for decision making, During the life cycle of the structure (ISO standard, ۲۰۱۱) and presents the project in multidimensional. Geometric data is modeled and, most importantly, project-related data such as element performance, material specifications, execution details, program, cost, etc. are also stored with the model. The BIM also incorporates many of the functions needed to model a building's life cycle, paving the way for new designs and capabilities, and changing roles and relationships between project teams. The goal is to provide a single model for all stakeholders at all stages of the project. In this paper, the main challenges in the current method of project management and control are analysed and how BIM-based project management overcomes these challenges. It explored how to use BIM to manage and gather information to build a BIM model. The benefits of planning, cost estimation, sustainability, and facilities management of BIM-based multiple-dimensional in the areas of planning, control, project management and construction were explored. At the end, a brief explanation was given about the BIM software platforms and how to work with them.

Keywords: *project planning, control and management, BIM, IFC, nD, BEP.*

All rights reserved to Civil & Project Journal.

۱ Architectural, Engineering, Construction
۲ Building information modeling

نشریه عمران و پروژه (Civil & Project Journal(CPJ)) ISSN:۲۶۷۶-۵۱۱X www.cpjournals.com
سال سوم، دوره ۳، شماره ۲، اردیبهشت ۱۴۰۰،شماره پیاپی ۲۴،صفحه ۸۰تا صفحه ۹۵

برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه با استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان

سمیه قربانی نوع[۱]

[*]۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت-دانشگاه پیام نور البرز
پست الکترونیکی: so.ghorbani@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۲/۰۷ ***تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱***

چکیده

امروزه، در صنایع معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC[۱])، اجرای تکنیک‌ها و ابزارهای مدیریت به ویژه با افزایش مقیاس پروژه‌ها، بسیار ضروری است. در حالی که جستجوی تکنیک‌ها و ابزارهای بهتر همواره ادامه دارد، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM[۲]) یکی از امیدوار کننده ترین پیشرفت‌ها در این صنایع است که نشان دهنده تصویری دیجیتال از مشخصات فیزیکی و عملکردی یک پروژه به منظور ایجاد یک مبنای قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری‌ها در طول چرخه حیات آن است (استاندارد ایزو، ۲۰۱۱) و پروژه را به صورت چند بعدی ارائه می‌دهد. داده‌های هندسی مدل شده و مهمتر از همه داده‌های مرتبط با پروژه مانند عملکرد عناصر، مشخصات مواد، جزئیات اجرا، برنامه، هزینه و غیره نیز با مدل ذخیره می‌شوند. BIM همچنین بسیاری از کارکردهای مورد نیاز برای مدلسازی چرخه عمر ساختمان را در خود جای داده و زمینه را برای ایجاد طراحی و قابلیت‌های جدید ساخت و تغییر در نقش‌ها و روابط بین تیم پروژه فراهم می‌آورد. هدف این است که در تمام مراحل پروژه یک الگوی واحد برای همه ذینفعان فراهم شود. در این مقاله، چالش‌های اصلی در روش فعلی مدیریت و کنترل پروژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و اینکه مدیریت پروژه بر مبنای BIM چگونه بر این چالش‌ها غلبه می‌کند. به بررسی چگونگی استفاده از BIM برای مدیریت و جمع آوری اطلاعات برای ساختن مدل BIM پرداخته شد. مزایای برنامه‌ریزی، برآورد هزینه، پایداری و مدیریت تأسیسات مبتنی بر ابعاد چند گانه BIM در حوزه برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه و ساخت بررسی گردید. در پایان توضیح مختصری درباره بسترهای نرم افزاری BIM و نحوه انجام کار با آنها داده شد.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه، BIM، IFC، *n*D، BEP.

۱ Architectural, Engineering, Construction
۲ Building information modeling

۱. مقدمه

مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM وسیله‌ای برای ایجاد و مدیریت داده‌های ساختمان از طریق استفاده از ابزارهای CAD[۱] و ICT[۲] (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸) می‌باشد که در صنعت، به الزامی برای مدیریت و کنترل مؤثر پروژه‌ها تبدیل شده است. نرخ به کارگیری BIM در سال‌های اخیر رو به رشد است. مطالعه مک گروهیل که در طول ۵ سال بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ در آمریکای شمالی انجام شد نشان می‌دهد که به کارگیری BIM از ۲۸ درصد در سال ۲۰۰۷ به ۷۱ درصد در سال ۲۰۱۲ رشد داشته است (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷). سیستم‌های مدیریت پروژه سنتی فاقد قابلیت مدیریت در لحظه و همزمان با اجرای پروژه هستند، یکی از روش‌های نوین مدیریت و کنترل پروژه روش کنترل به هنگام پروژه[۳] می‌باشد. منظور از مدیریت به هنگام پروژه، کنترل و نظارت لحظه به لحظه و در زمان واقعی بر تمامی فرآیندهای اجرا از جمله المان‌ها، روش اجرا، زمان و هزینه‌های اجرای یک پروژه و قابلیت به روزرسانی برنامه زمانبندی و نظارت دقیق بر آن می‌باشد (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). استفاده از روش‌های نوین به واسطه یکپارچگی در برنامه‌ریزی زمان، هزینه، ساختار شکست کار و مانیتورینگ روند پیشرفت پروژه در فرآیند کنترل پروژه موجب جلوگیری از فهم نامناسب مدیران تصمیم‌گیر پروژه از مشکلات موجود و اتخاذ تصمیماتی با اثرگذاری پایین می‌شود (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶).

ورودIT ، در فناوری‌های ساخت و مدیریت پروژه شکل اساسی به خود گرفته است و نقش تعیین کننده‌ای در انجام فرآیندهای اجرایی دارد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). BIM قادر است تصویری دیجیتالی را به صورت سه‌بعدی از پروژه ارائه دهد، اما مهمتر از آن سیستم‌های BIM علاوه بر داده‌های هندسی، تمام داده‌های مفهومی لازم همچون عملکرد عناصر، مشخصات مواد، جزئیات اجرا، برنامه، هزینه‌ها و ... را نیز در مدل برای تبادل و به روز رسانی اطلاعات به همراه داشته که از این طریق یک الگوی واحد از پروژه برای فهم مشترک ذینفعان در تمام مراحل کار ایجاد می‌گردد (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸). مزایای فن‌آوری BIM از مرحله طراحی مفهومی آغاز شده و کل چرخه حیات پروژه را تحت پوشش قرار می‌دهد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). BIM فرآیند همکاری را در طراحی و اجرا بین اعضای پروژه ایجاد کرده و مهارت‌های مدیریت و کنترل پروژه را در یک مدل جمع آوری می‌کند و با توجه به سیستم‌های امنیتی تعبیه شده، امکان ایجاد سطح دسترسی‌های مختلف برای کاربران متفاوت را فراهم می‌آورد (Rezazadeh, Rostami Nikoo, Khanzadi, ۲۰۱۸). این اطلاعات در بخش‌های مختلف صنعت ساخت و ساز از جمله برنامه‌ریزی پروژه، آنالیزهای مختلف، استخراج مقادیر، طراحی و یکپارچه سازی ساخت وساز، بهینه سازی، ارزیابی ریسک، تخمین هزینه، مدیریت ریسک، مدیریت پروژه، و مدیریت ساخته کاربرد موثری دارد (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸). مدلسازی اطلاعات ساختمانBIM به طور موفقیت آمیزی بسیاری از مشکلات رویکردهای سنتی درAEC نظیر ارتباطات ضعیف، دوباره کاری‌های مکرر و تجسم نادرست اطلاعات را مورد توجه قرار داده است و می‌توان گفت اگر از مدلسازی اطلاعات ساختمان به شکل مؤثری استفاده شود، منجر به کیفیت بالای ساختمان‌ها و کاهش هزینه‌ی پروژه‌ها می‌گردد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

در این مقاله ساختارهای موجود و مؤثر BIM در راستای برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه بررسی شده و با هدف روشن ساختن تأثیرات بیم به فازهای مختلف مدیریت پروژه پرداخته شده است.

۲. پیشینه

مفاهیم پایه BIM برای اولین بار توسط Eastman در اواسط دهه ۱۹۷۰ با نمونه اولیه "سیستم توصیف ساختمان" معرفی شد. سپس با ساخت مدل‌های محصول و ثبت اطلاعات مربوط به آن مورد بررسی و در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی به شکل محدود با برنامه‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفت ولی به دلیل بالا بودن هزینه سخت افزار مورد نیاز، استفاده گسترده از آن محدود بوده تا اینکه در سال ۲۰۰۲ شرکت Autodesk، BIM را برای اولین بار در مقاله ای معرفی کرد (Wikipedia and BIM Handbook, ۲۰۱۱) .

۱ Computer Aided Design
۲ Information and Communications Technology
۳ Real Time

ایستمن در کتاب خود به نام" راهنمای BIM " آن را اینگونه تعریف می‌کند: به عنوان یک تکنولوژی مدلسازی و مجموعه‌های مرتبط از فرآیندهای تولید، ارتباط و تجزیه وتحلیل مدل‌های ساختمان است، همچنین گروه تحقیقاتی ایالتی پنسیلوانیا، BIM را" فرآیند طراحی، تجزیه وتحلیل، یکپارچه سازی و مستندسازی چرخه ی عمر یک ساختمان، با ایجاد نمونه ی مجازی هوشمند از ساختمان با استفاده از پایگاه داده ای از اطلاعات "تعریف می‌کند (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷). راهنمای مدل سازی اطلاعات ساختمان شهر نیویورک BIM را بدینگونه تعریف میکند:" مدل سازی اطلاعات ساختمان تکنولوژی است که با برقراری ارتباط دیجیتالی بین نرم افزارهای مختلف امکان تبادل اطلاعات و همکاری یکپارچه بین طراحان را فراهم می‌سازد و با بالابردن دقت و یکپارچگی طراحی‌ها، میزان خطاها را بطور چشمگیری کاهش می‌دهد" (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

در تعریف PMBOK[۱] پروژه به تلاشی موقت در راستای ایجاد یک محصول، خدمت و یا نتیجه منحصر به فرد اطلاق می‌شود. مدیریت پروژه، کاربرد دانش، مهارت‌ها، ابزارها و تکنیک‌های مرتبط با فعالیت‌های پروژه در راستای تامین الزامات پروژه است. مدیریت پروژه از طریق پنج گروه فرآیندی مرتبط به هم انجام می‌شود: ۱- فرایند آغازین ۲- فرآیند برنامه‌ریزی ۳- فرآیند اجرا ۴- فرآیند نظارت و کنترل ۵- خاتمه پروژه (PMBOK, ۲۰۱۳) و حوزه‌های دانش مدیریت پروژه شامل مدیریت دامنه، مدیریت زمان، مدیریت هزینه، مدیریت کیفیت، مدیریت منابع انسانی، مدیریت ارتباطات، مدیریت ریسک و مدیریت تدارکات و مدیریت یکپارچگی هستند. هر پروژه مطابق با این حوزه‌های مدیریتی، دارای سطوح عدم قطعیت بوده و چالش اصلی، مدیریت عدم قطعیت‌ها با در نظر گرفتن تمامی موارد است. در هر مرحله، مدیر پروژه و سایر متخصصان وظایفی داشته و عدم قطعیت‌های زیادی پیش رو دارند. به همین دلیل، استفاده از سیستم‌ها با کمک رایانه به متخصصان برای انجام وظایف محوله کمک به سزایی می‌کند.

برای ایجاد یک سیستم موفق مدیریت پروژه، نکته مهم دسترسی به اطلاعات در زمان مناسب است. این امر به متخصصان پروژه کمک می‌کند تا در صورت لزوم تصمیم‌های بهتری بگیرند. این اطلاعات شامل مواردی از قبیل مشخصات مصالح، راهنمای نصب و مونتاژ، خدمات گارانتی محصولات، نگهداری و تعمیرات، اطلاعات قیمت و مراحل ساخت و نصب می‌باشد و به عنوان یک مرجع مشترک بین کارفرما، طراح و سازنده عمل می‌کند که افزایش هماهنگی، کاهش خطاها و ضایعات، کاهش هزینه و افزایش کیفیت را به همراه دارد (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

فازهای انجام پروژه عبارتند از برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری که در اینجا به بررسی مختصر این موارد با رویکرد BIM می‌پردازیم.

فاز برنامه‌ریزی که آیین نامه‌ها و قوانین جمع‌آوری شده و تجزیه، تحلیل و امکان سنجی پروژه انجام می‌شود. بررسی مفهوم، امکان پذیری و روش طراحی، افزایش عملکرد و کیفیت ساختمان، همکاری بهتر به کمک IPD[۲] از مزایای پیش از ساخت برای مالکان می‌باشد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). مهمترین نکته در استفاده پیمانکاران از قابلیت‌های BIM ارتباط پیش از شروع ساخت با کارفرمایان است. در تحویل یکپارچه پروژه یک قرارداد همکاری مشترک نیاز است تا معماران، طراحان و پیمانکاران عمومی باهم از شروع پروژه کار کنند و بهترین استفاده از BIM صورت گیرد (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷).

فاز طراحی شامل تجزیه و تحلیل سایت پروژه، تجسم سریع تر و دقیق تر طرح، ارائه مدل سه بعدی ۳D، هماهنگی طراحی بین واحدها، اصلاحات خودکار به هنگام اعمال تغییرات در طراحی، شناسایی تداخلات، برآورد هزینه، شبیه سازی میزان مصرف انرژی و... با کمک مدل‌های BIM است (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸) و به سه بخش تفصیلی تقسیم می‌شود: *طراحی شماتیک* که در آن گزینه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند، *طراحی تفصیلی* که مدل‌های سه بعدی سازه، برق و مکانیک انجام شده و مشخص نمودن *جزئیات ساخت* است که برنامه‌ریزی (۴D) و برآورد هزینه اجرا (۵D) انجام شده و افقی برای مرحله اجرا فراهم می‌شود. روش‌های سنتی

[۱] Project Management Body of Knowledge
[۲] Integrated project delivery

طراحی-مناقصه-ساخت قابلیت‌های پیمانکار برای به کارگیری دانش خود در مرحله طراحی، زمانی که می‌توانند اثرگذاری قابل توجهی داشته باشند را محدود می‌کند (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷).

فاز ساخت شامل طراحی روش اجرا، تطابق با برنامه زمانی، مشخص کردن مقادیر، مدیریت منابع و انجام فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده است. مدیر پروژه با شبیه سازی فضای پروژه و مسیرهای رفت و آمد نیروی انسانی و ماشین آلات، جانمایی بهینه را برای تجهیزات کارگاه تعیین می‌نماید (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). از مزایای ساخت با کمک مدل‌های BIM استفاده از مدل طراحی به عنوان مبنایی برای مؤلفه‌های ساخته شده، واکنش سریع به تغییرات طراحی، کشف خطاها، جلوگیری از خطاهای تکرار پذیر، حذف مشکلات طراحی قبل از ساخت، انطباق طراحی و برنامه‌ریزی ساخت، اعمال بهتر تکنیک‌های ساخت و ساز ناب[۱]، هماهنگی تدارکات با طراحی و ساخت می‌باشد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

فاز بهره‌برداری و نگهداری شامل مدیریت سایت پس از اجرای پروژه می‌باشد و مزایای استفاده از BIM در این فاز شامل بهبود راه اندازی و تحویل اطلاعات تسهیلات، مدیریت و عملکرد بهتر تسهیلات، یکپارچگی مدل با عملکرد تسهیلات و سیستم‌های مدیریت می‌باشد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

از مزایای فن آوری BIM می‌توان به تسریع در تکمیل و فرایند مدیریت دانش پروژه، دسترسی به فازهای مختلف، هماهنگی و کنترل بهتر (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸)، تجسم بهتر، آشکار سازی موارد پنهان، تشخیص برخورد، همکاری مؤثر بخش‌ها از طریق فضای ابری، تجزیه و تحلیل یکپارچه انرژی، جمع آوری و یکپارچگی داده‌ها، مدل‌های شی گرا و هوشمند (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷)، کاهش هزینه‌های کلی و ریسک (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸) صرفه جویی منابع، کاهش میزان احتمالات و عدم قطعیت‌ها، پیاده سازی استانداردها و انجام کنترل‌های دقیق تر و افزایش بهره وری (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸)، به کارگیری تولید خارج از محل (پیش ساختگی) (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷) اشاره نمود.

در پژوهشی که بر مبنای تئوری مجموعه‌های فازی، برای ارزیابی ریسک‌های کاهنده بهره وری در پروژه‌های ساخت توأم با BIM تحت تأثیر عدم قطعیت‌ها، پرداخته شد و مقدارکمّی افزایش بهره وری پروژه بر زمان و نیروی انسانی اندازه گیری شد نتیجه بیانگر این بود که افزایش بهره وری نیروی انسانی پروژه‌های منطبق با BIM حدود ۵۷ درصد می‌باشد. بنابراین نیروی انسانی در اثر افزایش توأم کارایی و تأثیرگذاری بر پایه استفاده از فناوری BIM تا ۳۶.۶ درصد کاهش پیدا کرده است (Farzamfar and Ali Ghorbani, ۲۰۱۹).

فناوری BIM در پروژه‌های پیچیده نسبت به پروژه‌های معمولی و ساده به مراتب تأثیر بسزایی در کاهش دعاوی دارد و می‌توان اظهار داشت که تأثیر BIM بر کاهش دعاوی با میزان پیچیدگی پروژه‌ها ارتباط مستقیم دارد بطوریکه با افزایش پیوسته میزان پیچیدگی پروژه متقابلا میزان تأثیر BIM بر کاهش دعاوی نیز افزایش می‌یابد (Naghash Tusi, Mahmoudi Hassan Khanlou and Maerefat, ۲۰۱۷).

از دیگر کاربردهای BIM کنترل هزینه و کاهش زمان در بازسازی و تعمیر ساختمان‌ها می‌باشد. در مواقع بحرانی به عنوان مثال بعد از وقوع زلزله یا بروز جنگ برای ترمیم ساختمان‌ها تنها با مراجعه به فایل‌های BIM ساختمان اطلاعات مورد نیاز استخراج شده و زمان انجام عملیات ترمیم و بازسازی به میزان زیادی کاهش می‌یابد که این امر در ساختمان‌های استراتژیک هر کشور مانند ساختمان‌های ستاد مدیریت بحران یا وزارت کشور امری حیاتی تلقی می‌شود (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

[۱] Lean construction techniques

استفاده از BIM نقش به سزایی در کنترل تطابق پذیری با آیین نامه‌ها به عنوان یک مرحله‌ی مهم و حساس در فرایند تحویل پروژه دارد. انجام این کار به صورت دستی فرآیندی هزینه‌بر، وقت‌گیر و مستعد اشتباه می‌باشد و خودکار کردن آن می‌تواند همه‌ی این موارد را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد. سازوکار کلی سیستم‌های کنترل ضوابط در چهار مرحله‌ی تفسیر و ترجمه‌ی ضوابط، آماده سازی مدل ساختمان، اعمال ضوابط و در نهایت گزارش دهی نتایج خلاصه می‌شود. طبق بررسی سال ۲۰۱۸ سازمان جهانی Doing Business که تحت نظر بانک جهانی انجام شد، در کشوری مانند سنگاپور تنها ۱۴ روز صرف کنترل ضوابط بر روی نقشه‌ها با استفاده از سیستم کنترل خودکار ضوابط و صدور پروانه CORENET[۱] می‌شود در حالی که این امر در ایران به صورت دستی و طی حدود ۷۰ روز انجام می‌شود، با این مقایسه، سودمندی اجرای سیستم‌های کنترل خودکار ضوابط و مقررات بر پایه مدل اطلاعات ساختمان محرز می‌گردد (Shakeri, Taghados, Babaei Ravandi and Abbasianfar, ۲۰۱۹).

BIM افزایش دقت، بهبود بهره وری و ساده کردن مدیریت پروژه‌ها را به همراه دارد. از طرف دیگر، خطرات و موانعی از قبیل عدم استاندارد سازی، ریسک‌های قانونی و قراردادی (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵) و نبود پرسنل ماهر را نیز در بر دارد. علاوه بر این، در حالی که بیشتر مسائل مربوط به انتقال داده‌ها با استفاده از قالب IFC[۲] قابل دستیابی است، اما بسیاری از برنامه‌ها هنوز به طور کامل استانداردها را پشتیبانی نمی‌کنند (Shakeri, Taghados, Babaei Ravandi and Abbasianfar, ۲۰۱۹).

۳. فرآیند BIM

تفاوت اصلی بین BIM و CAD[۳] مرسوم در این است که فناوری BIM یک مدل سه بعدی از ساختمان را ارائه می‌دهد که پلان‌ها و مقاطع به طور خودکار در آن ایجاد می‌شوند و تغییر یا ویرایش یک جزء بسیار آسان بوده زیرا تمام موارد مربوطه به طور خودکار به روز می‌شوند. این مدل شامل داده‌ها و عناصر هوشمندی با خصوصیات فیزیکی و عملکردی می‌باشد که مرجع اصلی کنترل داده‌ها و اعمال تغییرات محسوب شده و اثرات ناشی از تغییرات در هر یک ازحوزه‌های تخصصی مهندسی پروژه بصورت همزمان در مدل یکپارچه پروژه قابل رویت و ردیابی خواهد بود. در نتیجه همه عوامل فنی، مهندسی و اجرایی پروژه قادر خواهند بود تا هرگونه برخورد و مغایرت در مدل طراحی شده جامع پروژه را در نقشه‌های مربوط به بخش خود ملاحظه و کنترل نموده و در صورت لزوم گزارشات مربوطه را به سایر بخش‌ها اطلاع رسانی کنند (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸). بنابراین BIM قادر به نگه داشتن کلیه داده‌های لازم بوده و بستری را برای مدیریت اطلاعات پروژه در طول چرخه عمر همراه با کاهش زمان، هزینه و تأخیرات فراهم می‌کند (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸).

سطح توسعه مدل نقش بسزایی در دقت نتایج و خروجی‌ها خواهد داشت با اینکه افزایش این سطح، مدلی جامع و کامل فراهم می‌آورد اما هزینه مدلسازی نیز به مراتب بیشتر می‌گردد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

در یک تحقیق جامع دانشگاه استنفورد ۳۲ پروژه را که از BIM استفاده کرده‌اند مورد بررسی قرار داده که نتایج حاصله به شرح زیر است (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴):

- تغییرات تا ۴۰ درصد کاهش یافت.
- کاهش ۸۰ درصدی در زمان صرف شده برای برآورد هزینه.
- صرفه جویی تا ۱۰ درصد ارزش قرارداد از طریق تشخیص برخورد.
- کاهش ۷ درصدی زمان پروژه.
- افزایش کیفیت پروژه.

حال آنکه چگونه BIM بر مراحل مختلف چرخه عمر پروژه تأثیر می‌گذارد؟

۱ COnstruction and Real Estate NETwork
۲ Industry Foundation Classes
۳ Computer Aided Design

۳.۱. آنالیز امکان سنجی

امکان سنجی اولین نقطه شروع چرخه عمر پروژه است. در صورتی که پروژه منطقی باشد یا خیر، تصمیم بر انجام کار گرفته می‌شود (PMBOK, ۲۰۱۳). با توجه به ماهیت پروژه‌های عمرانی، عدم قطعیت در سطح بالایی قرار داشته و در مراحل اجرا و بهره‌برداری موانعی را ایجاد می‌کند. به همین دلیل، ریسک‌ها نیز باید در آنالیز امکان سنجی محاسبه شوند. فن آوری BIM شامل چرخه حیات کامل یک پروژه از مرحله برنامه‌ریزی تا تخریب می‌باشد (BIM Handbook, ۲۰۱۱). مهمترین پارامتر در این مطالعه به حداقل رساندن هزینه با ادغام مدیریت پروژه و ابعاد مختلف مدل اطلاعات ساختمان با استفاده از فناوری BIM است.

۳.۲. مدل سازی سه بعدی

یکی از رایج ترین مشکلات مرتبط با ارتباطات مبتنی بر ۲D در مرحله طراحی ، زمان و هزینه قابل توجهی است که برای طرح پیشنهادی مورد نیاز است، از جمله تخمین هزینه، تجزیه و تحلیل مصرف انرژی، جزئیات سازه و موارد دیگر. این تحلیل‌ها بطور معمول در انتها انجام می‌شود ، زمانی که برای ایجاد تغییرات مهم خیلی دیر است. از آنجا که بهبودها در مرحله طراحی اتفاق نمی‌افتد ، پس از آن مهندسی ارزش باید برای رفع ناسازگاری‌ها انجام شود، که اغلب منجر به سازش با طرح اصلی می‌شود (BIM Handbook, ۲۰۱۱).

BIM دقت بالایی را در صورت ورود داده‌ها با جزئیات لازم در مدل ارائه می‌دهد. بنابراین، سطح جزئیات در مدل سه بعدی (۳D) یک عامل کلیدی است. پارامترهای موجود، مشخصات مربوطه، هزینه واحد و جزئیات مربوط به تهیه کنندگان باید در مدل مشخص شوند. جزئیات و اطلاعات لازم برای مدیریت به هنگام پروژه عبارتند از اطلاعات ساختاری، اطلاعات زمانبندی و اطلاعات مالی هر جزء از یک پروژه، در بخش اطلاعات گرافیکی مدلسازی اطلاعات ساختمان (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷) که طبق استاندارد صنعت معماری، ساخت و مهندسی AEC سطح اطلاعات [۱] در جدول شماره ۱ آمده است (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

جدول ۱ : دسته بندی حدود گسترش مدل (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

حدود گسترش	توضیحات
LOD ۱۰۰	اجزا مدل بصورت گرافیکی و در سطحی ساده بوسیله سمبل‌ها و یا سایر نشانگرها ارایه می‌شوند، اما نیازهای سطح ۲۰۰ را برآورده نمی‌سازند. اطلاعات مربوط به اجزای مدل (مانند هزینه نهایی برای هر مترمربع، خصوصیات سیستم تهویه و ...) بصورت غیرمستقیم و با تحلیل سایر اجزا امکان پذیر است.
LOD ۲۰۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی با خصوصیات دقیق تر شامل ابعاد حدودی، مشخصات عملکردی، مشخصات مصالح و .... در این سطح عرضه می‌شود. اطلاعات غیرگرافیکی نیز قابلیت پیوست شدن به مدل را دارند.
LOD ۳۰۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می‌شوند اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند.
LOD ۳۵۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می‌شوند اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند. در این سطح، ارتباط اجزا با سایر اجزای ساختمان قابل مشاهده است.

[۱] Level of Detail (LOD)

اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می‌شوند و اطلاعات جانبی کامل همچون شیوه نصب، خصوصیات اتصالات، خصوصیات قطعات و... نیز در مدل وجود دارد . اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند.	LOD ٤٠٠
مدل ارایه شده در این سطح، بصورت میدانی برای اجرا مورد تایید است و بیان کننده دقیق ترین اطلاعات در مورد اجزای مختلف به همراه اطلاعات کامل در مورد آن می‌باشد. کلیه اطلاعات غیرگرافیکی مورد نیاز نیز به مدل پیوست شده است.	LOD ٥٠٠

مدلسازی اطلاعات ساختمان شامل مشخصه‌های هندسی پروژه، روابط فضایی، اطلاعات جغرافیایی، مقادیر و جایگاه هر یک از عناصر ساختمان می‌باشد. این مدل می‌تواند برای نشان دادن کل چرخه عمر ساختمان از فاز طراحی تا پایان فاز بهره‌برداری مورد استفاده قرار گیرد (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷).

۳.۳. تشخیص برخورد

شناسایی برخورد برای بررسی مغایرت‌ها قبل از مرحله اجرا پروژه انجام می‌شود. با BIM، زمان قابل توجهی صرفه جویی می‌شود، زیرا این بررسی‌ها با استفاده از مدل سه بعدی به طور خودکار انجام می‌شود. مهمتر از همه، با گردش کار مبتنی بر ۲D، بسیاری از مشکلات فقط در محل سایت کشف می‌شوند. تشخیص برخورد در BIM این امکان را می‌دهد تا قبل از شروع ساخت نقشه‌ها اصلاح شده و از هزینه و زمان اضافی جلوگیری شود (BIM Handbook, ۲۰۱۱).

۳.۴. برنامه‌ریزی بر پایه BIM

۴D، مخفف مدل سازی اطلاعات ساختمان چهاربعدی، به ارتباط هوشمندانه مؤلفه‌های سه بعدی CAD با اطلاعات مربوط به زمان یا زمانبندی اشاره دارد. اصطلاح ۴D به بعد چهارم اطلاق می‌شود و به معنی بعد سوم به علاوه زمان می‌باشد. مدل سازی ۴D متخصصین پروژه را قادر به برنامه‌ریزی، ترتیب فعالیت‌ها، درک مسیرهای بحرانی، کاهش خطرات، گزارش و نظارت بر پیشرفت فعالیت‌ها در طول عمر پروژه خواهد ساخت. برنامه‌ریزی مستقیماً با یکپارچه سازی فعالیتها در زمان مرتبط است. در مرحله برنامه‌ریزی برای طراحی، نظارت و اجرا، شرکت‌ها از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی مانند نمودارهای گانت یا مسیر بحرانی (CPM) و نرم افزارها به منظور تولید برنامه زمانبندی و گزارش گیری استفاده می‌کنند. اما استفاده جامع از هوش BIM برای تولید زمانبندی خودکار، همچنان بایستی انجام شود. تولید خودکار برنامه زمان بندی علاوه بر سرعت تهیه آن، در افزایش دقت برنامه زمان بندی تهیه شده تاثیر زیادی دارد. برنامه‌های زمان بندی که بصورت دستی و سنتی تهیه می‌شوند بطور معمول بر اساس برآورد و تخمین‌های اولیه بوده و در زمان اجرا عوامل پروژه را با مشکل مواجه می‌کنند. قدم بعدی در بهبود این روش در نظر گرفتن منابع و محدودیت آن است تا برنامه زمان بندی تولید شده به واقعیت نزدیک تر شود (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸). به بیان دیگر در حال حاضر کار کنترل پروژه و وارد کردن اطلاعات پیشرفت فعالیت‌ها از طریق سطرهای نوشتاری نرم افزارهای کنترل پروژه مانند Primavera و Ms Project انجام می‌شود. اما ایراد بزرگ و تاثیر گذار فرآیندهای کنونی، مشخص نبودن مکان قرار گیری المان، مشخصات فیزیکی و ظاهری و موقعیت دقیق نسبت به سایر المان‌ها چه برای کنترل پروژه و چه برای وارد کردن اطلاعات پیشرفت پروژه می‌باشد (Rezazadeh, Rostami Nikoo and Khanzadi, ۲۰۱۸).

BIM به اجزای ساختمان در مدل سه بعدی و فعالیت‌های موجود در برنامه اجازه می‌دهد تا به هم متصل شده و مدل ۴D را ایجاد می‌کند. این مسئله موجب تجسم بهتر فعالیت‌ها شده و به ایجاد ارتباط بهتر بین متخصصین پروژه کمک می‌کند (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). تکنولوژی چهاربعدی مؤثرتر از چارت CPM[۱] یا نمودار گانت برای درک از برنامه‌ریزی ساخت و ساز است. براساس مفهوم CAD چهار بعدی، یک سیستم اطلاعاتی به نام گرافیک چهاربعدی برای برنامه‌ریزی ساخت وساز و استفاده از سایت را توسعه دادند، که فن آوری چهاربعدی را به حوزه مدیریت منابع و کاربرد فضای سایت بسط می‌دهد (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸). مدیر پروژه با توجه به

[۱] Critical Path Method

مسیرهای حرکت افراد پروژه و ماشین آلات و مصالح داخل کارگاه که به طور خودکار توسط تگ‌های سامانه بازشناسی با امواج رادیویی[۱] یا سیستم تعیین موقعیت جهانی[۲] در مدلسازی اطلاعات ساختمان ثبت می‌گردد می‌تواند به تناسب پیشرفت پروژه جانمایی‌های تجهیزات پروژه را اصلاح نماید (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). مهمترین مزیت مدل‌های 4D، توانایی آنها برای نظارت و کنترل بیشتر اجرا برای صرفه جویی در وقت و کاهش هزینه کل است. این مدل همچنین منابع و محل کار در سایت را برای جلوگیری از تداخلات مدیریت می‌کند (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). مدل یکپارچه که به آن مدل چهاربعدی اطلاعات پایه ای گفته می‌شود از چهار بخش مستقل و اصلی مدیریت اطلاعات شامل مدیریت تداخلات هندسی، مدیریت تداخلات زمانی، مدیریت تداخلات منابع و هزینه‌ها و مدیریت ایمنی تشکیل شده است. نتیجه اثربخش این ساختار، شناسایی به موقع تداخلات و مشکلات پروژه در هر چهار حوزه اشاره شده و مدیریت کارآمد و راهگشا در هدایت و سازماندهی عوامل و منابع در پروژه است (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

اجرای فعالیت‌های مختلف در یک کارگاه ساختمانی، منوط به در اختیار داشتن فضای کافی توسط منابع مختلف جهت اجرای عملیات از پیش تعریف شده با بهره وری معین و مطلوب و در سطح ایمنی و کیفیت مورد نظر است. لذا همانند سایر منابع، محدودیت فضای مورد نیاز برای اجرای هر فعالیت باید در ابتدا و پیش از ورود به مرحله ی اجرا، مدنظر قرار گیرد تا نیازهای فضایی فعالیت‌هایی که به صورت موازی اجرا می‌شوند، با یکدیگر تعارض نداشته باشد. این مهم با توسعه فناوری مدلسازی چهاربعدی در صنعت، با تخصیص فضا یا فضاهای مورد نیاز به فعالیت‌های برنامه زمان بندی، شناسایی تداخل‌های زمانی-فضایی بالقوه و توسعه روش‌هایی جهت رفع و یا کاهش تداخل‌های زمانی-فضایی، صورت گرفته است (Mirzaei, Parchami, Nasirzadeh and Aghaei Asl, ۲۰۱۵).

۳.۵. برآورد هزینه مبتنی بر BIM

مدل 5D ادغام داده‌های هزینه به تناسب پیشرفت پروژه برای نیروی انسانی، تجهیزات و منابع به کار رفته در ساخت پروژه در مدل BIM است (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). در گزارشات بدست آمده دیده شده است که ۳۰ درصد هزینه‌های ساخت وساز به دلیل اشتباهات، ناهماهنگی، ضایعات و ناکارآمدی نیروها به هدر می‌رود (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). برآورد هزینه و مقادیر کار اصلی ترین پارامتر مالی برای پروژه‌های عمرانی است که می‌بایست در مرحله طراحی اولیه پروژه به درستی انجام شوند. به دلیل مشخص نبودن دقیق مقادیر و گاهاً نوع مصالح مصرفی در نازک کاری و نداشتن دید دقیق از فضا و تغییرات در طراحی نمی‌توان هزینه‌ها را به طور دقیقی برآورد نمود که همین امر باعث بروز مشکل و گاهی تخریب و اجرای مجدد می‌شود که این دوباره کاری‌ها باعث صرف هزینه و زمان مضاعف در پروژه شده و پروژه را از هدف اصلی خود دور می‌کند. با استفاده از BIM می‌توان تمام اجزای ساختمان از تأسیسات مکانیکی و برقی گرفته تا سازه و معماری را قبل از شروع پروژه مدل سازی کرد (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴). این مسئله چشم اندازی قبل از شروع اجرا ایجاد کرده تا اگر هزینه بیش از بودجه باشد تغییراتی در طرح ایجاد شود و تجدید نظر لازم انجام گیرد. بنابراین تحقق محاسبات دقیق بسیار ضروری بوده و فرآیند BIM 5D این محاسبات را با صرفه جویی در زمان و هزینه به انجام می‌رساند. این بعد سعی دارد که سه بعد سازنده‌ی ماهیت فیزیکی طول، عرض و ارتفاع ساختمان را به همراه نگرشی به برنامه ریزی ساخت بنا به هزینه‌های پیش بینی شده آن پیوند بزند. در حقیقت تعریف این بعد از BIM بدون بعد چهارم نا ممکن است (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

۳.۶. پایداری مبتنی بر BIM

هم افزایی بین BIM و پایداری به دلیل مصرف بالای منابع و تأثیرات منفی بر محیط زیست به عنوان مسئله جدی و مورد توجه در صنعت ساخت نظر گرفته شده است (Ayman, Alwan & McIntyre, ۲۰۱۹). اگر آنالیز پایداری در مراحل اولیه طراحی انجام نشود، تحقق الزامات عملکرد دشوار و پرهزینه خواهد بود. رایج ترین مشکل برای دستیابی به ساختمان پایدار، عدم وجود اطلاعات مناسب در زمان مناسب برای تصمیم گیری‌های مهم است (Zanni, Soetanto & Ruikar, ۲۰۱۶). با استفاده از فناوری BIM می‌توان پایداری و تحلیل عملکرد را طی

[۱] Radio Frequency Identification (RFID)
[۲] Global positioning system (GPS)

مراحل طراحی انجام داد. مؤثرترین تصمیمات مربوط به طراحی پایدار یک ساختمان را می‌توان در مراحل اولیه طراحی و پیش از ساخت گرفت. در این زمینه، مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان کمک کند تا از طراحی بهینه و پایدار اطمینان حاصل شود (Azhar and Brown, ۲۰۰۹). پایداری، کلیه نیازهای یک پروژه را بدون صدمه به طرح و خواسته معماران و کاربران برآورده می‌کند و جنبه زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در نظر می‌گیرد تا از این طریق به یک مدل پایدار BIM دست یابد (Badawy Mohammed, ۲۰۱۹).

کارشناسان حوزه‌های مختلف می‌توانند تجزیه و تحلیل‌های خود را بطور همزمان و بدون مزاحمت یکدیگر انجام دهند. به طور مثال معماران و مهندسان، **تجزیه و تحلیل نور** را با ایجاد سیستم روشنایی مؤثر، کارآمد، کاربردی و منحصر به هر فضا با افزایش کیفیت، افزایش مدت عمر و کاهش هزینه روشنایی؛ **برآورد میزان مصرف انرژی** را با آنالیز انرژی، روشنایی طبیعی، جهت ساختمان، چگونگی حداکثر جذب انرژی خورشید، کاربری ساختمان، سایت پروژه و آنالیز کلی در یک محیط مجازی؛ **آنالیز سازه** را توسط موتور آنالیز گر خارجی، ارتقای نقشه‌های معماری به نقشه‌های سازه و آنالیز مقدار بارگیری سازه‌ها؛ **آنالیز مکانیکی** (تهویه،گرمایش و چرخش هوا) را با تشخیص درگیری، هم‌پوشانی و تداخل کانال‌های هوا و سایر اجزای مرتبط به مسائل مکانیکی در نقشه‌ها بوسیله تجسم کامپیوتری انجام دهند.
همچنین پیمانکاران می‌توانند برای کنترل شرایط سایت، تدارکات یا زنجیره تأمین در پروژه را با ادغام داده‌های مربوط به تأمین کنندگان، پیمانکاران جزء و فروشندگان در مدل‌های مجزا، و در پیش ساخته سازی با بهینه سازی اجزای پیش ساخته ساختمان و یکپارچه سازی اجزای معماری، مکانیکی و الکتریکی وارد شوند (Naghash Tusi, Mahmoudi Hassan Khanlou and Maerefat, ۲۰۱۷). هدف اصلی مدل‌های ۶D کاهش ردپای کربن است. تلفیق مدل BIM با ابزارهای تجزیه و تحلیل انرژی، امکان آنالیز میزان انرژی و کربن را در مراحل طراحی فراهم می‌کند. تجزیه و تحلیل پایداری نه تنها تجزیه و تحلیل انرژی را شامل می‌شود، بلکه به حفظ آب، استفاده از مواد پایدار، کاهش مصرف مواد و استفاده از مواد بازیافتی نیز می‌پردازد (Azhar and Brown, ۲۰۰۹).

۳.۷. مدیریت تأسیسات مبتنی بر BIM

۷D یک مدل BIM یکپارچه است که برای مدیریت تأسیسات در چرخه عمر پروژه ساخته شده است. مدل BIM که در هنگام اجرا پیوسته و به روز استفاده می‌شود به عنوان الگوی چون ساخت عمل کرده و در مرحله بهره‌برداری و نگهداری به کار می‌رود. طبق اطلاعات وارد شده به مدل که شامل گارانتی‌ها، مدل تأسیسات و قطعات و مصالح استفاده شده در پروژه می‌باشد، تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری قابل انجام است؛ عملکرد ساختمان بر اساس مصرف انرژی ارزیابی و در صورت نیاز اقدام به حل مشکل می‌شود؛ مدیریت تسهیلات موجود که شامل نگهداری، بازدید دوره ای، تعمیرات جزئی و کلی و شناسایی مشکلات بهره‌برداری می‌شود، با استفاده از مدل BIM و هماهنگی با ابزار موجود در ساختمان‌های هوشمند، امکان پذیر است (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷).

مدیریت تسهیلات برای نوسازی، تعمیرات، ترمیم، برنامه‌ریزی چیدمان فضا و بهره‌برداری و نگهداری؛ مدیریت ایمنی و اطلاعات مرتبط با ایمنی همچون روشنایی اضطراری، انرژی اضطراری، خروج اضطراری، آتش خاموش کن، آژیر اعلام حریق، آژیر اعلام دود و سیستم‌های آب پاش؛ کاربرد سامانه بازشناسی با امواج رادیویی برای جمع آوری اطلاعات از اجزای دنیای واقعی و انتقال اطلاعات مربوطه به داخل فضای مدل سازی اطلاعات ساختمان؛ تجسم براساس سامانه اطلاعات مکانی[۱] با این مدل یک سیستم بصری پیشرفته که بوسیله ترکیبی از تصاویر چون-ساخت سایت پروژه می‌باشد، ارائه می‌دهد (Naghash Tusi, Mahmoudi Hassan Khanlou and Maerefat, ۲۰۱۷).

به لحاظ کاربرد در هر شاخه نرم افزارهای گروه BIM را می‌توان طبقه بندی کرد که به طور نمونه تعدادی از این نرم افزارها را در جدول شماره ۲ معرفی می‌نماییم (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

[۱] Geographic Information System (GIS)

جدول۲ : انواع نرم افزارهای BIM در بخش‌های مختلف (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

کاربرد در بخش معماری	کاربرد در بخش سازه	کاربرد در مدیریت توسعه پایدار
Autodesk Revit Architecture	Autodesk Revit Structure	Autodesk Ecotect Analysis
Graphicsoft ArchiCad	Bentley Structural Modeler	Autodesk Green Building Studio
Nemertschek Allplan Architecture	Bentley RAM, STAAD and ProSteel	Graphisoft EcoDesigner
RinhoBIM	Tekla Structures	IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
Softtech spirit	StructureSoft Metal Wood Framer	Bentley Tas Simulator
CADsoft Envisioneer	٤MSA Strad and Steel	Bentley Hevacomp
Bentley Architecture	Autodesk Robot Structural Analysis	Design Builder

۴. برنامه اجرای BIM (BEP)

BEP را می‌توان به عنوان یک برنامه تفصیلی برای انجام پروژه با استفاده از فناوری BIM درمراحل مختلف طراحی، اجرا، نظارت و کنترل تعریف کرد. این برنامه مختص هر پروژه بوده و اهداف، کاربردها و آنچه را که در پروژه از فناوری BIM انتظار داریم تعریف می‌کند. BEP قبل از شروع پروژه و مشخص کردن تیم تهیه شده و اهداف و ملزومات BIM، ابزار مورد استفاده، مسئولیت‌های هر یک از اعضای تیم، هماهنگ کننده، پروتکل‌های مربوط به تبادل اطلاعات و شاخص‌های کلیدی عملکرد برای ردیابی پیشرفت را مشخص می‌کند.
در راستای پیشگیری از بروز مشکلات قانونی ابتدا ابعاد پروژه می‌بایست به طور واضح و روشن مشخص شده و نظام بسیار جامعی در خصوص صحت سنجی مدل BIM و اطلاعات موجود در آن و مسئولیت‌های افراد در قبال آن طراحی شود. به علاوه، موارد مرتبط با استفاده‌های تجاری و امنیتی کاملا در آن مشخص شده، روند نظارت بر امنیت اطلاعات و قوانین تنبیهی و تعقیبات قانونی در صورت تخطی از قوانین وضع شده در آن کاملا مشخص شود. همچنین فردی مسئولیت مدیریت مدل و ارتباطات را برعهده گرفته و به عنوان فرد کلیدی، بین طراحان و مالکان و سایر ذینفعان ارتباط لازم به همراه اطلاعات دقیق را برقرار کند. این موارد را می‌توان در قالب یک رویه واحد در خصوص انجام پروژه‌های BIM و یک موافقت نامه کلی که از آن به پروتکل BIM یاد می‌شود طراحی نمود.

برای مثال براساس پروتکل BIM انگلستان، هدف از ایجاد این پروتکل‌ها به شرح زیر است:

- بیشینه کردن اثربخشی ساخت مدل با استفاده از یک رویکرد منسجم در محیط مشارکتی BIM.
- مشخص کردن استانداردها، رویکردها و بهترین روش‌ها که باعث اطمینان از تحویل اطلاعات با کیفیت بالا و یکپارچه می‌شود و در طول چرخه حیات پروژه با اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- اطمینان از اینکه فایل‌های دیجیتال BIM به طور صحیح ساخته شده تا امکان اشتراک گذاری اثربخش داده‌ها در هنگام کار در محیط BIM مشارکتی پدید آید و تیم‌های طراحی با رویکردهای مختلف با آگاهی و اطمینان کامل در این محیط کار خواهند کرد.

در این قرارداد با توجه به موارد بیان شده به طور دقیق جزئیاتی همچون میزان گسترش مدل، زمان بندی، انتظارات کارفرما و جزئیات مورد درخواست وی و سایر موارد مهم آمده است. درحال حاضر در کشور امریکا از نمونه قراردادهای انستیتو معماران آمریکا همچون سند شماره E۲۰۲ استفاده می‌شود (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

۵. بسترهای BIM

بسترهای BIM ممکن است به روش‌های متنوعی در ساخت و ساز مورد استفاده قرار گیرند، معماران برای مدل سازی طراحی و تولید نقشه، مهندسین برای محاسبه سازه یا مدیریت انرژی، پیمانکاران برای تهیه یک مدل هماهنگ، مشخص کردن جزئیات ساخت یا مدیریت تأسیسات. هر یک از این بسترها شامل قابلیت‌های مختلفی هستند و برخی از آنها چند کاربره عرضه می‌شوند. استراتژی‌های مختلف بازاریابی منجر به بسته‌هایی با مجموعه‌های مختلف عملکرد می‌شود که کاربردها و محدودیت‌های آنها با توجه به انواع مختلف کاربران BIM مورد توجه قرار می‌گیرد. انتخاب یک بستر نرم افزاری بر اساس قابلیت‌های فعلی، توسعه آن در آینده، شبکه پشتیبانی و جامعه استفاده کنندگان که یک فضای همکاری را فراهم می‌آورند انجام می‌گیرد.

بیشتر برنامه‌های طراحی BIM دارای رابط‌هایی با برنامه‌های دیگر، برای تفسیر، آنالیز انرژی، برآورد هزینه و موارد دیگر هستند. برخی از آنها همچنین امکاناتی را برای چند کاربر فراهم می‌کنند که کار خود را با یکدیگر هماهنگ کنند. BIM در بیشتر سازمان‌ها برای کاربردهای مختلف شامل برنامه‌های مختلفی می‌شود و بنگاه‌های بزرگ معمولاً از ۱۰ تا ۵۰ برنامه مختلف برای استفاده کارمندان خود پشتیبانی می‌کنند.

این بسترها اطلاعات کافی برای پشتیبانی از طراحی، ویرایش و اصلاح، همچنین قوانین پارامتریک برای حفظ صحت یک مدل ساختمان دارند. آنها ممکن است دارای چندین ابزار تعبیه شده برای مدل سازی سه بعدی، برآورد مقادیر، رندر و تولید نقشه‌ها باشند. در اینجا به بررسی اجمالی پلت فرم Revit از منظر Revit Architecture به عنوان پر کاربرد ترین بستر کارهای ساختمانی می‌پردازیم.

پلت فرم Revit

Revit مشهورترین و رهبر بازار فعلی BIM در طراحی معماری است. این محصول توسط Autodesk در سال ۲۰۰۲ معرفی شد. Revit یک پلتفرم کاملاً مجزا از AutoCAD است که دارای یک خانواده از محصولات یکپارچه شامل Revit Architecture، Revit Structure و Revit MEP است.

Revit یک رابط کاربری آسان است و منوهای آن مطابق با گردش کار به خوبی ساماندهی شده اند تولید نقشه‌ها به راحتی انجام و مدیریت می‌شوند و ویرایش‌ها را به صورت دو طرفه از نقشه‌ها به مدل و بر عکس ارائه می‌دهد. Revit از توسعه اشیای پارامتری جدید و سفارشی سازی اشیای از پیش تعریف شده پشتیبانی می‌کند، همچنین مجموعه ای بسیار گسترده از کتابخانه‌های اشیا Autodesk SEEK را برای مشخصات و طراحی در خود دارد. خروجی‌ها با ترکیبی از انواع مختلف تعریف می‌شوند: RVA، DWG، DWF، DGN، GSM، SKP، IES و TXT.

به عنوان رهبر بازار BIM، دارای بزرگترین مجموعه برنامه‌های مرتبط است. برخی از آنها پیوندهای مستقیم از طریق Open API و برخی دیگر از طریق IFC یا سایر فرمت‌های قابل تبادل اطلاعات هستند. که به ترتیب با Dir و IFC مشخص شده اند. DWF رابط دیگری برای Revit است، که با Dwf در جدول شماره ۳ مشخص شده است (BIM Handbook, ۲۰۱۱).

جدول شماره ۳ : مجموعه برنامه‌های مرتبط با حوزه‌های کاری متفاوت در Revit

Structural	Revit Structure (Dir), ROBOT (Dir), and RISA structural analyses (IFC), BIM ME S.A.R.L. ETABS Link, SismiCAD for FEA analysis, Graitec's Advance and ARCHE, Fastrak Building Designer, StruSoft FEM-Design, SOFTEK S-Frame, STAADPRO via SIXchange, SOFiSTiK
Mechanical	Revit MEP (Dir), HydraCAD (fire sprinklers), MagiCAD (mechanical design), QuantaCAD (mechanical laser scanning for as-builts), TOKMO (COBie facility operators handover
Energy and environmental	Ecotect, EnergyPlus, IES all indirect, Green Building Studio via gbXML
Visualization	Mental Ray (Dir), ۳D Max (Dir), Piranasi
Facility management	Autodesk FMDesktop (Dwf), Archibus (IFC)
Site analysis	Interface with AutoCAD Civil ۳D
Manufacturing components	Interface with Autodesk Inventor
Site planning	Interface with LANDCADD
Quantity takeoff for cost estimation	Interface with US Cost, Cost OS by Nomitech, Innovaya, Sage Timberline, Tocoman iLink
٤D simulation	Primavera, MS Project
Scheduling and quantity takeoffs	Autodesk Navisworks
Specifications	e-SPECS, BSD SpecLink
Import models	SketchUp, AutoDesSys form, McNeel Rhinoceros, Google Earth

Revit یک ابزار طراحی قوی با دید بصری و ابزارهای تولید نقشه با کارآیی بالا می‌باشد که کاربر پسند و سازمان یافته است و از رابط چند کاره پشتیبانی می‌کند. این مجموعه کتابخانه‌های بسیار گسترده ای از اشیاء را دارد که توسط Autodesk و اشخاص ثالث توسعه یافته اند. پشتیبانی از طراحی دو طرفه آن امکان بروزرسانی و مدیریت اطلاعات را از طراحی و نماهای مدل، از جمله برنامه‌ها، فراهم می‌آورد. به دلیل موقعیت غالب در بازار، این بستر برای ارتباط با سایر ابزارهای BIM مناسب تر می‌باشد.

۶. روش کار

پس از تهیه نقشه‌های فاز یک و دو بخش‌های مختلف مهندسی، مدل سه بعدی معماری با استفاده از بستر مناسب که معمولاً برای کارهای ساختمانی Revit می‌باشد، ایجاد شده و اطلاعات مربوط به پروژه در مدل ذخیره می‌شود. ساخت مدل پروژه با استفاده از نقشه‌های اتوکد در محیط نرم افزار Revit از آن جهت توصیه می‌گردد که فرمت Revit نسبت به سایر فرمت‌های تعریف شده در لیست Navisworks از هماهنگی و سازگاری بسیار بالایی با این نرم افزار برخوردار است و فایل مذکور در محیط Navisworks ابزارها و اطلاعات کامل‌تری در اختیار کاربر قرار می‌دهد، لذا ساخت مدل پروژه با فرمت Revit کیفیت بالاتر و گستره اطلاعات وسیع‌تری در خروجی‌های اخذ شده از Navisworks را به دست خواهد داد و در نتیجه‌ی بررسی‌های انجام شده بر پایه اطلاعات اخذ شده از اعتبار و صحت بالاتری برخوردار خواهد بود که این امر ریسک تصمیم‌گیری در مدیریت پروژه را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

پس از تبدیل فایل‌های Revit به فرمت ذکر شده، با بازخوانی فایل‌های NWC که برای هریک از بخش‌های مهندسی پروژه تهیه شده یک فایل یکپارچه و جامع از پروژه در محیط نرم افزارNavisworks خواهیم داشت که قابلیت ویرایش داشته و کاربر در این محیط قادر خواهد بود

اطلاعات و جزئیات کامل‌تری از هر یک از بخش‌های مربوط به فیزیک و ساختار مدل به آن اضافه نماید . این مدل یکپارچه می‌تواند بعنوان پایگاه اصلی اطلاعات پروژه در مدیریت پروژه محسوب گردد (Ziaee, ۲۰۱۵).

پس از اینکه مدل اطلاعات ساختمانی مربوط به پروژه در محیط Navisworks بصورت کامل ساخته شد مهمترین و اصلی ترین بخش کار که شناسایی تداخلات و اشکالات موجود در طرح و نقشه‌های نهایی می‌باشد قابل انجام خواهد بود و در این راستا نرم افزار Navisworks ابزارهایی را در اختیار کاربران قرار داده تا در صورت وجود هر گونه اشکال و برخورد فیزیکی در طرح پروژه موارد قابل شناسایی و معرفی باشد(Ziaee, ۲۰۱۶). برای تشخیص برخوردها، مدل معماری سه بعدی که در قالب IFC ذخیره شده با ابزار تعبیه شده در محیط Revit به نام EXTERNAL TOOLS به فایلی با فرمت NWC تبدیل شده که این فرمت یکی از فرمت‌های قابل پشتیبانی در محیط نرم افزار Navisworks می‌باشد (Sharifpour, ۲۰۱۵).

پس از اصلاح کلیه تداخلات کاری در همه حوزه‌های طراحی و مهندسی پروژه و کسب اطمینان از صحت مدل ساخته شده، نسبت به ذخیره فایل مدل با فرمت پایه ای و کامل NWD که همان Navisworks Document حاوی تمامی اطلاعات مربوط به هندسه‌ها، مشخصات المان‌ها و کنترل‌های تداخلات فضایی میباشد اقدام می‌کنیم. فرمت دیگری که در نرم افزار Navisworks قابل ذخیره استNWF می‌باشد که حاوی لینک‌ها به مدل‌های مرجع و آیتم‌هایی از قبیل نشانه گذاری‌ها، مناظر، کامنت‌ها، زمانبندی و آنالیز تداخلات می‌باشد (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

نرم افزارهای بکاررفته در نگرش BIM امکان برداشتن اطلاعات از نرم افزارهای برنامه‌ریزی و وارد کردن آنها به مدل را دارند و امکان اختصاص اجزای مدل به فازهای زمانی اجرای آنها وجود خواهد داشت . با این ویژگی می‌توان فرایند ساخت را شبیه سازی و تحلیل کرد و در نتیجه امکان مدیریت بهتر زمان و فضای سایت برای مدیر پروژه فراهم خواهد بود (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). برای تولید یک مدل چهاربعدی حداقل به یک مدل سه بعدی ایزومتریک و برنامه زمانبندی دارای زمان شروع و پایان نیاز است.

با وجود برنامه زمانبندی و مدل سه بعدی پروژه اتصال فعالیت‌ها به المان‌های موجود در مدل انجام می‌شود و پس از آن تیم شبیه سازی به بررسی یکپارچگی مدل تولید شده می‌پردازند و قابل مشاهده بودن اجزای ضروری برنامه در مدل، قابل فهم بودن و سطح جزئیات بکار رفته در مدل و برنامه زمانبندی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶).

مرحله ۵D مربوط به برآورد هزینه می‌باشد و با توجه به مقادیر و هزینه روش‌های ساخت مورد بررسی قرار گرفته و به همین دلیل برآورد به موقع یک مزیت بزرگ است. با توجه به اطلاعات وارد شده برای قیمت و مشخصات مولفه‌های مختلف، برنامه Revit قادر به محاسبه هزینه کل پروژه می‌باشد.

مرحله ۶D مربوط به پایداری است که در این مرحله آنالیز انرژی با توجه به موقعیت مکانی برای تخمین آب و هوا و مواد انتخاب شده برای ساخت مورد بررسی قرار گرفته و گزارشی شامل فاکتورهای عملکرد ساختمان، میزان مصرف انرژی، پتانسیل انرژی تجدید پذیر، انتشار سالانه کربن بر اساس فرضیات ارائه می‌دهد. این گزارش می‌تواند به فرمت PDF صادر شود و در پوشه پروژه قرار گیرد.

مرحله ۷D مدیریت تأسیسات است که با کمک فناوری BIM برای بهره‌برداری و نگهداری در طول چرخه عمر، اغلب توسط مدیران تأسیسات استفاده می‌شود و پارامترهای مربوطه قابلیت اتصال به فضای مورد نظر را دارند.

مرحله پایانی در تکمیل پیاده سازی روش مدل اطلاعات ساختمانی در پروژه، گرفتن خروجی‌های مورد نیاز برای اجرای کار از نرم افزار Navisworks می‌باشد که شامل نقشه‌های پلان و مقاطع عرضی و طولی از کلیه طبقات و موقعیت‌های مختلف، نماهای پروژه، پلان‌های محوطه سازی، مقادیر و احجام کار در هر یک از اجزا پروژه بر اساس مصالح و متریال تعریف شده، زمانبندی‌های اجرای کارها، موقعیت هر یک از اجزا در پروژه و سایر اطلاعات خواهد بود که در مدیریت و راهبری کار بسیار مفید و تعیین کننده خواهد بود (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

۷. نتیجه‌گیری

این مطالعه ضمن تعریف پروژه‌های ساخت مبتنی بر BIM، موارد و مقاطع ارتباطی آن را با برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه مشخص نمود. برای این منظور روش کار بیان شد و عنوان شد که چطور مدل سه بعدی ارتقا یافته تا داده‌های مورد نیاز کامل‌تری در مدل بارگذاری شود و این داده‌ها در قالب مدل ایجادی چگونه تعریف کامل‌تر وتسلط بیشتر کلیه ارکان پروژه در برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه را ایجاد می‌نماید. اگر چه باید توجه نمود که استفاده از مدل برای کاربران غیر حرفه‌ای چالش ایجاد خواهد کرد. آنچه به صراحت می‌توان گفت که به صورت خودکار توسط مدل قابل تولید است پلان و برش طبقات و متره و برآورد است. همینطور نمایش تداخلات که اطلاع به موقع از آنها قبل از مرحله اجرا از هزینه‌های غیر ضروری جلوگیری می‌کند.

مزیت استفاده از فناوری BIM در مرحله اولیه طراحی برای پوشش نیازهای پروژه در طول چرخه عمر آن است. BIM طراحی و اجرای پروژه‌های ساختمانی را تسهیل می‌کند و یک بستر همکاری برای گروه‌های مختلف فراهم می‌کند. تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که مدل‌های مبتنی بر BIM در مقایسه با روش‌های مرسوم ساخت، صرفه جویی در زمان داشته و مقرون به صرفه هستند. این مطالعه بینشی در مورد چگونگی استفاده و بهره‌برداری از فناوری BIM ارائه می‌دهد.

در انتها برای درک بهتر، توضیحاتی در مورد بسترهای BIM و نحوه انجام کار با مدل در Revit و مدیریت و جمع آوری اطلاعات در Navisworks ارائه شد.

مراجع

PMBOK, A., ۲۰۱۳. Guide to the project Management body of knowledge. Project Management Institute, Pennsylvania USA. BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors / Chuck Eastman . . . [et al.]. — ۲nd ed.

Sharifpour. Ahmad, ۲۰۱۵, Basic, Intermediate and Advanced Levels of REVIT Software Training.

Ziaee. Ali, ۲۰۱۵, Autodesk Navisworks ۲۰۱۵ Applied Training based on BIM- level one.

Ziaee. Ali, ۲۰۱٦, Autodesk Navisworks ۲۰۱٦ Applied Training based on BIM- Advanced level.

Abdullah Badawy Mohammed (۲۰۱۹): Applying BIM to achieve sustainability throughout a building life cycle towards a sustainable BIM model, International Journal of Construction Management.

Abedini, Behzad and Iqbal Shakeri, ۲۰۱٤, Control costs in construction projects using BIM, International Conference on Management in the ۲۱st Century, Tehran-persian.

Adibfar, Alireza; Mojtaba Maghrebi · Mohammad Reza Hosseini and Seyed Ramtin Bagheri, ۲۰۱۵, Examining the legal aspects and providing a contractual framework for using building information modeling (BIM), ۱۱th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Ebrahimi, Hamidreza; Mahmoud Golabchi and Farhang Shaeafi, ۲۰۱۸, The role of building information modeling (BIM) in preventing cost diversion in project management, ۳rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design, Tabriz-persian.

Farzamfar, Alahyar and Ali Ghorbani, ۲۰۱۹, Investigating the effect of building information modeling on labor productivity of construction projects using fuzzy logic, Civil & Project Journal (CPJ)-persian.

Farzin Khanghah, Omid · Mehdi Ravanshadnia and Abbas Taj Al-Dini, ۲۰۱۸, Implement a building information model (BIM) in industrial projects to reduce work interference Increase productivity through integrated project information management methods, project, ۱٤th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Gol Nahali, Yousef and Mehdi Ravanshadnia, ۲۰۱۸, Provide an automated production schedule for construction projects using BIM, ۱٤th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Maria Angeliki Zanni, Robby Soetanto & Kirti Ruikar (۲۰۱۷) Towards a BIMenabled sustainable building design process: roles, responsibilities, and requirements, Architectural Engineering and Design Managemen.

Mirzaei, Ali; Majid Parchami Jalal · Farnad Nasirzadeh and Elnaz Aghaei Asl, ۲۰۱٥, Identify temporal-spatial interference in construction projects and quantitatively evaluate their impact using the ٤D-BIM four-dimensional building information model, ۱۱th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Naghash Tusi, Hossein · Reza Mahmoudi Hassan Khanlou and Akbar Maerefat, ۲۰۱۷, Evaluate the impact of BIM on the design phase to reduce claims in the construction phase, ۱۳th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Qasim, Reza; Alireza Zamani Nouri and Mohammad Amin Fallahi, ۲۰۱۷, Provide a model for Timely managing construction projects using building information modeling, National Conference on Research and Development in Modern Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, Tehran-persian.

Rana Ayman, Zaid Alwan & Lesley McIntyre (۲۰۱۹): BIM for sustainable project delivery: review paper and future development areas, Architectural Science Review-persian.

Rezazadeh, Mohammad · Reza Rostami Nikoo and Mostafa Khanzadi, ۲۰۱۸, Provide a comprehensive project control system by establishing a link between scheduling, ۳D model and database, First International Conference on Building Information Modeling, Tehran-persian.

Sabat, Mohammad Hassan and Mostafa Dadashi Haji, ۲۰۱٦, Four-dimensional simulation of Beam to improve the project control process by the last decision maker system,The first international conference and the third national conference on construction and project management, Tehran-persian.

Salman Azhar Ph.D & Justin Brown MBC (۲۰۰۹) BIM for Sustainability Analyses, International Journal of Construction Education and Research.

Shakeri, Iqbal; Ebrahim Dadgar · Armin Rashidi Nasab and Sajjad Taheri Jebeli, ۲۰۱۷, Investigate BIM applications for each stakeholder and analyze it at different stages of the project, ۲nd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design, Bangkok-persian.

Shakeri, Iqbal; Hossein Taghados · Amir Hossein Babaei Ravandi and Vahid Abbasianfar, ۲۰۱۹, A framework for automatic control of construction criteria in Iran in the context of BIM building information modeling, ۲nd International Conference on Building Information Modeling, Tehran - Niroo Research Institute - Persian Gulf Hall-persian.