مجموعه مقالات
اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان

1st International Conference on Building Information Modeling
2018
TEHRAN IRAN

۷ و ۸ اسفندماه
۱۳۹۶

گردآوری و تدوین:

دکتر مجتبی عزیزی

عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس و دبیر علمی کنفرانس

فرهاد سعیدی

دانشجوی دکترای دانشگاه تهران و دبیر کمیته صنعت کنفرانس

به نام منشاء تفکر و اندیشه

مجموعه مقالات

اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان

گردآوری و تدوین

دکتر مجتبی عزیزی

استادیار دانشگاه تربیت مدرس

دبیر علمی کنفرانس

فرهاد سعیدی

دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

دبیر کمیته صنعت کنفرانس

۱۳۹۶

سرشناسه: کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (نخستین : ۱۳۹۶ : تهران)

عنوان و نام پدیدآور: مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان(BIM)/گردآوری و تدوین مجتبی عزیزی، فرهاد سعیدی.

مشخصات نشر: تهران:. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۸

مشخصات ظاهری: [۲۵٤]، ۱۲ص.

شابک: 978-600-7589-99-1

وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه

موضوع: الگوسازی اطلاعات ساختمان‌سازی -- کنگره‌ها

موضوع: Building information modeling -- Congresses

موضوع: ساختمان‌سازی -- شبیه‌سازی کامپیوتری -- کنگره‌ها

موضوع: Building -- Computer simulation -- Congresses

شناسه افزوده: سعیدی، فرهاد، ۱۳٦٤ -، گردآورنده

شناسه افزوده: Saeedi, Farhad

شناسه افزوده: عزیزی، مجتبی، ۱۳٦۰-، گردآورنده

شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس

رده‌بندی کنگره: TH٤۳۸/۱۳

رده‌بندی دیویی ۷۲۰/۲۸۵

شماره کتابشناسی ملی: ٥٦۷۸٤۲۳

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

گردآوری و تدوین: دکتر مجتبی عزیزی، فرهاد سعیدی

صفحه‌آرایی: فرشاد میرزائی

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸

شابک: 978-600-7589-99-1

ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

نوبت چاپ: اول

کارشناس اجرایی: مرسده برنجی

نشانی انتشارات: تقاطع بزرگراه‌های جلال آل‌احمد و دکتر چمران، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۱۸-۱٤۱۱٥

اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان

دبیر کنفرانس: دکتر اقبال شاکری

دبیر علمی و مدیر کنفرانس: دکتر مجتبی عزیزی

دبیر کمیته صنعت: فرهاد سعیدی

کمیته علمی کنفرانس:

دکتر احسان اثنی‌عشری، دکتر احسان‌اله اشتهاردیان، دکتر سیدیاسر بنی‌هاشمی، دکتر مجید پرچمی جلال، دکتر مصطفی خانزادی، دکتر شاهین دبیریان، دکتر مهدی دلاوری، دکتر غزال راهب، دکتر مجتبی رفیعیان، دکتر مهدی روانشادنیا، دکتر احسان سقط فروش، دکتر حمیدرضا عباسیان جهرمی، دکتر مجتبی عزیزی، دکتر احسان فرصت کار، دکتر رضا فلسفی، دکتر محمد حسین محمودی، دکتر محمد مهدی مرتهب، دکتر محمد جواد مهدوی نژاد، دکتر احد نظری، دکتر سید حسین حسینی نورزاد، دکتر عصمت‌اله نورزایی

مقالات این کنفرانس در پایگاه اینترنتی سیویلیکا به آدرس www.civilica.com نمایه سازی شده است.

پیام دبیر کنفرانس

دکتر اقبال شاکری

شاید به جرات بتوان گفت حلقه گمشده صنعت ساخت جهت اتصال عوامل پروژه (کارفرما، مشاور و پیمانکار) فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) می‌باشد. فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان با یکپارچه سازی بانک اطلاعات پروژه و عملیاتی که روی این بانک اطلاعات توسط مشاور طراح، پیمان کار سازنده و تأمین‌کنندگان پروژه صورت می‌گیرد بستر موفقیت پروژه یعنی تحقق اهداف کیفیت، زمان و هزینه را فراهم می‌کند. BIM مرز محدودیت‌ها را شکسته و اطمینان از پروژه‌ای منظم و سیستماتیک را برای ذینفعان به ارمغان می‌آورد.

کاهش دعاوی، دوباره‌کاری‌ها، تعارضات طراحی، تغییرات از یک طرف و افزایش شفافیت و تصویرسازی با کاربرد فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه‌های ساخت، آن را به یک خواست جهانی ذینفعان در صنعت ساخت‌وساز تبدیل کرده است. اجباری شدن BIM در بسیاری از کشورهای دنیا و حرکت به سوی نهادینه‌سازی این فناوری در بقیه کشورها گواهی مناسب برای این موضوع می‌باشد.

محدوده وسیع خدمات‌رسانی BIM از تصویرسازی، VDC، مدیریت هزینه‌ها، زمان، ریسک و HSE، صنعتی‌سازی، ساخت وساز ناب و ساخت پایدار نمایشی از وسعت کاربرد این فناوری مدرن می‌باشد. اصولا می‌توان گفت شعار «بساز قبل از ساختن» مناسب این فناوری می‌باشد.

نباید فراموش کرد صنعت ساخت در حال حاضر بودجه‌ای بزرگ را به خود اختصاص داده است و افزایش بهره‌وری ناشی از اجرای BIM کمک عظیمی در صرف این بودجه به کشور عزیزمان می‌نماید.

پیام دبیر علمی کنفرانس

دکتر مجتبی عزیزی

بخش مهمی از اقتصاد هر کشور وابسته به صنایع کلیدی آن کشور است. در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران، صنعت ساخت و احداث یکی از ارکان مهم اقتصاد و اشتغال بوده و رونق این صنعت از اهمیت بسزایی برخوردار است.

مطابق آخرین آمار منتشر شده توسط سازمان ملی بهره‌وری، نرخ بهره‌وری صنعت ساختمان ایران در حدود ۲۵ درصد بوده و پایین‌ترین نرخ را در بین صنایع کشور دارد. عوامل مختلفی در شکل‌گیری وضع فعلی دخیل هستند اما بی‌شک یکی از مهم‌ترین آنها، فناوری‌های طراحی، مهندسی و ساخت پروژه‌ها می‌باشد. روش‌های فعلی مورد استفاده در صنایع ساختمانی کشور حاصلی جز ارتباط ضعیف دیسیپلین‌های مختلف مهندسی پروژه، برآوردهای نادرست از حجم کار، دوباره‌کاری‌های فراوان در طول ساخت، تداخلات کاری متعدد در مراحل ساخت و عدم یکپارچگی و هماهنگی بین المان‌های سازه‌ای، تأسیساتی و معماری به همراه نداشته است.

امروز با رشد قابل توجه فناوری اطلاعات (IT) به طور عام و فناوری‌های مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) به طورخاص شاهد این هستیم که بسیاری از کاستی‌های موجود در روش‌های سنتی طراحی و ساخت پروژه‌ها برطرف شده و مزایای قابل توجهی به ویژه کاهش در زمان و هزینه ساخت پروژه‌ها در کنار بهبود شاخص‌های HSE و حتی بهره‌برداری هوشمندانه را به همراه داشته است.

برخلاف بسیاری از فناوری‌ها و یا رویکردهای مهندسی و مدیریتی که با تأخیر زیاد وارد کشور ایران می‌شوند، خوشبختانه تعداد قابل توجهی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و حتی اساتید دانشگاه و دانشجویان، اهمیت این تحول بنیادین در صنایع AEC را درک نموده و تلاش‌های قابل تقدیری در راستای ترویج و بکارگیری از BIM در کشور انجام داده‌اند.

به منظور هم‌اندیشی متخصصان BIM و به اشتراک‌گذاری تجربیات مختلف داخلی و خارجی تصمیم گرفته شد تا در یک گردهمایی سالیانه ضمن برگزاری نشست‌های تخصصی و سخنرانی‌های علمی شرایط برای هم‌افزایی بین علاقه‌مندان BIM در کشور فراهم شده و مهم‌ترین هدف BIM که همان یکپارچگی بین ارکان پروژه است، از طریق این کنفرانس بین علاقمندان و فعالان BIM در کشور فراهم شود.

رویکرد بین‌المللی کنفرانس باعث شده تأکید ویژه‌ای نیز به دعوت از ایرانیان مقیم خارج و منتخبی از متخصصان خارجی در حوزه BIM صورت پذیرد.

حمایت قابل تقدیر مجموعه‌هایی مانند وزارت راه و شهرسازی، سازمان برنامه و بودجه، انجمن مدیریت پروژه ایران، شورای شهر تهران، قطار شهری تهران، انجمن صنفی سازندگان مسکن و ساختمان و بسیاری از دانشگاه‌های برتر کشور در شورای سیاست‌گذاری کنفرانس و حمایت مالی تعدادی از شرکت‌های خصوصی فعال در صنعت ساختمان، پشتوانه‌ای اطمینان بخش و امید بخش برای برگزارکنندگان این کنفرانس بوده است و امیدواریم بتوانیم با برگزاری کنفرانسی درخور، پاسخگوی بخش اندکی از اعتماد آنها باشیم.

پیام معاون امور مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی

دکتر حامد مظاهریان

ما در عصر دیجیتال زندگی می کنیم؛ سرعت رشد فناوری در محصولات و خدمات چندین برابر سال‌های قبل شده است. دوران ماشین و کامپیوتر را پشت سر گذاشته‌ایم و هر روز رویدادهای عظیم سایبری را شاهد هستیم. ربات‌ها و ابزارهای دیجیتال و مجازی کم کم جای انسان و ماشین آلات مکانیکی را در صنایع تصاحب می‌کنند و صنعت ساختمان از این قاعده مستثنی نیست. امروزه الگوهای جدیدی در شکل‌گیری ساخت‌وسازهای نوین به ظهور رسیده‌اند که مهم‌ترین آن مدلسازی اطلاعات ساختمان یا همان (BIM) می‌باشد.

پیدایش مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) و فناوری‌های نوین نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، افق‌های جدیدی را پیش روی صنعت ساختمان در کشورهای پیشرفته گشوده است. فرهنگ جدید ساخت‌وساز برپایه BIM زمینه‌ساز بدعت‌های جدیدی در فرآیندهای طراحی، مدیریت ساخت، تولید و تهیه مصالح استاندارد و نظارت بر اجرا، مدیریت انرژی ساختمان، ایمنی، بهداشت و محیط زیست، بهره‌برداری و نگهداری صحیح ساختمان و موارد مشابهی شده است که علاوه بر سهولت و دقت بر سرعت پردازش اطلاعات لازم جهت تصمیم‌سازی ذی نفعان و مدیران پروژه‌های ساختمانی افزوده است.

کشور ما ، هم از نظر قدمت دانش مهندسی و هم توانمندی مهندسان همواره جایگاه ویژه‌ای در جهان داشته است. ما شاهد کاربرد این فناوری در سطوح مقدماتی توسط مهندسان جوان در پروژه‌ها هستیم و قصد داریم با همیاری نیروی جوان و کارآمد کشور و حمایت‌های دولت محترم تدبیر و امید، این فناوری را در کشور پیاده‌سازی کنیم تا علاوه بر ارتقاء کیفیت ساخت‌وساز، یکسان سازی و استانداردسازی، فرصت‌های جدیدی در حوزه کارآفرینی و اشتغال بواسطه این فناوری در صنعت ساختمان فراهم آوریم. کنفرانس بین المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) می‌تواند بستر و محمل هم‌اندیشی مناسبی به منظور بررسی چالش‌های پیش رو در این رویکرد باشد و لازم است تا تمامی علاقه‌مندان و متخصصان این حوزه در این کنفرانس به صورت جدی و مستمر مشارکت نموده تا نتایج ارزشمند حاصل از آن، دولت و صنعت ساختمان را در رسیدن به اهداف برنامه توسعه کشور یاری نمایند.

پیام مدیر کل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مهندس حامد مانی فر

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان به عنوان قطب اصلی قانون‌گذار در استانداردسازی صنعت ساختمان، همواره رویکردی متمایز در کاربرد فناوری های نوین ساخت‌وساز داشته است. مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) از الگوهای توسعه راهبردی صنعت ساختمان بر پایه فناوری اطلاعات در جهان می‌باشد که دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان به منظور کاربست این فناوری در کشور، تمهیدات ویژه‌ای فراهم آورده است.

برگزاری جلسات معرفی و هم‌اندیشی در خصوص این فناوری با حضور مدیران مرتبط دولتی، دانشگاهیان و صنعتگران، ایجاد اتاق فکر در زمینه راهکارهای پیاده‌سازی و توسعه BIM در کشور با کمک علاقه‌مندان و کشورهای پیشرو در این فناوری، پژوهش در راستای تهیه چشم انداز و سند استراتژیک BIM و نیز حمایت از همایش‌ها و کنفرانس‌های داخلی با رویکرد BIM علی الخصوص اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان که می‌تواند سنگ بنای مستحکمی در ایجاد فناوری BIM در صنعت ساخت و ساز کشور باشد از جمله برنامه‌هایی است که تاکنون مد نظر قرار گرفته است. امید است در این رویداد مهم با همت کارشناسان و علاقه‌مندان این حوزه، دستاوردهای ارزشمندی در شناخت راهبردهای بومی‌سازی و مسیر توسعه BIM در کشور حاصل آید.

آنچه در اولین دوره کنفرانس بین المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) گذشت

اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان، ۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۶ برگزار شد. این رویداد شاهد حضور و استقبال بی‌نظیر طیف وسیعی از متخصصان و علاقه‌مندان به BIM و طراحی و ساخت مجازی (VDC) از صنعت، دانشگاه و دستگاه های مختلف اجرایی و انجمن‌های حرفه‌ای بود.

افتتاحیه کنفرانس با معرفی برنامه توسط دکتر مجتبی عزیزی (مدیر کنفرانس) و دکتر اقبال شاکری (دبیر کنفرانس) آغاز و سپس میزبان سخنرانی دکتر حامد مظاهریان (معاون وزیر راه و شهرسازی در امور مسکن و ساختمان) و مهندس حامد مانی‌فر (مدیرکل دفتر مقررات ملی ساختمان) بود. در ادامه میزگردهای تخصصی با حضور متخصصان ایرانی از داخل و خارج از کشور و با محوریت موضوعات اصلی "نقش نهادهای حاکمیتی در استقرار و توسعه بیم (BIM) در کشور" و "زیرساخت‌ها و چالش‌های پیاده‌سازی بیم (BIM) در سازمان‌های کارفرمایی، مشاور و پیمانکار" برگزار شد. شرکت‌کنندگان در این میزگردها پس از ارائه نقطه‌نظرات خود به سئوالات حضار پاسخ دادند.

بخشی از کارگاه‌ها در سالن‌های جانبی و یا بصورت ویدئو کنفرانسی با حضور اساتید و متخصصانی از اقصی نقاط جهان برگزار شد که مورد استقبال چشمگیر شرکت‌کنندگان قرار گرفت. کارگاه‌ها ادامه پیدا کرد و سخنرانان بیشتری از دانشگاه در میزگردها و پنل‌های علمی حضور یافتند. پروفسور عباس رجبی فرد، مدیر دپارتمان مهندسی زیرساخت دانشگاه ملبورن استرالیا، دکتر حسین تقدس، استاد دانشگاه تهران، دکتر علی رستمی، استاد دانشگاه جان مورز لیورپول، دکتر امین الوانچی، استاد دانشگاه صنعتی شریف، مهندس امیر صفیری، مدیر برنامه ریزی BIM از شرکت DB آلمان، دکتر فقیهی، استاد دانشگاهA&M تگزاس، مهندس آلدو بوتینی، مدیرعامل شرکت BMS ایتالیا، مهندس بصیری تهرانی، مدیرعامل شرکت رادین همکاران بهتا، مهندس تیسفانی از شرکت لوتوس، دکتر فرزاد جلایی، استاد دانشگاه علم و صنعت و... از جمله سخنرانان این روز بودند.»

در مراسم اختتامیه نیز دکتر محمد شکرچی‌زاده ریاست مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به بیان «نقش و جایگاه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در توسعه فناوری بیم در کشور» پرداختند و پس از آن مراسم تقدیر از مقالات برتر، حامیان و ... انجام گرفت.

بیانیه پایانی اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)

در پرتو نگاه‌داشت ویژه ایزدی، نخستین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) به همت گروه طرح و ساخت مهرگان و حمایت قابل تقدیر وزارت راه و شهرسازی، انجمن مدیریت پروژه ایران و دانشگاه‌های برتر کشور برگزار شد. بدون شک سخنرانی‌های ارائه شده توسط متخصصانی از کشور آلمان، ایتالیا، آمریکا، استرالیا و انگلیس در کنار میزگردها، مقالات و نمونه‌های موردی ارائه شده توسط نخبگان ایرانی یکی از نقاط عطف اولین کنفرانس بود که با استقبال پرشور متخصصان، دانشگاهیان و سازمان‌های دولتی روبرو شد و فضای بسیار مناسبی را برای توسعه و ترویج مفهوم صحیح BIM فراهم آورد.

کمیته علمی و برگزارکنندگان این کنفرانس ۲ روزه، بر اساس مباحث مطرح شده در کنفرانس بر این باورند که گذار از وضعیت فعلی به وضعیت متعالی در زمینه BIM نیازمند توجه و عنایت ویژه به موارد زیر خواهد بود:

- توجه به زیرساخت‌های توسعه BIM در کشور از جمله IT و ICT و زیرساخت‌های حقوقی- قراردادی
- ترسیم نقشه راه توسعه BIM در کشور و تدوین آیین‌نامه‌های حمایتی و تشویقی در این زمینه توسط نهادهای حاکمیتی
- ترویج مفهوم صحیح BIM در بین متخصصان و جلوگیری از شتاب‌زدگی در این حوزه
- نیاز به تشکیل انجمن علمی تخصصی BIM در کشور برای استانداردسازی دوره‌های آموزشی و ارائه گواهینامه‌های حرفه‌ای به افراد و شرکت‌های واجد صلاحیت
- تدریس مفاهیم و روش‌های پیاده‌سازی در دانشگاه‌ها و حتی راه‌اندازی رشته تخصصی BIM به عنوان یک رشته یا گرایش مستقل
- برگزاری مستمر و سالیانه کنفرانس بین‌المللی به منظور توسعه ارتباطات بین‌المللی و مرور دستاوردهای کشور در مسیر توسعه و بلوغ BIM

انتظار می‌رود با تحقق موارد فوق و تلاش روزافزون متولیان امر ساخت‌وساز در بخش‌های دانشگاهی، دولتی و بخش خصوصی، همگام شدن با این رویکرد نوین سرعت بیشتری گرفته و کشور عزیزمان ایران بتواند به عنوان صادرکننده خدمات فنی و مهندسی BIM مطرح شود.

فهرست

بخش اول

مقالات شفاهی..۱۳

یکپارچه سازی ارزیابی چرخه حیات با استفاده از فناوری اطلاعات ساختمان در مرحله اولیه طراحی ۱۵

ارائه سیستم جامع کنترل پروژه با ایجاد ارتباط بین زمانبندی، مدل سه بعدی و پایگاه داده ۲۹

یکپارچه سازی سیستم پشتیبان تصمیم گیری و مدل سازی اطلاعات ساختمان برای انتخاب بهینه مصالح ۴۳

امکان سنجی استقرار مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شرکتهای مشاور معماری در شهر ارومیه ۵۷

دسته‌بندی موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با دو رویکرد نوع موانع و سطح تصمیم‌گیری ۷۳

پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و مدیریت ذینفعان در پروژه های ساخت و ساز ۸۹

راه کارهای بیم در پوسته های پنلی پارامتریک و تجارب پروژه سالن همایشهای بین المللی اصفهان ۱۰۱

بخش دوم

مقالات پوستری..۱۱۵

پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز و شیوه های مدیریت پروژه، نقاط مشترک و راهکارها۱۱۷

مروری بر ساخت مدل سه‌بعدی ساختمان به کمک لیزر اسکنرهای سه‌بعدی ۱۲۷

موانع پیاده سازی فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان کشور ایران ۱۳۹

دو پارادایم و یک آینده؛ نقش BIM و PMBOK در تحول صنعت ساختمان ۱۴۷

(بررسی تاثیرات پیاده سازی BIM و HSE در فاز اجرایی پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندرانزلی) ۱۵۷

مروری بر نقش BIM در صنعت ساخت با تاکید بر تغییرات و برنامه ریزی ایمنی ۱۶۹

یکپارچه سازی تحلیل هزینه چرخه حیات (LCC) در طراحی مدرسه سبز با استفاده از (BIM) ۱۸۵

بررسی موارد حقوقی-قراردادی مرتبط با مدیریت اطلاعات ساختمان(BIM) ۱۹۹

پیاده سازی بیم و بررسی فرهنگ و رفتار سازمانی با تکیه بر تجارب شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب ۲۱۱

آسیب های کنونی صنعت ساختمان کشور در طراحی و اجرای ساختمان و اثرات استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان بر کاهش هزینه و زمان ۲۲۱

بخش سوم

مقالات لاتین..۲۳۹

Parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation ..۲۵۴

بخش چهارم

چکیده لاتین مقالات..۲۵۵

بخش اول

مقالات شفاهی

یکپارچه سازی ارزیابی چرخه حیات با استفاده از فناوری اطلاعات ساختمان در مرحله اولیه طراحی

سوگند شاه محمدی[۱،*]، احمد اخلاصی[۲]، فرزاد جلائی[۳]

*۱ و *- نویسنده مسوول: دانشجو، کارشناسی ارشد معماری و فناوری،گروه فناوری،دانشکده معماری و شهرسازی و دانشگاه علم وصنعت (so_shahmohamadi@arch.iust.ac.ir)*

۲- استادیار ، دکترای معماری و تکنولوژی ،گروه فناوری، دانشکده معماری و شهرسازی و دانشگاه علم و صنعت (ekhlasi@iust.ac.ir)

۳- استادیار ، دکترای مهندسی مدیریت و ساخت،گروه سازه، دانشکده عمران و دانشگاه علم وصنعت (farzad.jalaei@gmail.com)

چکیده

توجهات به سوی مسائل زیست محیطی مانند گرمایش جهانی و آلودگی هوا رو به رشد می باشد که این امر صنعت معماری، مهندسی و ساختمان(AEC[1]) را ملزم به ارزیابی تاثیرات زیست محیطی مصالح ساختمانی می سازد. طراحی ساختمان های پایدار نیازمند گزینش مصالح و سیستم هایی با عملکرد بهینه از نظر زیست محیطی هستند که این مسئله مستلزم اندازه گیری تاثیرات مصالح انتخابی بر محیط زیست می باشد. یکی از روش های متداول در این زمینه، ارزیابی چرخه حیات (LCA[2]) می باشد که در جهان به عنوان یکی از کامل ترین روش ها برای ارزیابی زیست محیطی ساختمان ها شناخته می شود. مدلسازی اطلاعات ساختمان طراحان را قادر می سازد تا آلترناتیو های مختلف را در مرحله مفهومی پروژه ارزیابی کنند. همچنین به آنها امکان انتخاب صحیح مصالح در طول مرحله ابتدایی پروژه و اتخاذ تصمیم هایی بهینه از نظر انرژی که می تواند تاثیر بسزایی در چرخه عمر ساختمان داشته باشد را می دهد. هدف از این تحقیق تمرکز بر روشی برای یکپارچه سازی BIM و LCA به عنوان دو مفهوم شناخته شده در مراحل اولیه طراحی مدل به جای زمانی که طراحی مدل با جزییات کامل و انتخاب مصالح صورت گرفته است، جهت پوشش دادن پیشرفت تمام مراحل طراحی ساختمان می باشد. اجرای موفق این روش باعث پیشرفت قابل توجهی در رسیدن به طراحی پایدار ساختمان در طول مراحل اولیه و سنجش تاثیرات زیست محیطی آن می شود. در این تحقیق با استفاده از یک پروژه واقعی در جهت بررسی سودمندی و قابلیت های این رویکرد توسعه یافته، نشان داده می شود که در هر سه بخش پتانسیل تخریب لایه ازون ، پتانسیل گرمایش زمینی و سوخت های فسیلی المان ستون ها و تیر ها و گروه اجزای جانبی پروژه (مانند بتنی که در المان های غیر سازه ای استفاده شده) بیشترین تاثیرات زیست محیطی را دارند. همچنین انرژی پنهان موثر سهم بیشتری در پتانسیل گرمایش جهانی دارد.

واژگان کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان، BIM ،ارزیابی چرخه حیات، LCA ، طراحی پایدار

---

[1] Architecture, Engineering, Construction

[2] Life Cycle assessment

۱- مقدمه

بیش از ۴۰ درصد از منابع خام و حدود ۳۰-۴۰ درصد نیاز به انرژی مربوط به صنعت ساختمان می باشد و سهم ساختمان ها در انتشار دی اکسید کربن در جهان ۴۰ درصد می باشد(Azhar et al,2009). با توجه به این مسائل صرفه جویی در مصرف انرژی های فسیلی و توسعه پایدار به مسئله ای مهم و در سطح بین الملل تبدیل شده است و طراحی پایدار در صنعت ساخت و ساز بسیار ضرورت پیدا کرده است. به گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا ده مورد از مهم ترین تاثیرات زیست محیطی به ترتیب شامل: (۱) پتانسیل گرمایش جهانی (۲) پتانسیل تخریب ازون (۳) پتانسیل اکسیدان فتوشیمیایی (۴) پتانسیل اسیدی شدن (۵) انباشتگی خوراکه آب (۶) سمیت بیماری(سرطان) (۷) سمیت بیماری (غیر سرطانی) (۸) سمیت بیماری (آلاینده های هوا) (۹) پتاسیل eco-toxicity (۱۰) کاربرد سوخت فسیلی می باشد. از آنجایی که حوزه تاثیرات زیست محیطی گسترده و شامل موارد زیادی می شود، وجود ابزاری مناسب برای کمی سازی این تاثیرات و ارزیابی آنها بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، ابزار طراحی پایدار باید توانایی ارزیابی عملکرد ساختمان را طبق معیارهای مختلف داشته باشد ضمن آنکه اطلاعات باید در چارچوب طراحی برای سنجش جایگزین های مختلف، یکپارچه سازی شود این یکی از دلایلی است که برخی از ابزارهای سنجش در فاز های نهایی پروژه اجرا می شوند. این مشکل می تواند با یکپارچه سازی ابزارهای مختلف و استفاده از آنها برای ارزیابی فرایند تصمیم گیری در فاز های اولیه طراحی حل شود. از این رو، برای موفق بودن در طراحی ساختمان پایدار با عملکرد بهتر می توان از ابزاری مانند BIM که توانایی تجزیه و تحلیل سناریو های مختلف را سریع تر از روش های سنتی دارد استفاده کرد و نیز تنوع مختلفی از شبیه سازی ها را در نظرگرفت (Krygiel et al,2008) مانند جهت گیری بنا، جرم یا توده بنا، نور روز، برداشت آب، مدلسازی انرژی، انرژی تجدید پذیر و مصالح. به همین ترتیب طراح باید آگاه باشد هر کدام از انواع اطلاعات که وارد مدل BIM می شود بر روی نتایج تاثیر بیشتری خواهد داشت. با توجه به وجوه زیست محیطی BIM، این ابزار تعدادی از تجزیه و تحلیل های مختلف را پشتیبانی می کند اما امکان بهبود کارایی BIM از طریق یکپارچه سازی آن با دیگر ابزار های مخصوص از جمله LCA وجود دارد. LCA ابزاری بسیار سازگار برای ارزیابی تاثیرات زیست محیطی است، صنعت AEC بطور فزاینده ای این روش را برای انتخاب محصول مناسب در فرایند تصمیم گیری به منظور بهینه سازی کل فرایند ساخت و ساز بکار می گیرد. ترکیب کردن و ادغام اولیه LCA ملزم به یکپارچه سازی آن در فاز های برنامه ریزی و طراحی برای سرمایه گذاری در مزایای زیست محیطی انتخاب مناسب سایت و هماهنگی اولیه سیستم های مختلف ساختمان می باشد(7group, & Reed, B, 2009).

هدف از این مقاله ضمن شناسایی و بیان نیاز به ابزاری برپایه BIM-LCA در امر طراحی، یکپارچه سازی مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و ارزیابی چرخه حیات (LCA) در مرحله مفهومی پروژه های ساخت و ساز می باشد. در این تحقیق در جهت یکپارچه سازی BIM و LCA از نرم افزار Athena بعنوان یکی از ابزار های LCA ، برای ارزیابی اثرات زیست محیطی استفاده شده است. این مقاله سعی دارد پتانسیل های موجود برای انتقال اطلاعات با بیشترین جزئیات و کمترین خطا و همچنین روند یکپارچه سازی اتوماتیک مفاهیم فوق الذکر را از طریق معرفی مطالعه موردی مورد بررسی قرار دهد.

۲- مدل سازی اطلاعات ساختمان(BIM) و طراحی پایدار

فاز های اولیه هر پروژه دارای بیشترین ظرفیت تاثیر بر پروژه می باشند. وقتی پروژه به فاز ساخت می رسد انعطاف پذیری خود را از دست می دهد و اعمال تغییرات سخت تر و پر هزینه تر می شود(R. Burke,2001) . به عبارت دیگر تصمیم گیری در مراحل اولیه طراحی می تواند به جلوگیری از بروز خطا های احتمالی کمک کند. به همین ترتیب، تعریف همه ی نیاز ها در فاز های اولیه برنامه ریزی برای جلوگیری از تغییرات آتی طراحی ضروری است(Verkehr et al,2013). درنتیجه طراحی را می توان به عنوان اولین قدم برای دستیابی به پایداری در نظر گرفت همانطور که توسط دولت انگلیس تعیین شده: طراحی خوب مترادف است با ساخت و ساز پایدار(HM Government,2012).

طراحی پایدار با تلاش های بیشتر در فازهای اولیه باید جامعیت داشته باشد و چرخه حیات ساختمان را به طور کامل در نظر بگیرد. "ساخت و ساز پایدار بعنوان یک روند پیچیده و گران در نظر گرفته نمی شوند" ؛این مسئله اجرای یکپارچگی در طراحی است بدین معنی که همه ی اجزای یک پروژه به جای اینکه بصورت منفرد تجزیه و تحلیل شوند مشمول یک چارچوب کلی می شوند. برای رسیدن به چنین هدفی فاز طراحی یک فاکتور کلیدی می باشد که باید سعی در کاهش مصرف منابع و انرژی و ایجاد فضای داخلی راحت و محدود کردن آلودگی و کاهش هزینه داشته باشد(C-SanD,2001). از طرفی ، هماهنگی مابین ذینفعان مختلف طرح هم بسیار ضروری است. همه آنها باید برای دستیابی به تعادل بین سه اصل پایداری هم جهت گردند. آنها باید بصورت مداوم از عملکرد زیست محیطی پروژه آگاه و نیاز به چنین معیار هایی را همواره درک کنند. همچنین معیار های زیست محیطی از همان مراحل ابتدایی باید در نظر گرفته شود. چنین فرآیندی دستیابی به طراحی پایدار را فراهم و عملی می سازد.

تحقق پایداری به طراحی یکپارچه با نگاهی همه جانبه به کل پروژه و توجه به خصوصیات خاص آن بستگی دارد که ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان این پروسه را تسهیل می کند. مدل سازی اطلات ساختمان رویکردی جدید در طراحی و ساخت و مدیریت امکانات است که در آن ارائه دیجیتالی فرآیند ساختمان برای تسهیل مبادله و تعامل اطلاعات در قالب دیجیتال استفاده می شود.(Eastman et al. 2011) .

برای اینکه بتوانیم کارایی ساختمان را در مراحل اولیه طراحی تامین نماییم ، دسترسی به کلیه اطلاعاتی که ساختمان را تعریف می کنند مثل فرم ، مصالح و سیستم های فنی ضروری است. معمولا نقشه های تولیدی در محیط CAD چنین نمای یکپارچه ای از ساختمان به دست نمی دهد.

از سال 2002 عبارت" مدل اطلاعات ساختمان" به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت(Bekker, P. C. F. ,1982). مدل اطلاعات ساختمان، ذخیره سازی اطلاعات مختلف تعریف کننده بنا را از طریق ایجاد یک مدل مجازی ممکن می سازد . مدلی که بیشتر یک" منبع اطلاعاتی "است تا یک طرح گرافیکی(Adalberth, K, 1997). BIM به صورت هوشمند عوامل دو بعدی و سه بعدی را که در طراحی یک ساختمان نقش دارند به همراه عوامل خارجی مانند موقعیت جغرافیایی و شرایط طراحی محلی، به صورت یک پایگاه اطلاعاتی ترکیب می کند و منبع واحد و یکپارچه ای را برای کلیه اطلاعات مربوط به آن ساختمان فراهم می کند.

کمیته ی مدل سازی اطلاعات ساختمان آمریکا BIM را اینگونه تعریف می کند : ارائه و نمایش دیجیتالی خصوصیات عملکردی و فیزیکی یک بنا . مدل BIM در واقع، منبع اطلاعاتی مشترک حاوی داده های اطلاعاتی بنا است که پایگاهی مطمئن برای گرفتن تصمیمات در طول دوره ی حیات پروژه را تامین می کند و از مراحل ایده پردازی اولیه تا مراحل تخریب

بنا می توان به آن ارجاع داد و استناد کرد. قاعده اصلی BIM همکاری ذینفعان مختلف پروژه در مراحل مختلف طول عمر بنا برای ورود، استخراج، ارتقا و تغییر اطلاعات در مدل BIM برای حمایت و انعکاس نقش ذینفعان پروژه است.

سیستم های مدل سازی اطلاعات ساختمان ابزار هایی برای بهبود جریان اطلاعات ساختمان ها ، رسیدن به کارایی و کیفیت بهتر را دارند. استفاده از ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان شیوه ساخت ساختمان ها را در صنعت ساختمان تغییر داد. در حال حاضر، همکاری و تعامل سودبخش مابین مدل سازی اطلاعات ساختمان و ساخت و ساز پایدار در حال توسعه است. مدل سازی اطلاعات ساختمان باعث افزایش شفافیت و پشتیبانی کار های مشارکتی مابین ذینفعان در فازهای اولیه پروژه می شود که همگی به کاهش هدر رفت و اجتناب از خطاهای آینده کمک می کند. ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان همچنین می تواند باعث کاهش قیمت و زمان و هدر رفت منابع و در نتیجه افزایش پایداری شود. علاوه بر این، ابزار هایی که بر پایه BIM هستند آنالیز ها و شبیه سازی های مختلفی را ارائه می کنند که نتایج آنها پایه و اساسی برای تصمیم گیری و در نهایت بهبود کارایی ساختمان را شکل می دهند (McGraw-HillConstructio,2010). با توجه به نقش های ویژه، BIM تاثیرات مثبتی را بر سه اصل پایداری دارد.اولین اصل، باتوجه به وجوه اقتصادی ظرفیت کاهش هزینه های طراحی بوسیله بهبود مدیریت اطلاعات و ارتقا هماهنگی را دارد با این نتیجه که منابع کمتری به هدر برود. دومین اصل، با توجه به وجوه اجتماعی، ابزارهایی که بر پایه BIM هستند آنالیز و شبیه سازی متغیر های مختلف که در ابزار های سنتی بسیار پیچیده و نیازمند وارد کردن دستی داده ها هستند را تسهیل می بخشد. آنالیز های پیچیده (مانند نور روز) برای ایجاد شرایط بهتر برای کار و زندگی و نیز افزایش آسایش می تواند انجام شود. سومین اصل، با توجه به وجوه زیست محیطی BIM تعدادی از تجزیه و تحلیل های مختلف را ارائه یا پشتیبانی می کند(Autodesk, 2005). همچنین ظرفیت بهبود کارایی BIM از طریق یکپارچه سازی آن با دیگر ابزار های مخصوص مانند LCA افزایش پیدا می کند.

طراحی یکپارچه کل فرایند طراحی و ساخت را به عنوان یک سیستم در نظر می گیرد و به بهینه سازی کل فرایند از نقطه شروع چرخه حیات ساختمان تا زمان تخریب و نابودی ساختمان می پردازد. طراحی ساختمان با رویکرد طراحی یکپارچه و تیم مرتبط به آن، دو مولفه اصلی به منظور دستیابی به ساختمان هایی با عملکرد بهینه محسوب می شوند. این موضوع شامل همه ذینفعان پروژه از شروع مرحله طراحی تا پایان بهره برداری می شود. طراحی نیازمند یک تیم طراحی یکپارچه است که در آن همه ذینفعان در کلیه مراحل با هم کار می کنند تا بتوان طرح را از نظر هزینه، انعطاف پذیری در آینده ، بهینه بودن و برآیند کلی تاثیرات بر محیط زیست ارزیابی کرد.

برای ساخت مدل های سه بعدی از نرم افزارهای مختلفی استفاده می شود. نرم افزارهای Autodesk Revit، Archicad، tekla،architecture Bentley از جمله معروف ترین و پرکاربردترین نرم افزارهای مدل سازی هستند.

۳- ارزیابی چرخه حیات (LCA)

مطالعات بر روی LCA به اواخر ۱۹۶۰ و اوایل ۱۹۷۰ بر می گردد، زمانیکه مسائل زیست محیطی مانند کارایی انرژی و منابع، کنترل آلودگی و زباله جامد به یک نگرانی برای مردم تبدیل شد(Buyle et al,2013). برطبق گفته گوینی یکی از اولین مطالعات در این زمینه توسط موسسه تحقیق Midwest برای کمپانی کوکا کولا در سال ۱۹۶۹، با هدف اندازه گیری نیازمندی ها به منابع، بار های انتشاری، و جریان های هدر رفت ظروف مختلف آشامیدنی صورت گرفت(Guinée et al, 2011).

بعد از رشد سریع گرایش به زمینه ی ارزیابی چرخه حیات در اوایل ۱۹۸۰ ،آزمایشگاه فدرال سوییس برای آزمایش و تحقیق مواد (EMPA)1 یک لیست جامع درباره داده های مورد نیاز برای اجرای LCA منتشر کرد. در همان زمان بود که ایده LCA در صنعت ساخت و ساز با تمرکز ویژه بر استفاده از منابع معرفی گردید. دهه بعد دوره رشد چشمگیر استاندارد سازی LCA بود، در آن زمان سازمان بین المللی استاندارد سازیISO هم شروع به فعالیت کرد. آغاز قرن ۲۱ ام را می توان دهه توسعه مستمر نامید که در آن تفکر چرخه عمر بصورت عملی بکار گرفته شد و همچنین اهمیت ابزار های پشتیبانی بوسیله داده ها و شاخص های بهتر برجسته و مورد تاکید قرار گرفت. این سازمان استاندارد (ISO14040)، LCA را به عنوان "تدوین و ارزیابی ورودی و خروجی و پتانسیل اثرات زیست محیطی از یک سیستم تولید در سراسرچرخه عمر"تعریف کرده است (ISO,2005). بنابراین LCA یک ابزاریست که برای ارزیابی اثرات زیست محیطی و منابع در طول چرخه عمر محصول استفاده می شود و همه ویژگی ها و یا جنبه های محیط زیست طبیعی، سلامت انسان و منابع را در نظر می گیرد(Korres, N.E., et al,2011) و به عنوان روشی برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی از یک مواد، محصول ،در طول تمام چرخه تعریف می شود. برطبق این استاندارد LCA به چهار فاز مختلف تقسیم می شود:

- تعریف هدف و دامنه : این فاز اهداف مطالعه، تعریف محصول و کاربرد آن و فرضیه اولیه LCA شامل تعریف واحد عملکردی مناسب ،جریان های مرجع، مرز های سیستم که باید هدف مطالعه را در بربگیرد را مشخص می کند.
- تهیه فهرست چرخه حیات (LCI) [2]: در این فاز داده های ورودی و خروجی سیستم محصول که مربوط به چرخه عمر آن هستند جمع آوری می شوند و براساس انرژی و مصالح خام ورودی، محصولات، محصولات جنبی (محصول مشترک)و هدر رفت و انتشارات به آب و هوا و خاک دسته بندی می شوند.
- ارزیابی تاثیرات در چرخه عمرLCIA [3]: تاثیرات زیست محیطی مربوط به داده های فاز LCI بر اساس چندین شاخص ارزیابی و کمی سازی می شوند.
- تفسیر و ارزیابی: تفسیر چرخه حیات، مرحله نهایی روش اجرایی ارزیابی چرخه حیات (LCA) است که در آن نتایج یک فهرست چرخه حیات (LCI) یا ارزیابی پیامد چرخه حیات(LCIA) ، یا هر دو باهم، به عنوان پایه ای برای نتیجه گیری ها، پیشنهادات و تصمیم گیری ها مطابق با تعریف هدف و دامنه، خلاصه شده و مورد بحث قرار می گیرند.

با ارزیابی چرخه عمر می توان:

-یک ارزیابی سیستماتیک از تبعات زیست محیطی محصول ارائه داد.
-میزان انتشار آلاینده ها به محیط های آب، هوا، خاک در هر چرخه با فرآیند های اصلی تولید محصول را بصورت کمی برآورد نمود
-اثرات اکولوژیکی و انسانی مواد مصرفی بر محیط زیست در مقیاس محلی، منطقه ای و جهانی ارزیابی نمود.
-آثار بهداشتی، اکولوژیکی دو محصول یا فرآیند مشابه را بمنظور انتخاب گزینه بهینه مقایسه نمود.

[1] The Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research
[2] Life Cycle Inventory
[3] Life Cycle Inventory Analysis

بنابراین کاربرد این روش بـه تصـمیم گیـران درانتخـاب محصـول یـا فرآیندی که کمترین تبعات زیست محیطی را به همراه داشـته باشد، کمک شایانی می نماید. بطوری که در سال 2010، سازمان حفاظت محیط زیست رویکردهای مهم LCA را دراعمال مقررات نسبت به استانداردهای سوخت تجدید پذیر آمریکا، در قالب استانداردهای سوخت به کار برد.

۴- یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی چرخه حیات

یک فرایند طراحی پایدار یکپارچه، روند تصدیق زمان و هزینه را ساده می سازد، و از انجایی که تصمیم گیری و تعاملات در مراحل اولیه امکان پذیر است، داده های خروجی بهبود یافته ای را ارائه می کند. از آنجایی که مزایای BIM در بین متخصصان طراحی ساختمان گسترش یافته است آنها نقش بسیار مهم و حیاتی را در سراسر کل چرخه حیات پروژه ایفا می کنند(Ilhan,B,et al ,2016). بکار گیری BIM باعث پیشرفت قابل توجه مدلسازی و قابل پیش بینی کردن عملکرد ساختمان می شود. برطبق مطالعات مرکز دانشگاهی استانفورد(CRC, 2007) مبنی بر تسهیلات مهندسی یکپارچه شده بر اساس ۳۲ پروژه ، مزایای بیم شامل موارد زیر می شود: کاهش ۴۰ درصدی تغییرات پیش بینی نشده، ۳ درصد صحت تخمین هزینه،۸۰ درصد کاهش در زمان اختصاص داده شده برای تخمین هزینه ها، ۱۰ درصد صرفه جویی در ارزش قرار داد بدلیل تشخیص برخورد ها، ۷ درصد کاهش در مدت زمان پروژه همچنین برگشت ۵ تا ۱۰ برابر سرمایه گذاری انجام شده از طریق راه اندازی سیستم BIM در پرونده ها. بنابراین، بکار گیری ابزاری مناسب برای ارزیابی زیست محیطی در چارچوب BIM موجود برای استفاده از آنها در صنعت AEC امری ضروری است.

بطور کلی سه نوع ابزار برای ارزیابی زیست محیطی ساختمان وجود دارد:

- ارزیابی تاثیرات زیست محیطی(EIA[1])
- سیستم رتبه بندی (RS[2])
- ارزیابی در طول چرخه حیات (LCA)

از آنجایی که LCA ابزاری بسیار سازگار برای ارزیابی تاثیرات زیست محیطی است، صنعت AEC بطور فزاینده ای این روش را برای انتخاب محصول مناسب در فرایند تصمیم گیری به منظور بهینه سازی کل فرایند ساخت و ساز بکار می گیرد(Asdrubali, F.,et al, 2013).

بر طبق نظر اورتیز ابزار های پشتیبانی تصمیم گیری ساختمان در طول فاز اجرایی ساختمان ها معمولا به دو دسته تقسیم می شوند : مصالح و اجزای ساختمانی(BMCC)[3] و تمام فرایند ساختمان (WPC)[4]. دسته اول به اندازه دسته دوم جامع نمی باشند چون مصالح محور میباشند. به همین دلیل دسته اولBMCC به جای تاثیر برکل فاز عملیاتی پروژه، بیشتر بر روی اجزای ساختمان و تاثیرات آنها بصورت منفرد تمرکز دارند(Ortiz et al,2009).

همچنین تراستی و هورست بیان می دارند ابزار های LCA می توانند به سه سطح یا نوع تقسیم بشوند.

---
[1] Environmental Impact Assessment
[2] Rating / Certification Systems
[3] Building material and components combination
[4] whole process of construction

ابزار نوع اول برپایه یBMCC می باشند که بروی محصولات بصورت فردی یا مجموعه های ساده تمرکز دارند. این ابزار ها برای مقایسه و سنجش محصولات با معیار های زیست محیطی و اقتصادی عمدتا در مرحله تحویل پروژه هستند. این نوع می تواند به دو گروه تقسیم شود: (الف) ابزار نوع یک برای کارشناسان LCA و (ب) ابزار نوع یک برای کاربران که فقط نتایج را می خواهند مانند معماران معمولی و مشاوران. ابزار های نوع ۲ که بر پایه WPC می باشند عناصر و مجموعه های ساختمان را بطور کامل در نظر می گیرند. معمولا این ابزار ها بروی یک زمینه مورد نظر مانند انرژی عملیاتی ، روشنایی، ارزیابی چرخه هزینه و تاثیرات زیست محیطی در طول حیات تمرکز دارند. ابزار های نوع دوم معمولا در طول فرایند طراحی اجرا می شوند بیشتر، اطلاعات محور و هدفمند هستند (مرحله اولیه طراحی مفهومی تا مرحله طراحی جزییات). در نهایت ابزار نوع سوم که دارای چارچوب ارزیابی جامع تری هستند و محدوده گسترده تری را شامل می شوند مانند جنبه های زیست محیطی ، اقتصادی و اجتماعی پایداری.جدول زیر لیستی از انواع ابزار های LCA را نشان می دهد (Trusty and Horst,2005):

جدول (۱) ابزار های LCA

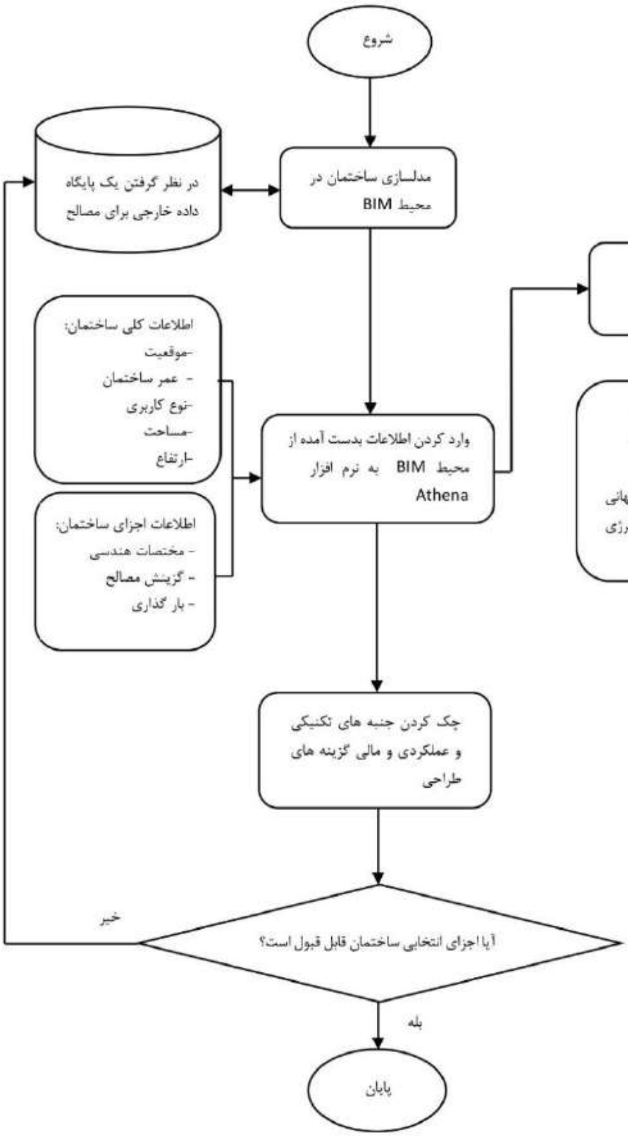
ابزار LCA	
ابزار های نوع اول الف-ابزار های سنجش محصولات برای متخصصین	ابزار های نوع دوم –بر پایه WPC
SimaPro	Athena Environmental Impact Estimator (EIE)
GaBi	BRI LCA (energy and CO2)
Umberto	Envest
TEAM	LISA
ابزار های نوع اول ب- ابزار های سنجش برای غیر متخصصین	LCADesign
LCE	Energy Plus
OpenLCA	Autodesk EcoTect & Green Building Studio
BEES	ابزار های نوع سوم- چارچوب جامع ارزیابی و دسته بندی
LCAiT	BREEAM
TAKE-LCA	LEED

۵- روش انجام تحقیق

همانطور که در بالا ذکر گردید هدف از این مقاله یکپارچه سازی مفهوم مدلسازی اطلاعات ساختمان(BIM) و ارزیابی چرخه حیات(LCA) در مرحله مفهومی پروژه می باشد. به این منظور در بخش دوم یک پروژه به عنوان نمونه موردی برای

نشان دادن کارایی این روش مورد مطالعه قرار می گیرد. در این بخش باتوجه به ابزار های معرفی شـده بـرای ارزیـابی چرخـه حیات از نرم افزار Athena برای بررسی اثرات زیست محیطی استفاده شده است.

برای ارزیابی تاثیرات زیست محیطی ساختمان، اطلاعات مورد نظر از نرم افزار BIM در فرمت csv بصورت فایل اکسل خارج گردیده و در نهایت این اطلاعات بعد از اصلاح بصورت دستی وارد نرم افزارathena شده است. به این منظور در ابتدا تمام المان های ساختمان که می‌خواهیم محاسبه شوند باید در یکی از گروه‌های دیوار، سقف، کف، تیر یا ستون، فونداسیون و مواد جانبی، قرار گیرند. گروه آخر مربوط به المان هایی می‌شود که در گروه های قبلی قرار نخواهند گرفت. لازم به ذکر است که المان‌هایی همچون در و پنجره در گروه walls قرار می‌گیرند. همچنین کلیه المان‌های تاسیسات مکانیکی و برقی مانند سیم، داکت، بویلر و .... در گروه Project Extra Material قرار گرفته است. بعد از وارد کردن اطلاعات مربوطه به نرم افزار athena ، نتایج را می توان در دو حالت نمودار گراف یا جدول با استفاده از منوی report ارائه داد.



شکل (۱) چارچوب کلی ارزیابی چرخه حیات با استفاده از نرم افزار athena

۶- بررسی نمونه مورد مطالعه

در این بخش یک ساختمان ۲ طبقه با کاربری مسکونی انتخاب گردیده است. مدلسازی ساختمان در نرم افزار رویت که بر پایه BIM می باشد صورت گرفته و در ادامه به منظور بررسی تاثیرات زیست محیطی ساختمان از نرم افزار Athena استفاده شده است.

شکل (۲) تصویر نمونه مورد مطالعه

نرم‌افزار IE4B[1] به منظور محاسبه و ارزیابی چرخه حیات ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار در واقع برای پشتیبانی از مهندسان و مشاورانی است که علاقه مند به طراحی های پایدار با رویکرد محیط زیستی می‌باشند. این نرم‌افزار با استفاده از اطلاعات و استانداردهای سازمان EPA آمریکا، اطلاعاتی از قبیل پتانسیل گرمایش زمین، پتانسیل اسیدیته، پتانسیل تخریب لایه اوزون، انتشار آلاینده به آب و هوا و ... که از ساخت هر ساختمان به محیط تحمیل می‌گردد را در غالب نمودار و جدول هایی در اختیار ما قرار می‌دهد(Athena guide to whole- building LCA in green building programs,2014). نرم افزار Athena یک پایگاه اطلاعاتی قوی وپیچیده درون نرم افزار خود دارد، که تنها با استفاده از اطلاعات فیزیکی ساختمان که از کاربر خواهد گرفت، خروجی های مورد نظر را در اختیار قرار خواهد داد (ذوقی،۱۳۹۶).

در قسمت بعد به بررسی نتایج بدست آمده می پردازیم. در هر قسمت نتایج بصورت تفکیک شده برای هر کدام از اجزا در ۶ گروه برای مواردی مانند پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل تخریب لایه ازون و سوخت های فسیلی ارائه می شود و در انتها میزان انرژی بهره برداری و انرژی نهان ذخیره شده در مصالح و تاثیرات آن ها در پتانسیل گرمایش جهانی نشان داده می شود.

۱-۶- پتانسیل گرمایش جهانی

بررسی پتانسیل گرمایش زمین می‌تواند به عنوان یک مرجع مورد بررسی قرار گیرد. روش و دانش استفاده شده در محاسبه این تراز، به عنوان یکی از مقبول‌ترین روش‌های LCIA[2] پذیرفته شده است. گرمایش زمین برمبنای میزان CO_2 بر حسب kg یا ton مورد محاسبه قرار می‌گیرد. (**شکل۳**)

---
[1] Impact Estimator for Building
[2] Life Cycle Impact Assessment

۲-۶- پتانسیل تخریب لایه اوزون

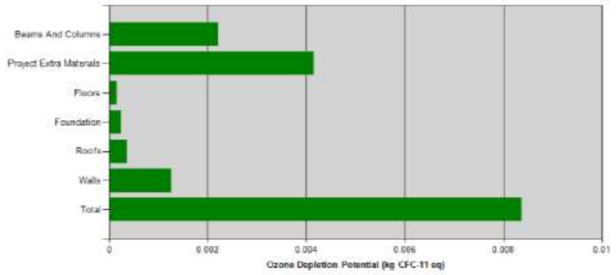
پتانسیل تخریب اوزون استراتوسفر، با بررسی اثر کاهش مقدار لایه اوزون در این لایه با مواد مخرب اوزون مانند CFC، HFC و Halon ها می‌پردازد. پتانسیل تخریبگری هر ماده با مقایسه آن با ماده CFC-11 با مقایسه یک مقیاس آن (به عنوام مثال *kg* معادل) نشان داده می‌شود. **(شکل۴)**

۳-۶- پتانسیل سوخت فسیلی

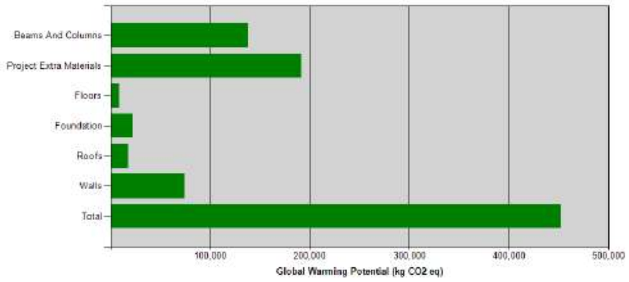
مصرف سوخت فسیلی بر مبنای مگا ژول (Mj) محاسبه می‌گردد و زیر مجموعه ای از انرژی مصرفی کل یعنی بخش سوخت های فسیلی است. به عبارت دیگر این بخش شامل تمام انرژی های موجود در جدول انرژی جز، آبی، هسته ای، چوب و انرژی های تجدیدپذیر غیرآبی می‌شود. **(شکل۵)**

۴-۶- پتاسیل گرمایش جهانی با توجه به انرژی بهره برداری و انرژی پنهان موثر

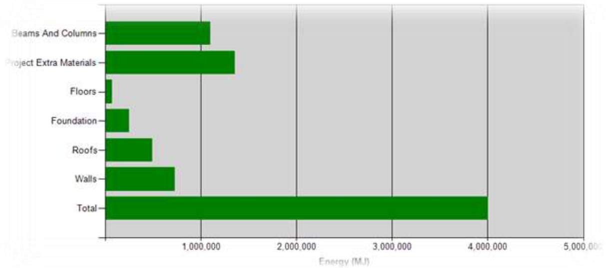
انرژی پنهان موثر انرژی مصرف شده توسط تمام فرآیند های مرتبط با تولید و ساخت ساختمان، از استخراج و آماده سازی منابع طبیعی گرفته تا تولید، حمل و نقل و تحویل کالا را شامل می باشد. انرژی بهره برداری مقدار انرژی است که با توجه به میزان نیاز برای گرمایش، سرمایش،تهویه،روشنایی و تجهیزات و لوازم در ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. ساختمان ها هر دو انرژی پنهان موثر و انرژی بهره برداری را برای تامین عملکرد های مختلف مصرف می کنند. **(شکل۶)**



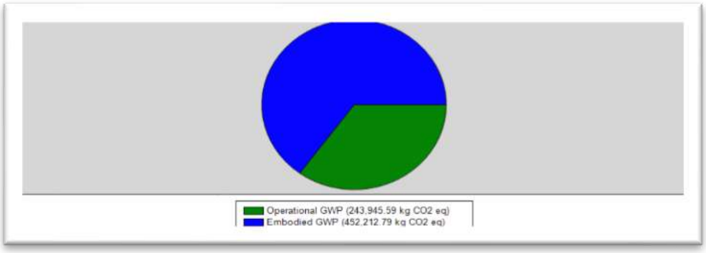
شکل(۳) پتانسیل گرمایش جهانی



شکل(۴) پتانسیل تخریب ازون



شکل(۵) پتانسیل سوخت فسیلی



شکل(۶) مقایسه انرژی بهره برداری و انرژی پنهان موثر در پتانسیل گرمایش

۵-۶- تفسیر نتایج

همانطور که در نمودار ها دیده می شود در هر سه بخش پتاسیل تخریب لایه ازون ، پتانسیل گرمایش زمینی و سوخت های فسیلی گروه project extra materials به ترتیب با مقادیر $۴/۱۵ \times ۱۰^{-۳}$ kg، $۱/۹۱ \times ۱۰^{۵}$ kg و $۱/۳۶ \times ۱۰^{۶}$ MJ دارای بیشترین تاثیرات زیست محیطی هستند. گروه beams & columns در رده ی بعدی هستند که با مقادیر $۲/۲۱ \times ۱۰^{-۶}$ kg، $۱/۳۸ \times ۱۰^{۵}$ kg و $۱/۱۰ \times ۱۰^{۶}$ MJ دارای تاثیرات زیست محیطی بیشتری نسبت به گروه های دیگر می باشند. این در حالی است که گروه floors به ترتیب با $۱/۵۲ \times ۱۰^{-۴}$ kg، $۸/۴۳ \times ۱۰^{۳}$ kg و $۷/۰۵ \times ۱۰^{۴}$ MJ کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. در بخش پتاسیل گرمایش جهانی با توجه به اینکه انرژی بهره برداری و انرژی پنهان موثر به ترتیب هریک معادل ۲۴۳.۹۴۵/۵۹و ۴۵۲.۲۱۲/۷۹ می باشند، تاثیرات زیست محیطی انرژی پنهان موثر به میزان ۲۰۸.۲۶۷/۲ سهم بیشتری را در گرمایش جهانی شامل می شود.

۷- نتیجه گیری

این مقاله روشی را برای اجرای طراحی پایدار برای پروژه های ساختمانی در مرحله مفهومی بوسیله یکپارچه سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM و ارزیابی چرخه حیات LCA ارائه می دهد. این روش برای کمک به تیم طراحی پروژه برای انجام طراحی مفهومی پایدار برای پروژه ساختمانی و اندازه گیری تاثیرات زیست محیطی اجزا و مصالح آن در مرحله اولیه می باشد.

ارزیابی چرخه حیات باید بطور کامل درتمام مراحل برنامه ریزی به منظور دستیابی به ساختمانی با عملکرد بهتر که در تمام مراحل چرخه حیات خود بهینه باشد، انجام شود و از آنجایی که مراحل اولیه برنامه ریزی شامل میزان زیادی از اطلاعات می باشد، برنامه ریزی بر پایه مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM یک پایه عالی برای ساختمان های بهینه در طول چرخه حیات محسوب می شود. استفاده از پلتفرم یکپارچه BIM باعث پیشبرد تصمیمات طراحی در مرحله اولیه بویژه هنگام سنجش آلترناتیو های مختلف طراحی می شود. پیاده سازی روش ارائه شده در تحقیق باعث شد که در مرحله طراحی مفهومی پروژه اثرات زیست محیطی اجزا و مصالح مختلف ساختمان مورد بررسی قرار بگیرد. این مطالعه نشان داد که گروه های ستون ها و تیر ها و گروه اجزای جانبی پروژه بیشترین تاثیرات زیست محیطی را دارند. همچنین انرژی پنهان موثر سهم بیشتری در پتانسیل گرمایش جهانی دارد. ارائه این نتایج در مرحله مفهومی پروژه دید درستی به طراح در جهت هر چه بیشتر نزدیک کردن طرح به معیار ها و استاندارد های طراحی پایدار و اتخاذ بهینه ترین تصمیم گیری ها می دهد. با توجه به توسعه مفاهیم ذکر شده مهندسین معماری و عمران بدلیل عدم انطباق نرم افزارهای LCA با ابزار های طراحی به منظور انتقال هوشمند و اتوماتیک اطلاعات مقادیر کمی مصالح ، هنوز قادر به استفاده کاربردی از این نرم افزار ها نمی باشند. لذا تحقیق بیشتر در این زمینه بسیار ضروری است.

منابع و مراجع

[1] ذوقی، میلاد،(۱۳۹۶) ارزیابی مقدار پسماند ساختمانی و اثرات زیست محیطی آن در چرخه حیات ساختمان و کاهش آن با استفاده از تکنولوژی (BIM) ، پایان نامه کاشناسی ارشد گرایش محیط زیست، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی.ص۳۴.

[2] S. Azhar, J. Brown, R. Farooqui, BIM-based sustainability analysis: an evaluation of building performance analysis software, Proceedings of the 45th ASC Annual Conference 2009, pp. 1–4.

[3] Adalberth, K. (1997). "Energy use during the life cycle of buildings: a method." Building and Environment, 32(4), 317-320.

[4] Autodesk, 2005. "Building Information Modeling for Sustainable Design," Autodesk, Inc., 2005. [Online] Available at: http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_for_sustainable_design_jun0 5.pdf [Accessed 14 May 2013].

[5] Asdrubali, F., Baldassarri, C., and Fthenakis, V. (2013). "Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings." Energy and Buildings, 64(0), 73-89.

[6]Athena guide to whole- building LCA in green building programs, 1st Edition March 2014, pp.7,www.athenasmi.org.

[7] R. Burke, "Project Management. Planning and Control Techniques", 3 rd ed., John Wiley & Sons LTD, Chichester, 2001, pp. 26 – 31.

[8] Bekker, P. C. F. (1982). "A life-cycle approach in building." Building and Environment, 17(1), 55-61.

[9] Buyle M, Braet J, Audenaert A. Life cycle assessment in the construction sector: a review. Renew 453 Sustain Energy Rev 2013;26:379–88.

[10] Bundesministerium fur Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,"Mogliche Ursachen fur Kosten-und Terminu-berschreitungen bei der Realisierung von Großprojekten," *Sitzung Reformkommission Bau von Großprojekten am 17.04.2013*, Berlin, April 2013. [Online] Available at:http://www.bmvi.de//SharedDocs/DE/Artikel/UI/reformkommissionbau-von-grossprojekten.html?nn=38976 [Accessed 19 June 2013].

[11] C-SanD, "Sustainable Development and Sustainable Construction", Loughboroung University, 2001.

[12] CRC. (2007). Digital Modelling and BIM. Brisbane, Australia: CRC for Construction Innovation. East, E. W. (2012). The Facility Management Handover Model View. Journal of Computing in Civil Engineering.

[13] Eastman, C. and Eastman C. 2008. BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, John Wiley and Sons.

[14] 7group, & Reed, B. (2009). The Integrative Design Guide to Green Building - Redefining the Practice of Sustainability. Hoboken, New Jersey[1]: John Wiley & Sons.'

[15] J. B. Guinee, R. Heijungs, G. Huppes et al., "Life cycle assessment: past, present, and future," *Environmental Science and Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 90–96, 2011.

---

[16] HM Government, "Industrial strategy: government and industry in partnership. Building Information Modelling", 2012

[17]ISO,ISO14040:Environmental management—lifecycle assessment—requirementsand guidelines. . International Standard Organisation, p 54, 2005.

[18] ISIRI 14040 1st.edition, Environmental management- Life cycle assessment- Requirements and guidance, institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2006.

[19] (Ilhan, B. & Yaman, H., Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIMbased design decisions. Automation in Construction, 70, pp. 26–37, 2016.)

[20] Krygiel, E., and Nies, B. (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling, SYBEX Inc.

[21] Korres, N.E., et al., Grass biomethane for agriculture and energy, in Genetics, Biofuels and Local Farming *Systems*. 2011, Springer. p. 5-49.

[22] McGraw-Hill Construction, "The Business Value of BIM in Europe. Getting Building Information Modeling to the Bottom Line in the United Kingdom, France and Germany," *SmartMarket Report*, Bedford: McGraw-Hill Construction, 2010.

[23] Ortiz, O., Francesc, C., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the Construction Industry: A Review of Recent Developments Based on LCA. Construction and Building Materials, pp. 23:28-29.

[24] Trusty, W., & Horst, S. (2005). LCA Tools Around the World. Building Design & Construction, 12-15.

ارائه سیستم جامع کنترل پروژه با ایجاد ارتباط بین زمانبندی، مدل سه بعدی و پایگاه داده

محمد رضازاده[1,*]، رضا رستمی نیکو[2]، مصطفی خانزادی[3]

*۱ و *- نویسنده مسوول : دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران (m.rezazade1994@gmail.com)*

۲- : دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت (rostami_reza@civileng.iust.ac.ir)

۳- دانشیار ، عضو هیئت علمی دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیـد ه

در این مقاله یک سیستم هوشمند خودکار و یکپارچه کنترل پروژه پیشنهاد شده است که با توجه به استفاده از مدل سه بعدی، تصویرسازی و نیز یکپارچه سازی اطلاعات، کمک موثری در بهبود درک مدیران پروژه از وضعیت پیشرفت و شرایط کلی پروژه بوده و فرآیند تصمیم گیری را سریعتر و موثرتر می‌نماید. این سیستم به نحوه جمع آوری اطلاعات چون-ساخت پروژه وابسته نمی‌باشد و این اطلاعات می‌توانند از هر منبعی دریافت شوند. درحال حاضر تقریبا تمامی کارهای نظارت و کنترل پروژه با استفاده از نرم افزارهای متداول برنامه‌ریزی و کنترل پروژه انجام می‌شوند، درحالی که این نرم افزارها هیچگونه قابلیت تصویرسازی و نمایش سه بعدی مدل چون-برنامه و چون-ساخت را ندارند. نوآوری اصلی سیستم پیشنهادی امکان انجام امور کنترل پروژه، مشاهده تمامی اطلاعات مربوط به فعالیت‌ها ذخیره شده در پایگاه داده اکسس و نرم افزار مایکروسافت پراجکت، و نیز بروزرسانی اطلاعات پیشرفت فعالیت‌های پروژه از طریق مدل سه بعدی به طور مستقیم، می‌باشد. چارچوب پیشنهادی علاوه بر استفاده از تمامی امکانات نرم افزارهای برنامه ریزی و کنترل پروژه، امکان مشاهده بصری مدل های چون-برنامه و چون-ساخت، اصلاح اطلاعات، مشاهده گزارشات و نیز ذخیره و مشاهده تصاویر اجرایی را فراهم آورده و با توجه به سیستمهای امنیتی تعبیه شده، امکان ایجاد سطح دسترسی های مختلف برای کاربران متفاوت را فراهم می آورد. در پایان این چارچوب با استفاده از متداول ترین نرم افزارهای این حوزه به مرحله اجرا درآمده است.

واژگان کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان ، کنترل پروژه، مدل چهاربعدی، مدیریت زمانبندی، تصویرساز

۱- مقدمه

پروژه‌های ساختمانی درصد بالایی از منابع سالیانه مصرفی در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به ماهیت پویا و یکتای صنعت ساخت، درصد هدررفت منابع در این پروژه‌ها نسبت به سایر صنایع بسیار بالا بوده و به طور معمول این پروژه‌ها با هزینه‌های بالاتر از هزینه برنامه‌ریزی شده و زمانی طولانی تر از زمان برنامه‌ریزی شده به اتمام می‌رسند. در سیستمهای مدیریت ساخت یکی از موارد نیاز به اقدام فوری، تلاش برای کاهش ایرادها و نقصهایی است که می‌توانند زمان و هزینه پروژه را تحت تاثیر قرار دهند. تشخیص دیرهنگام چنین نقصهایی مشکل‌زا بوده و تنها زمان کوتاهی جهت تصمیم گیری و انجام اقدامات اصلاحی قبل از اثرات مخرب این نقصها بر روی زمان و هزینه پروژه موجود می‌باشد (Akinci و همکاران، ۲۰۰۶؛ Arditi و Gunaydin، ۱۹۹۷).

به منظور حصول اهداف یک پروژه به صورت مطلوب و طبق برنامه‌ریزی، وجود یک سیستم نظارت و کنترل پروژه ضروری می‌باشد. داده‌های چون-ساخت به منظور برآورد اطلاعات واقعی پروژه در حال ساخت از جمله درصد تکمیل فعالیتها، کیفیت کار، هزینه و ... جمع آوری می‌شوند و مقایسه اطلاعات چون-ساخت و چون-برنامه نشان می‌دهد که آیا پروژه اهداف از پیش تعیین شده برنامه را تامین میکند یا خیر. با استفاده از اطلاعات مرحله قبل، می توان آینده پروژه را پیشبینی کرد و درباره چگونگی ادامه کار تصمیم‌گیری نمود (Azimi و همکاران، ۲۰۱۱).

مدل سازی اطلاعات ساختمان، با ترکیب تکنولوژی اطلاعات با معماری و ساخت، به عنوان یک تغییر بنیادین برای مدیریت فرآیند ساخت از ابتدا تا انتها شناخته شده است (Azimiو همکاران، ۲۰۱۱).

به روزرسانی زمانبندی به عنوان فرآیندی برای اندازه گیری وضعیت پروژه و پیشبینی زمان تکمیل آن تعریف می‌شود. بروز رسانی زمانبندی شامل مقایسه اطلاعات چون-ساخت به دست آمده از یک کارگاه ساختمانی با اطلاعات مدلهای چون-برنامه، محاسبه پیشرفت واقعی هر فعالیت و به روز رسانی زمانهای شروع و پایان هر فعالیت و در نتیجه فرآهم آوردن اطلاعات بحرانی زمانبندی می‌باشد (Kiziltas و Akinci، ۲۰۰۵).

انجام امور کنترل پروژه هم اکنون عموما از طریق نرم افزارهای برنامه ریزی و کنترل پروژه انجام می‌شود. به بیان دیگر در حال حاضر کار کنترل پروژه و وارد کردن اطلاعات پیشرفت فعالیت‌ها از طریق سطرهای نوشتاری نرم افزارهای کنترل پروژه (مانند MsProject و Primavera) 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 می باشد. به طور مثال در صورت وجود تعداد زیادی المان از نوع ستون در پروژه، بدون وجود مدل سه بعدی تشخیص صحیح و سریع این موضوع که کدام سطر از برنامه زمانبندی در نرم افزار برنامه ریزی و کنترل پروژه مربوط به ستون مورد نظر است، با دشواری روبروست. این موضوع به خصوص در پروژه‌های بزرگ می‌تواند به چالشی قابل توجه تبدیل شود. همچنین قابلیت اعتماد نتایج بروز رسانی زمانبندی به قضاوت شخصی مسئول جمع آوری داده‌های چون-ساخت وابسته است (Liu و همکاران، ۱۹۹۵). در نتیجه، فرآیند بروز رسانی زمانبندی به صورت غیر موثر و غیرسریع انجام می‌شود (Turkan و همکاران، ۲۰۱۲). تصویرسازی از زمان‌های دور نقش مهمی در صنعت ساخت ایفا کرده است. ابتدایی‌ترین این نقش‌ها به استفاده یونانیان از دیوارهای سنگی به منظور ترسیمات باز می‌گردد. در دهه‌های گذشته تکنیک های تصویر سازی زمینه ای جدید در تکنولوژی اطلاعات را فرآهم آورده اند. علارغم فواید تصویرسازی، به کارگیری آن در صنعت ساخت بسیار آهسته بوده است (Leite و همکاران، ۲۰۱۶).

۲- پیشینه تحقیق

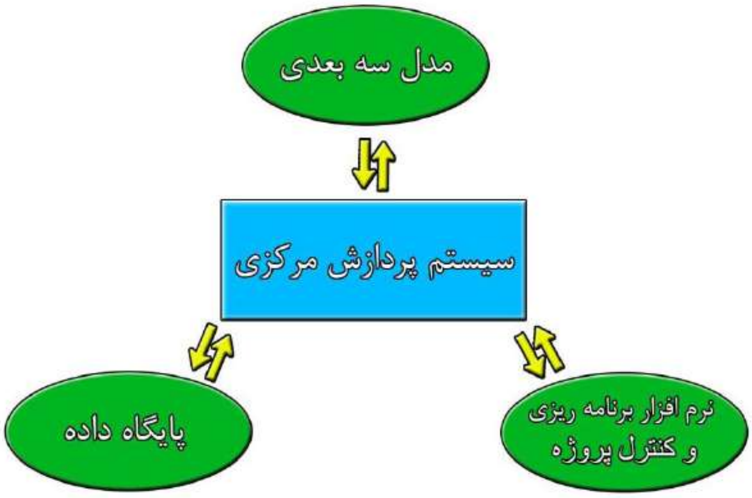
استفاده از مدل‌های چهاربعدی (مدل سه بعدی به اضافه زمان) در سال های گذشته مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته و تحقیقات گسترده‌ای پیرامون آن انجام پذیرفته است. در عین مورد توجه بودن استفاده از مدل‌های چهاربعدی، تحقیق‌ها پیرامون استفاده از این مدل‌ها در حین اجرای پروژه نسبتا محدود بوده است. به طور مثال (Hamledari و همکاران، ۲۰۱۷) فرآیندی برای کنترل پروژه با استفاده از داده‌های چون ساخت که از هر منبعی تامین شده‌اند را معرفی کرده‌اند. این فرآیند (BAUS (BIM Automated Updating Of Schedule بصورت خودکار سلسله مراتب فعالیت‌ها را تغییر می‌دهد، اطلاعات پیشرفت را در آن می‌گنجاند، به فعالیت‌ها براساس مطابقت با برنامه رنگ اختصاص می‌دهد و برنامه زمانبندی را بر اساس اطلاعات چون ساخت فعلی تصحیح می‌کند. همچنین در سال ۲۰۱۷ (Park و Cai) چارچوبی را پیشنهاد می‌کنند که از طریق دریافت گزارش‌های روزانه مبتنی بر وب مدل اطلاعات ساختمان را به‌روز رسانی می‌کند و مدل چهاربعدی ساختمان را تحت فضای وب نمایش می‌دهد. (Park و همکاران، ۲۰۱۷) محیطی تحت بستر وب محیا کرده‌اند که کار دریافت اطلاعات برای بروز رسانی مدل چهاربعدی و همچنین نمایش آن در بستر وب بدون نیاز به نرم افزارهای خاصی همچون navisworks یا revit را فراهم می‌آورد. در مطالعه‌ای دیگر (Son و همکاران، ۲۰۱۷) سیستمی را پیشنهاد داده-اند که طرحهای چون-برنامه و چون-ساخت (ساخته شده به وسیله ی اسکن لیزری) را مقایسه می‌کند. در این سیستم با استفاده از نرم افزار رویت (REVIT) این مدل‌ها مقایسه شده و برنامه زمانبندی طبق اطلاعات جدید در نرم افزار مایکروسافت پراجکت (MSP) اصلاح می‌شود. همچنین زمان‌های شروع و پایان جدید فعالیت‌ها به علاوه سایر اطلاعات مفید برای کنترل پروژه فراهم می‌آیند. (Azimiو همکاران، ۲۰۱۱) یک سیستم کاملا خودکار و یکپارچه به منظور نظارت و کنترل ساخت قطعات فلزی یک سازه فلزی پیشنهاد داده‌اند. این سیستم با استفاده از سیستم جمع‌آوری داده خودکار (RFID Tag)، شبیه سازی، (HLA (High Level Architectureو … داده‌ها را جمع‌آوری می‌کند، شرایط فعلی ساخت را ارزیابی کرده، شرایط آینده پروژه را با توجه به داده‌های موجود پیشبینی می‌کند، انحراف‌ها از برنامه را ارزیابی می‌کند و درنهایت اقدام‌های اصلاحی مختلف را پیشبینی کرده و با استفاده از شبیه‌سازی رویداد گسسته مورد ارزیابی قرار می‌دهد. همچنین مطالعات دیگری نیز در این حوزه در سالهای گذشته انجام شده است که از میان آن‌ها می توان به (Chau و همکاران، ۲۰۰۴) و (Leiteو همکاران، ۲۰۱۶) و (Han و Golparvar-Fard، ۲۰۱۴) اشاره کرد.

۳- روش شناسی

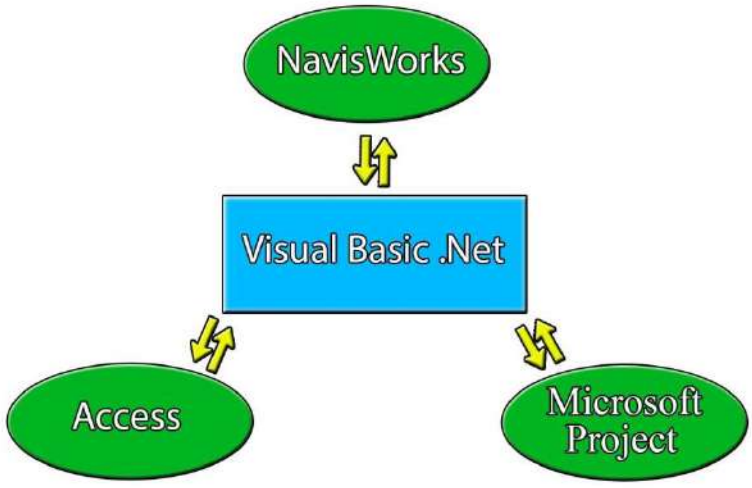
در این بخش به معرفی چارچوب پیشنهادی در خصوص مدیریت و کنترل پروژه پرداخته شده‌است. در این مقاله سعی شده تا ارتباطی بین مدل سه‌بعدی و برنامه زمانبندی و کنترل پروژه از طریق ایجاد یک پایگاه داده و تبادل اطلاعات، ذخیره سازی اطلاعات و فراخوانی اطلاعات بین این سه حوزه با استفاده از برنامه نویسی ایجاد شود (شکل ۱). برای مدل سازی پروژه از نرم افزار نویس ورک، برای طراحی برنامه زمانبندی از نرم افزار مایکروسافت پراجکت و برای ایجاد پایگاه داده از نرم افزار اکسس استفاده شده‌است (شکل ۲).

در ادامه این بخش به مواد زیر پرداخته می‌شود. در بخش اول به نحوه کدبندی فعالیت‌های برنامه زمانبندی به منظور دسترسی آسان‌تر و سریع‌تر در هنگام جست و جو پرداخته می‌شود. در بخش دوم که مربوط به برقراری ارتباط بین مدل سه-بعدی، برنامه زمانبندی و پایگاه داده است به رویکرد برقراری ارتباط بین نرم افزارهای نویس ورک، مایکروسافت پراجکت و

اکسس با استفاده از برنامه نویسی به زبان ویژوال بیسیک پرداخته شده است. بخش سوم به بیان نحوه ذخیره‌سازی اطلاعات در سیستم می پردازد و در بخش چهارم نحوه گزارش‌گیری و استفاده از گزارش در مرحله طراحی مورد بحث قرار گرفته است.



شکل شماره ۱: مدل عمومی ارتباط بین اجزای مختلف چارچوب پیشنهادی



شکل شماره ۲: نمایش نرم افزارهای مورد استفاده در هریک از اجزای مختلف مدل به منظور پیاده‌سازی چارچوب پیشنهادی

۳-۱- کدبندی فعالیت‌های برنامه زمانبندی

به منظور دسترسی آسان‌تر و سریع‌تر به فعالیت‌ها به خصوص از طریق شناسایی المان‌ها در مدل سه‌بعدی، وجود یک سیستم کدبندی ضروری می باشد. در این سیستم به هر فعالیت یک کد منحصر به فرد اختصاص داده می‌شود. این کد شامل چند بخش می‌باشد. یک نمونه از این کد جهت فهم بهتر نمایش داده شده است (شکل شماره ۳). در این شکل بخش اول کد

مربوط به نوع عضو سازه‌ای می‌باشد که المان و فعالیت مربوط به آن، با آن کد مشخص می‌شوند. بخش دوم کد برای شناسایی طبقه‌ای که فعالیت در آن اجرا می‌شود تخصیص داده شده است و در نهایت بخش سوم سیستم کددهی در این مثال جنس مصالح به کارگرفته شده در المان مربوطه را مشخص می‌کند. فعالیت‌ها به روش توضیح داده شده کدبندی شده و پس ازاتصال این فعالیت‌ها به المان‌ها در مدل سه‌بعدی ، با اجرای افزونه ایجاد شده در نویس ورک، تمامی المان‌ها و فعالیت‌های مربوط به آن‌ها لیست می‌شوند، کدهای فعالیت‌ها تجزیه شده و المان‌ها با کدهای مشابه در دسته‌بندی‌های جدا به صورت مجموعه‌ای در نرم افزار نویس ورکس ذخیره می‌شوند. همچنین در کاربردهای پس از این برای یافتن سریع‌تر می‌توان با جست‌وجوی کلمات کلیدی به المان مورد نظر دسترسی پیدا کرد.

تمامی این تقسیم بندی‌ها در سیستم کددهی آورده می‌شوند. در نهایت با اتصال فعالیت‌ها (نرم افزار برنامه ریزی و کنترل پروژه) به المان‌ها (نرم افزار نویس ورک) و در حقیقت اتصال المان‌ها به کدها، افزونه این کد را تجزیه کرده و المان‌ها با بخش‌های مشترک در یک کد را در گروه‌هایی تقسیم بندی می‌کند و از این گروه‌ها مجموعه‌هایی انتخابی (SelectionSet) را آماده می‌کند. این مجموعه‌ها در نهایت لیست شده و در هنگام جست‌وجو کار را برای یافتن بسیار تسهیل می‌کنند.

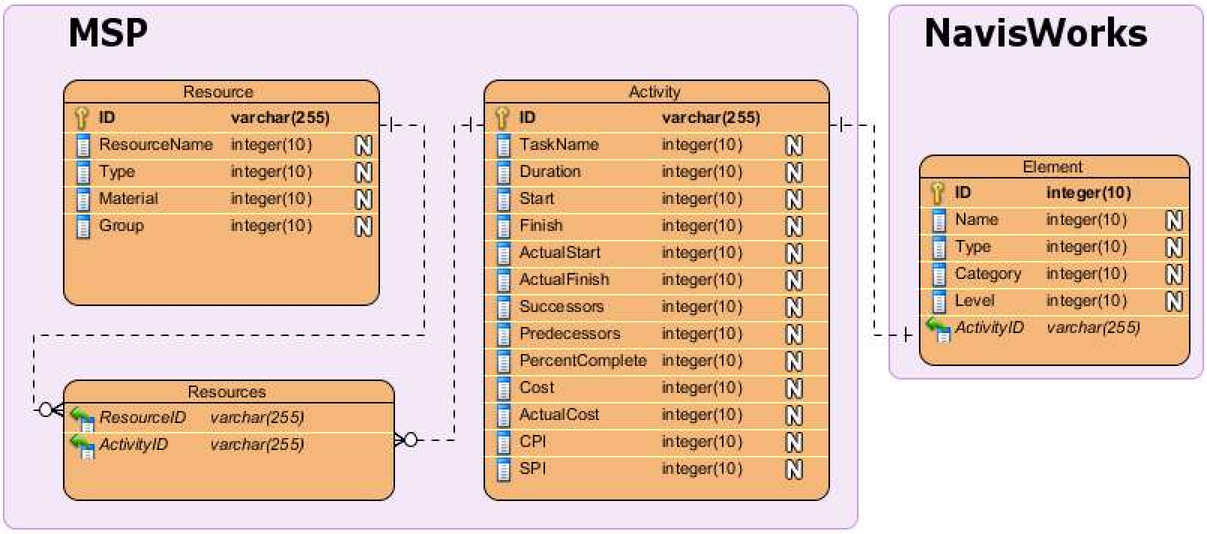
کار اتصال فعالیت‌های زمانبندی به المان‌های مدل سه بعدی از طریق توسعه سیستم کدینگ معرفی شده و به صورت خودکار انجام می‌پذیرد که در نوع خود و در این کاربرد جدید می‌باشد.

بخش اول		بخش دوم		بخش سوم	
معرف	توضیح	معرف	توضیح	معرف	توضیح
۱	تیر	۰۱	طبقه اول	A	بتن
۲	ستون	۰۲	طبقه دوم	B	فولاد
۳	دال	۰۳	طبقه سوم	C	شیشه
۴	دیوار	۰۴	طبقه چهارم	D	آجر
...	...	...	...	...	...

شکل شماره ۳: نمونه سیستم کد دهی جهت تفکیک المان ها و فعالیت ها

۳-۲- بر قراری ارتباط بین برنامه زمانبندی و مدل سه‌بعدی

در این مقاله برنامه زمانبندی بوسیله نرم‌افزار مایکروسافت پراجکت و مدل سه‌بعدی پروژه با استفاده از نرم افزار نویس ورک ایجاد شده‌اند. به منظور برقراری ارتباط بین این دو نرم افزار و استفاده از ابزارهای هرکدام، تدوین یک پایگاه داده جامع ضروری می‌باشد (شکل ۴). هر کدام از این نرم افزارها از طریق برنامه نویسی به زبان ویژوال بیسک به این پایگاه داده متصل شدند.



شکل شماره ۴: شمای کلی پایگاه داده برای ارتباط با نرم افزارها و تقسیم‌بندی آن برای دریافت اطلاعات از نرم¬افزار مربوطه

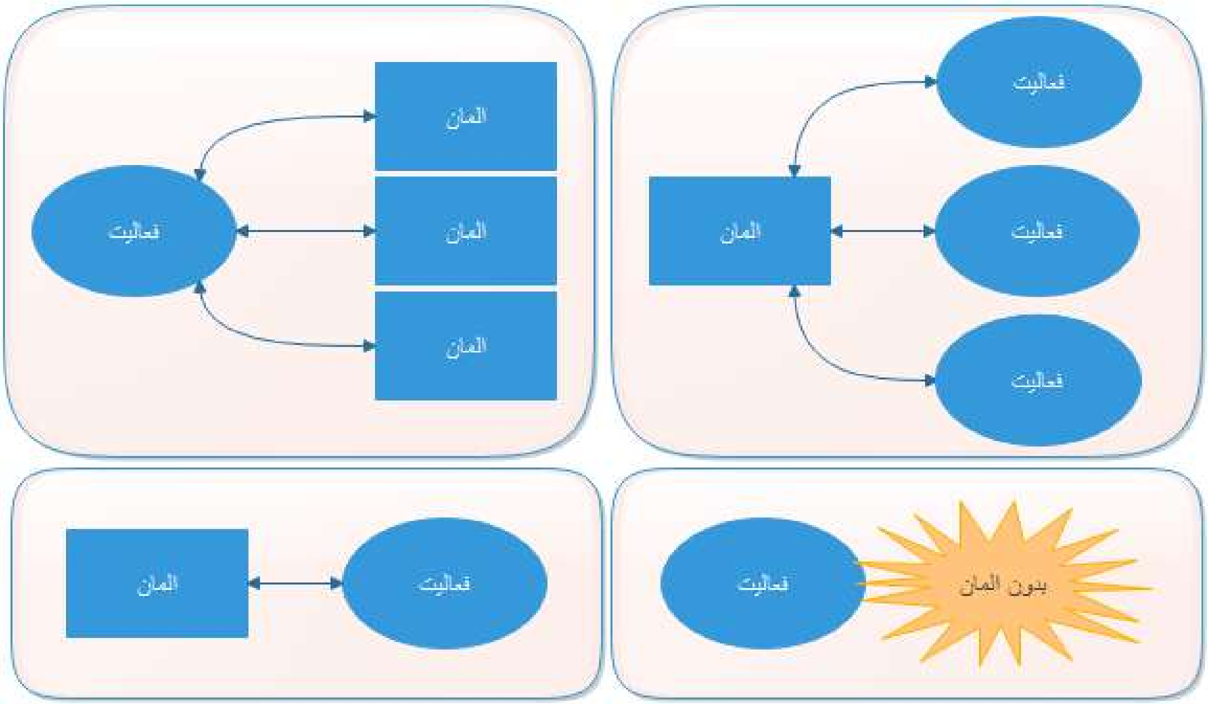
همانطور که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود این پایگاه داده شامل سه موجودیت المان، منبع و فعالیت می‌باشد که از طریق کلیدهای اصلی و خارجی به هم مرتب شده‌اند. با جست‌وجو از طریق هریک از فیلد های موجود در هر یک از موجودیت‌ها می‌توان به سایر اطلاعات آن در موجودیت‌های دیگر دسترسی پیدا کرد. به عنوان مثال با جست‌وجوی کد فعالیت می‌توان به المان‌های درگیر در فعالیت و یا منابع درگیر در فعالیت دسترسی پیدا کرد.

با توجه به سطح توسعه مدل (LOD) و سطح توسعه برنامه زمانبندی (SDL) ارتباط بین المان‌ها و فعالیت‌ها به چند طریق امکان پذیر می باشد:

۱. یک فعالیت شامل تنها یک المان است.
۲. یک فعالیت شامل چند المان است.
۳. یک المان شامل چند فعالیت است.
۴. برای فعالیت موجود در برنامه زمانبندی المانی در مدل موجود نیست(مانند خاکبرداری) (شکل ۵).

در این مقاله با توجه به اینکه هدف پیشنهاد چهارچوبی برای کنترل پروژه می‌باشد، فرض بر این است که برای هر فعالیت موجود در برنامه زمانبندی دقیقا یک المان در مدل سه‌بعدی وجود دارد و از بررسی حالت‌های ممکن دیگر در این مقاله صرف نظر شده-است.

با توجه به برنامه نویسی پویای سیستم امکان افزودن بخش‌های تحت وب اختصاصی برای شرکت استفاده کننده وجود دارد. به طور مثال با استفاده از پایگاه داده تحت وب، امکان مشاهده اطلاعات و استفاده همزمان چندکاربر در نقاط مختلف از سیستم فراهم می‌آید.



شکل شماره ۵: رابطه بین المان ها و فعالیت ها

به منظور ایجاد سیستم سه بعدی کنترل پروژه ارائه شده دو حالت عمومی متصور می‌باشد:

حالت اول: برنامه زمانبندی از قبل وجود دارد و تنها باید سطرهای تعریف شده به المان‌های سه بعدی متصل شوند. در این حالت با افزودن ستونی به برنامه زمانبندی و اختصاص کد المان‌ها به سطرهای فعالیت و خروجی گرفتن از برنامه زمانبندی به فرمت XML و import کردن آن به سیستم پیشنهادی به صورت خودکار فعالیت ها به المان ها متصل خواهند شد.

حالت دوم: برنامه زمانبندی از قبل وجود ندارد و یا ناقص است. در حالت دوم که اوج کارامدی سیستم پیشنهادی می باشد در مدل سه بعدی با انتخاب المان سه بعدی و افزودن فعالیت در بستر همان سیستم و تخصیص منابع می توان برنامه زمانبندی را در همان مدل سه بعدی به صورت بصری ایجاد کرد . در مورد فعالیت های پیشین و پسین و تعریف آنها در برنامه زمانبندی در سیستم پیشنهادی علاوه بر امکان وارد کردن شماره فعالیت و یا کد المان مربوطه و یا در حالت قدیمی به جای انتخاب فعالیت در ردیف های جدول نرم افزارهای زمانبندی (msp وprimavera)، المان های سه بعدی پیشین و پسین انتخاب می شوند که به دلیل بصری بودن این روند احتمال بروز خطا در وارد کردن اطلاعات با توجه به درک بالاتر از فضای کار و موقعیت المان‌ها بسیار کاهش خواهد یافت. اطلاعات وارد شده در هر یک از نرم‌افزارها به صورت خودکار به نرم افزارهای دیگر منتقل می‌شوند.

۳-۳- نحوه ذخیره سازی اطلاعات

در این مطالعه چارچوب به نحوی طراحی شده است که فارغ از نحوه جمع‌آوری اطلاعات چون-ساخت می‌باشد اما روش ذخیره سازی اطلاعات جمع‌آوری شده در این چارچوب درنظر گرفته شده است.

برای اینکه بتوان به اطلاعات واقعی و بروز پروژه دسترسی داشت باید اطلاعات لازم درهر روز کاری ثبت و وارد مدل شوند. در این پروژه فرض شده است که این بروز رسانی به صورت روزانه انجام می‌پذیرد. اطلاعات مورد نیاز برای ذخیره سازی باید به گونه ای باشند که بتوانند گزارش‌های لازم برای پیگیری روند پیشرفت پروژه را پوشش دهند. این اطلاعات شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. زمان شروع واقعی
۲. زمان پایان واقعی
۳. درصد تکمیل فعالیت
۴. مدت فعالیت
۵. هزینه واقعی فعالیت تا کنون

به منظور وارد کردن این اطلاعات در سیستم‌های پیشین، کاربر می‌بایست درون محیط نرم افزار برنامه ریزی و کنترل پروژه فعالیت مورد نظر را جست وجو کرده و اطلاعات آن را درون فیلدهای مورد نظر وارد نماید که این روش برای پیداکردن فعالیت‌ها تا حدودی زمان بر و گیج کننده بوده است. در این مقاله رویکردی پیاده سازی شده است که در مدل سه‌بعدی با جست‌وجو در بین المان‌ها و انتخاب المان مورد نظر (در واقع همان فعالیت) و استخراج کد مربوط به المان ودرنتیجه یافتن فعالیت مورد نظر به وسیله پایگاه داده طراحی شده، اطلاعات مربوط به فعالیت به نمایش گذاشته می‌شوند که این اطلاعات قابل تغییر، بروزرسانی و افزودن در خود محیط مدل سه بعدی نویس ورک می‌باشند (شکل ۶). یکی از مزیت‌های استفاده از این روش دسترسی سریع‌تر و با خطای کمتر به فعالیت مورد نظراز طریق پیداکردن سریع المان مربوطه در مدل سه بعدی می‌باشد که با توجه به بصری بودن این فرآیند، انجام آن بسیار ساده‌تر و با دقت بالاتر می‌باشد. برخی از اطلاعات باید توسط کاربر وارد شوند مانند زمان پایان واقعی و شروع واقعی و بعضی از اطلاعات به صورت خودکار محاسبه می‌شوند مانند مدت زمان انجام فعالیت و شاخص¬های CPI و SPI محاسبه مسیر بحرانی جدید که از روی اطلاعات دیگر محاسبه می‌شود. یکی از مقادیری که برای هر فعالیت ذخیره می‌شود درصد پیشرفت فعالیت می‌باشد که با ضرب آن در درصد حجمی فعالیت در پروژه و تجمیع آن درصد کل پشیرفت پروژه محاسبه شده و نمایش داده می‌شود.

شکل شماره ۶: نمونه‌ای از نمایش اطلاعات یک فعالیت با انتخاب المان در محیط سه‌بعدی

نحوه جمع آوری اطلاعات چون-ساخت فعالیت‌ها مورد بحث مورد بحث این مقاله نمی‌باشد. در سیستم پیشنهادی، کاربر برای ورود اطلاعات چون-ساخت پیشرفت فعالیت‌ها اختیار استفاده از هم نرم افزار کنترل پروژه و هم مدل سه بعدی را دارد. به طور مثال مهندس کارگاهی پس از یک روز کاری و با استفاده از مدل سه بعدی اطلاعات هر فعالیت را در المان سه بعدی مربوطه وارد می کند. برای این کار نمونه فرمهایی تهیه شده که به سادگی و بر اساس نیاز هر شرکت قابل اصلاح می باشد. پس از ورود اطلاعات چون-ساخت سیستم به طور خودکار تمامی اطلاعات و پردازش ها را انجام میدهد و اطلاعات سایر نرم افزارها بروز می‌شوند. در کاربردهای پیشرفته تر موجود، اطلاعات پیشرفت پروژه از طریق تکنولوژی‌های بروز (مانند RFID Tags، UWB، GPS، Photo Grammetry، Video Grammetry، Laser Scanning و ...) به صورت خودکار جمع آوری و به سیستم وارد می‌شوند.

۳-۴- گزارش‌گیری در مدل سه بعدی

یکی از دلایل اصلی طراحی این رویکرد افزودن قابلیت گزارش‌گیری از روند پیشرفت پروژه در محیط مدل سه‌بعدی می‌باشد که به صورت تعامل با المان‌های موجود در مدل انجام شده است. میتوان پس از وارد کردن اطلاعات مورد نیاز درون مدل سه-بعدی در همان مدل از طریق جستوجو درون مدل، المان مورد نظر آن را انتخاب نموده و گزارش‌های لازم را مشاهده نمود. گزارشاتی از جمله :

۱. مشاهده نوع ، تعداد ، زمان و هزینه استفاده از منابع از جمله نیروی انسانی ، مصالح و ماشین آلات و تجهیزات
۲. مشاهده نمودار هزینه پروژه
۳. مشاهده تصاویر اجرایی ذخیره شده در هنگام اجرای پروژه به صورت فایل‌هایی در کنار فایل اصلی مدل.
۴. مشاهده گزارش‌های ثبت شده توسط سرپرست کارگاه

۳-۴-۱- گزارش منابع

در این بخش از گزارش هدف شناسایی میزان استفاده از منابع (نیروی انسانی ، ماشین آلات و تجهیزات و مصالح) و برنامه ریزی برای این منابع پیش از شروع یک فعالیت می‌باشد. برای اینکه بتوان از این بخش گزارش‌گیری در مرحله طراحی نیز بهره برد، سیستمی طراحی شد که امکان ایجاد تغییر در منابع در حین گزارش‌گیری و مشاهده میسر باشد. به عنوان مثال در بحث هزینه برای فعالیت پس از مشاهده هزینه یک فعالیت، بتوان با افزایش هزینه میزان کاهش مدت فعالیت و پروژه و همینطور بر عکس را مشاهده کرد(تغییرات زمان هزینه به صورت خطی فرض شد). یا به طور مثال در بحث منابع، سیستم جوری طراح شد که می‌توان اطلاعات منابع را تغییر داد و میزان استفاده از منابع به صورت نمودار نمایش داده می‌شود و می‌توان با تغییر زمان فعالیت به تا حدودی کار تراز منابع را انجام داد.

۳-۴-۲- گزارش هزینه پروژه

این بخش از گزارش به منظور مقایسه روند هزینه‌ای پروژه و فهمیدن به موقع انحراف از برنامه زمانبندی و اتخاذ هرچه سریع‌تر طراحی شد. این گزارش شامل نمایش نمودار هزینه برنامه ریزی و نمودار هزینه واقعی و نمودار ارزش بدست آمده و مقایسه آن استفاده می‌شود.

۳-۴-۳- تصاویر اجرایی

در زمان اجرای فعالیت‌ها تصاویر مربوط فعالیت‌ها درون فایل‌های پوشه بندی شده ذخیره شد که برای جست و جو و مشاهده سریع آن این طورعمل شد برای نام گذاری تصاویر در حین ذخیره سازی از کد مربوط به آن فعالیت استفاده شد. در این بخش میتوان علاوه بر اطمینان از انجام شدن فعالیت‌ها با دیدن تصاویر اجرایی از وضعیت واقعی پروژه و کیفیت اجرا شده اطلاع حاصل کرد(شکل ۷).

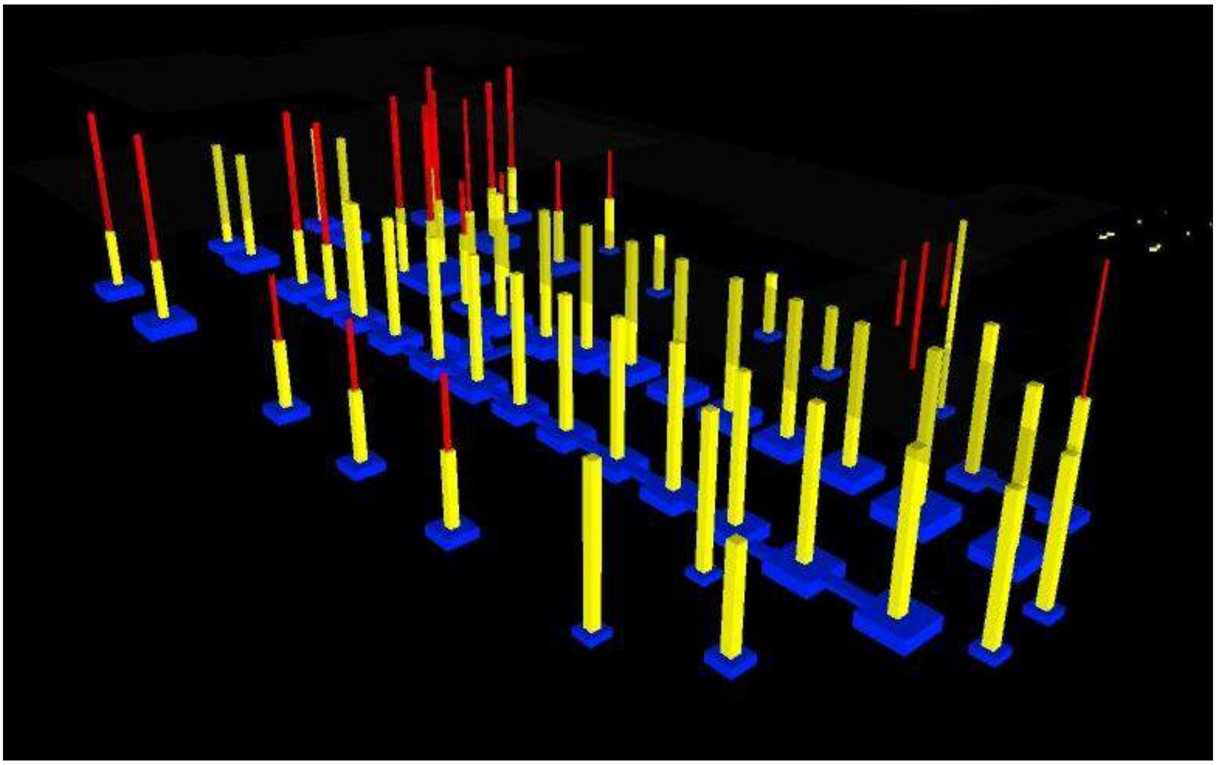
شکل شماره ۷ : نمایش تصاویر اجرایی از المان انتخابی در مدل سه بعدی

۳-۴-۴- گزارش بصری از وضعیت پیشرفت فعالیت‌ها و کل پروژه

در این سیستم پیشنهادی برای اینکه بتوان از روند پیشرفت المان‌ها اطلاع حاصل کرد از سیستم رنگبندی المان‌ها استفاده شد که به دلیل بصری بودن این گزارش، عملیات جست‌وجو و مقایسه با دیگر المان‌ها و فهم کلی از پروژه بسیار سهل شد. در این مقاله برای هر فعالیت چهارحالت و برای هر حالت رنگ خاصی در نظر گرفته شد.

۱. فعالیت در حال انجام باشد.
۲. فعالیت عقب تر از برنامه باشد .
۳. فعالیت جلوتر از برنامه باشد .
۴. تمام شده

همچنین برای اطلاع پیداکردن از روند پیشرفت پروژه از شاخص های CPI و SPI استفاده شد.



شکل شماره ۸: نمایی از نمایش بصری مدل و رنگبندی آن با توجه به حالت¬های ممکن

۵- نتیجه گیری

از نتایج این مطالعه نتیجه گرفته شد که با استفاده چارچوب پیشنهادی نحوه تعامل با مدل سه بعدی آسان‌تر می‌شود و امکانات موجود در آن باعث سادگی کار با برنامه زمانبندی شده و نیاز به کار کردن همزمان با دونرم افزار برای ورود اطلاعات و گزارش‌گیری از اطلاعات را بر طرف میکند. همچنین ابزارهای افزوده شده به وسیله‌ی زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک باعث شد تمامی ارتباط‌ها با نرم افزار در بستر مدل سه بعدی صورت گیرد که این موضوع به کاهش خطا در ورود اطلاعات، سرعت

در ورود اطلاعات، درک بهتر از شرایط ساخت و همچنین ارتباط بهتر عوامل پروژه منجر شد. از چارچوب پیشنهاد شده در مراحل طراحی و ساخت نیز می‌توان استفاده کرد که همه این امکانات با این فرض می‌باشد که اطلاعات بروز در مدل ذخیره سازی شود تا چارچوب به درستی و طبق اهداف پیش‌بینی شده کار کند. همچنین وجود مدل سه بعدی و اختصاص رنگ به المان ها بر اساس وضعیت پیشرفت فعالیت نسبت به برنامه تعیین شده در کنار امکان دسترسی به تمامی اطلاعات موجود در نرم افزارهای مایکروسافت پراجکت و پایگاه داده اکسس از طریق مدل سه بعدی و فرم های واسط طراحی شده، موجب بهبود درک مدیران پروژه نسبت به وضعیت پروژه و فعالیت مذکور می‌شود که نتیجتا امر تصمیم گیری در فرآیند کنترل پروژه برای اقدامات اصلاحی در ادامه پروژه را بسیار موثرتر می‌نماید.

تاکنون بسترهای مختلفی به منظور تبادل اطلاعات ایجاد شده اند که از میان آن‌ها می‌توان به شیرپوینت اشاره کرد. مزیت شیرپوینت (sharepoint) این است که اطلاعات ورودی در بستر وب جمع آوری می شود که البته این کار به صورت دستی انجام می‌شود. مزیت اصلی سیستم پیشنهادی در ارتباط تنگاتنگ تمامی بخش هاست که کاربر را قادر به انجام تمامی فرآیندهای کنترل پروژه از جمله ورود اطلاعات چون-ساخت و نیز بررسی انحرافات از برنامه فعالیت‌ها از طریق مدل سه بعدی می‌سازد. حتی اگر اطلاعات از جمله مدل سه بعدی بر روی یک شیرپوینت قرار گیرد، بایستی کدنویسی کامل سیستم پیشنهادی به منظور ارتباط مدل سه بعدی و سایر بخش ها صورت پذیرد تا فواید روش ذکر شده نمایان گردد .

وجود مدل سه بعدی یکی از مشکلات اصلی در درک مشترک ذینفعان پروژه از وضعیت پروژه و بروز مشاجرات است و موجود نبودن مدل سه بعدی مناسب، ضعف اصلی در درک از وضعیت و شرایط پروژه و عامل صرف زمان زیاد به منظور فهم مشترک بین ذینفعان می باشد. بنابراین عدم وجود مدل سه بعدی در فرآیند کنترل پروژه به خودی خود ضعفی بزرگ برای نرم افزار های برنامه ریزی و کنترل پروژه فعلی از جمله پریماورا به شمار می‌آید که سیستم پیشنهادی در این مقاله این موضوع را برطرف نموده است. این موضوع به خصوص در هنگام وارد کردن اطلاعات پیشرفت پروژه و نیز کنترل وضعیت فعالیت‌های پروژه نسبت به زمان و هزینه برنامه ریزی شده نمود پیدا می‌کند. بعلاوه، با توجه به کدنویسی تحت NET . Framework سیستم از پویایی قابل توجهی برخوردار است و آمادگی اتصال به سایر نرم افزارها، ایجاد افزونه‌های مورد نیاز دیگر و یا تغییرات اختصاصی شرکت استفاده کننده را داراست. همچنین می‌توان در کاربردهای پیشرفته‌تر، به جای نرم افزار مایکروسافت پراجکت از نرم‌افزار پریماورا به عنوان بخش برنامه ریزی و کنترل پروژه سیستم استفاده کرد.

منابع و مراجع

[1] Akinci Burcu ؛Boukamp Frank ؛Gordon Chris ؛Huber Daniel ؛Lyons Catherine و Park Kuhn. (2006). A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control. *Automation in construction*۱۵ ،(2): 124-138.

[2] Arditi David و Gunaydin H Murat. (1997). Total quality management in the construction process. *International Journal of Project Management*۱۵ ،(4): 235-243.

[3] Azimi Reza ؛Lee Sanghyun ؛Abourizk Simaan M و Alvanchi Amin. (2011). A framework for an automated and integrated project monitoring and control system for steel fabrication projects. *Automation in construction*۲۰ ،(1): 88-97.

[4] Chau Kw ؛Anson M و Zhang Jp. (2004). Four-dimensional visualization of construction scheduling and site utilization. *Journal of Construction Engineering and Management*۱۳۰ ،(4): 598-606.

[5] Hamledari Hesam ؛Mccabe Brenda ؛Davari Shakiba و Shahi Arash. (2017). Automated Schedule and Progress Updating of IFC-Based 4D BIMs. *Journal of Computing in Civil Engineering*۳۱ ،(4): 04017012.

[6] Han Kevin K و Golparvar-Fard Mani. (2014). *Automated monitoring of operation-level construction progress using 4D BIM and daily site photologs*. the Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network.

[7] Kiziltas Semiha و Akinci Burcu. (2005). *The need for prompt schedule update by utilizing reality capture technologies: A case study*. the Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives.

[8] Leite Fernanda ؛Cho Yong ؛Behzadan Amir H ؛Lee Sanghyun ؛Choe Sooyoung ؛Fang Yihai ؛Akhavian Reza و Hwang Sungjoo. (2016). Visualization, information modeling, and simulation: Grand challenges in the construction industry. *Journal of Computing in Civil Engineering*۳۰ ،(6): 04016035.

[9] Liu Ly ؛Stumpf Al ؛Chin Sy ؛Ganeshan R و Hicks D. (1995). *Construction daily log management system using multimedia technology*. the Computing in Civil Engineering.

[10] Park Jaehyun و Cai Hubo. Framework of Dynamic Daily 4D BIM for Tracking Construction Progress through a Web Environment *Computing in Civil Engineering 2017* (pp.(۲۰۱-۱۹۳ .

[11] Park Jaehyun ؛Cai Hubo ؛Dunston Phillip S و Ghasemkhani Hossein. (2017). Database-Supported and Web-Based Visualization for Daily 4D BIM. *Journal of Construction Engineering and Management* ، ۱٤۳(10): 04017078.

[12] Son Hyojoo ؛Kim Changwan و Kwon Cho Yong. (2017). Automated Schedule Updates Using As-Built Data and a 4D Building Information Model. *Journal of Management in Engineering*۳۳ ،(4): 04017012.

[13] Turkan Yelda ؛Bosche Frederic ؛Haas Carl T و Haas Ralph. (2012). Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies. *Automation in construction*۲۲ ،: 414-421.

یکپارچه سازی سیستم پشتیبان تصمیم گیری و مدل سازی اطلاعات ساختمان برای انتخاب بهینه مصالح و اجزا در ساختمان

مصطفی ابراهیمی میمند[1،*] ، فرزاد جلایی[2]، مصطفی خانزادی[3]

*۱ و *- نویسنده مسوول :دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت ساخت ،دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران*
(Mostafaebrahimi@civileng.iust.ac.ir)

۲-استادیار، مهندسی مدیریت ساخت،گروه سازه و زلزله و مدیریت ساخت، دانشگاه علم و صنعت ایران
(farzadjalaei@iust.ac.ir)

۳-دانشیار، مهندسی مدیریت ساخت،گروه سازه و زلزله و مدیریت ساخت، دانشگاه علم و صنعت ایران
(Khanzadi@iust.ac.ir)

چکیده

انتخاب مصالح و اجزا یکی از چالش مهم در هر پروژه است. بدلیل عدم اطلاع دقیق از معیارها، طراحان معمولا این انتخاب را به صورت تجربی انجام می دهند که با مشکلات زیادی همراه است همچنین تنوع معیارها در تصمیم گیری، انتخاب مصالح را امری پیچیده می کند. با توسعه صنعت و افزایش اهمیت موضوع توسعه پایدار در تمامی صنایع مانند صنعت ساختمان، ساخت و ساز سبز مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. در این مقاله، روشی برای یکپارچه سازی مدل اطلاعات ساختمان و روش های تصمیم گیری جهت انتخاب مصالح بر مبنای معیارهای توسعه پایدار استفاده شده است. سیستم پشتیبان تصمیم گیری با استفاده از روش هایی مانند Topsis, SAW و تصمیم گیری ادغامی بر روی هر دو روش، مصالح متفاوت را ارزیابی می کند و بهترین گزینه را -که حداقل شرایط توسعه پایدار را تامین می کند- پیشنهاد می دهد. علاوه بر این، مدلی که با LCC(Life Cycle Cost) یکپارچه سازی شده است می تواند گزینه های مختلف طراحی را که توسط سیستم پشتیبان تصمیم گیرنده پیشنهاد شده اند و دارای کمترین هزینه و بیشترین کارآمدی هستند را ارزیابی و اعتبار سنجی کنند. در این مقاله ابتدا روند انجام پروژه را در پنج فاز بررسی کرده و در آخر میزان بهبود انرژی ساختمان بررسی می کنیم.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، سیستم پشتیبان تصمیم گیری، انتخاب مصال

۱- مقدمه

یکی از خصوصیات مدل سازی اطلاعات ساختمان جمع آوری اطلاعات هوشمند اعضا ساختمان است. اطلاعات هوشمند ساخته‌شده در BIM توانایی تحلیل انرژی کل ساختمان، شبیه‌سازی عملکرد آن و نمایش ظاهری این تحلیل‌ها را (از طریق رنگ، نمودار و ...) فراهم می‌آورد (رشیدی،۱۳۹۱). به‌طورکلی BIM می‌تواند در جنبه‌های زیر برای طراحی پایدار تأثیرگذار باشد (شیخ خوشکار،۱۳۹۴).

- انتخاب بهترین جهت‌گیری ساختمان به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌گیری از نور طبیعی بر اساس موقعیت جغرافیایی و تابش آفتاب
- تحلیل بهینه‌سازی فرم و معماری داخل و نمای ساختمان
- آنالیز نورپردازی داخلی و استفاده از نور خارجی

عموماً یک مدل BIM از ساختمان شامل اطلاعاتی همچون مشخصات طراحی، نوع ساختمان(کاربری)، مصالح ساخت، نوع سیستم تهویه مطبوع و سرمایش -گرمایش، موقعیت جغرافیایی ساختمان و داده‌های مربوط به آب‌وهوای منطقه ساخت می باشد. این اطلاعات قابلیت استخراج از مدل و وارد شدن به نرم‌افزارهای مختص طراحی پایدار را دارا می‌باشند. از طرفی خروجی‌های معمول این نرم‌افزارها را می‌توان شامل نتایج تحلیل انرژی – حرارتی، نورپردازی، صوتی و ... دانست. انتقال این اطلاعات از BIM به این نرم‌افزارها به‌وسیله فرمت IFC ، aecXML و یاgbXML صورت می‌پذیرد (Krygiel,2008).
در تحقیقات متعددی قابلیت BIM در کسب امتیازات سیستم‌های ارزیابی زیست‌محیطی ساختمان(مانند[13] LEED ، BREEAM[14]و ...) موردبررسی قرارگرفته است.
این موارد حاکی از آن است که مستندات حاصل از تحلیل‌های انجام‌گرفته در نرم‌افزارهای حوزه BIM ، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند در کسب برخی از امتیازات LEED مؤثر واقع شود (Motawa,2013).

۲- تصمیم گیری در ساختمان های سبز

با توجه به تنوع مرز های یک پروژه، ترجیحات تصمیم گیر پروژه، در دسترس بودن مصالح پایدار، روند تصمیم گیری علی الخصوص در هنگام طراحی ساختمان های پایدار و زمانی که می خواهیم اهداف های توسعه پایدار را تامین کنیم بسیار سخت تر شده است. درحالیکه مالکان علاقمند به استفاده از مصالح پایدار در ساختمان هستند، تصمیم برای رسیدن به یک ترکیب ایده آل از مصالح مورد بحث است چرا که تولید کنندگان، مصالح سبز متفاوتی را ارائه می دهند.

محصولات معمول تولید شده در صنعت ساختمان سازی شامل اجزای متفاوتی هستند که هرکدام از اجزا شامل چندین نمونه از مصالح و مواد هستند. در بسیاری از موارد، اجزا محصول که توسط تولیدکنندگان متفاوتی تولید شده است، پس از

[13] Leadership in Energy and Environmental Design

14 Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology

سرهم شدن، برای مشتری عرضه می گردد و این موضوع به سختی تصمیم گیری می افزاید (Aumonier,2013). دیدگاه تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) یکی از شاخه های شناخته شده از روند تصمیم گیری است. این دیدگاه به مسائل تصمیم گیری با وجود تعدادی از معیار های تصمیم گیری می پردازد، جایی که تصمیم گیر نیاز دارد که یکی از معیار های قابل سنجش یا غیر قابل سنجش و یا معیارهای چندگانه را جهت برآورد مصالح انتخاب کند. معمولا هدف های پایداری بدلیل وابسته بودن به یکدیگر با یکدیگر تضاد و تداخل دارند بنابراین راه حل ارائه شده وابستگی زیادی به ترجیحات تصمیم گیرنده در پروژه دارد که کدام معیار برای او مهمتر است. به طور کلی، دو روش کلی در حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره(MCDM) استفاده می شود که به ترتیب عبارتند از روش تصمیم گیری چند هدفی(MODM) و روش تصمیم گیری چندشاخصه ای(MADM). سیستم تصمیم گیری چند هدفی به این موضوع می پردابزد که تعداد زیادی هدف برای رسیدن به یک راه حل بهینه استفاده می شود که معمولا بدلیل وجود تعارض بین اهداف متفاوت موضوع بسیار پیچیده و چالش برانگیزی است و رسیدن به یک گزینه ایده آل کاری مشکل است. درحالیکه در سیستم تصمیم گیری چندشاخصه ای، تصمیم گیرنده در پروژه با گزینه هایی کار می کند که عملکرد ها و ضرایب متنوعی دارند که هر کدام می توانند کمی یا کیفی باشند (Shanian,2006). روش تصمیم گیری چند شاخصه ای معمولا یک روش گسسته است که با تعداد محدودی از گزینه های از پیش تعیین سرو کار دارد. این روش بدین منظور استفاده می گردد که با وجود جنبه های مختلف یک موضوع به بهترین و ایده آل ترین انتخاب برسیم. Rao (Rao,2007) خاطر نشان کرد که این روش نیاز به هر دو روابط بین-جنبه ای و برون-جنبه ای برای تصمیم گیری صحیح دارد که تمامی این روابط نیز مقایسه شوند. برای مدل سازی این شاخصه ها، بسیاری از روش های MADM با استفاده از ماتریس تصمیم گیری ارائه شده اند. این ماتریس شامل: ۱)گزینه ها ۲)معیارها ۳) نسبت تداخلی معیارها است. در این ماتریس، همه ی درایه ها باید نرمال سازی شده و مقیاس شده باشند.

روش کمترین هزینه چرخه حیات ساختمان (lowest LCC) ساده ترین روش تفسیر و ارزیابی اقتصادی در پروژه های ساختمانی است. بسیاری از روش های دیگر برای اندازه گیری ظرفیت اقتصادی پروژه که استفاده می شوند شامل سود خالص ، نسبت سود به هزینه، نرخ بازگشت داخلی، دوره بازپرداخت هستند. اگر از پارامترهای یکسانی که طول دوره زمانی یکسانی برای همه آنها استفاده شود، این روش ها همواره بر ارزیابی کمترین هزینه در چرخه حیات استوار هستند (WBDG,2014).

در هنگام طراحی ساختمان های پایدار و زمانی که می خواهیم اهداف های توسعه پایدار را تامین کنیم بسیار سخت تر شده است. درحالیکه مالکان علاقمند به استفاده از مصالح پایدار در ساختمان هستند، تصمیم برای رسیدن به یک ترکیب ایده آل از مصالح مورد بحث است چرا که تولید کنندگان، مصالح سبز متفاوتی را ارائه می دهند.

محصولات معمول تولید شده در صنعت ساختمان سازی شامل اجزای متفاوتی هستند که هرکدام از اجزا شامل چندین نمونه از مصالح و مواد هستند. در بسیاری از موارد، اجزا محصول که توسط تولیدکنندگان متفاوتی تولید شده است، پس از سرهم شدن، برای مشتری عرضه می گردد و این موضوع به سختی تصمیم گیری می افزاید (Jrade,2007).

دیدگاه تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) یکی از شاخه های شناخته شده از روند تصمیم گیری است. این دیدگاه به مسائل تصمیم گیری با وجود تعدادی از معیار های تصمیم گیری می پردازد، جایی که تصمیم گیر نیاز دارد که یکی از معیار های قابل سنجش یا غیر قابل سنجش و یا معیارهای چندگانه را جهت برآورد مصالح انتخاب کند. معمولا هدف های پایداری

بدلیل وابسته بودن به یکدیگر با یکدیگر تضاد و تداخل دارند بنابراین راه حل ارائه شده وابستگی زیادی به ترجیحات تصمیم گیرنده در پروژه دارد که کدام معیار برای او مهمتر است. به طور کلی، دو روش کلی در حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره(MCDM) استفاده می شود که به ترتیب عبارتند از روش تصمیم گیری چند هدفی(MODM) و روش تصمیم گیری چندشاخصه ای(MADM). سیستم تصمیم گیری چند هدفی به این موضوع می پردازد که تعداد زیادی هدف برای رسیدن به یک راه حل بهینه استفاده می شود که معمولا بدلیل وجود تعارض بین اهداف متفاوت موضوع بسیار پیچیده و چالش برانگیزی است و رسیدن به یک گزینه ایده آل کاری مشکل است. درحالیکه در سیستم تصمیم گیری چندشاخصه ای، تصمیم گیرنده در پروژه با گزینه هایی کار می کند که عملکرد ها و ضرایب متنوعی دارند که هر کدام می توانند کمی یا کیفی باشند (Shanian,2006). روش تصمیم گیری چند شاخصه ای معمولا یک روش گسسته است که با تعداد محدودی از گزینه های از پیش تعیین سرو کار دارد. این روش بدین منظور استفاده می گردد که با وجود جنبه های مختلف یک موضوع به بهترین و ایده آل ترین انتخاب برسیم. Rao (Rao,2007) خاطر نشان کرد که این روش نیاز به هر دو روابط بین-جنبه ای و برون-جنبه ای برای تصمیم گیری صحیح دارد که تمامی این روابط نیز مقایسه شوند. برای مدل سازی این شاخصه ها، بسیاری از روش های MADM با استفاده از ماتریس تصمیم گیری ارائه شده اند. این ماتریس شامل: ۱)گزینه ها ۲)معیارها ۳) نسبت تداخلی معیارها است. در این ماتریس، همه ی درایه ها باید نرمال سازی شده و مقیاس شده باشند.

روش کمترین هزینه چرخه حیات ساختمان (lowest LCC) ساده ترین روش تفسیر و ارزیابی اقتصادی در پروژه های ساختمانی است. بسیاری از روش های دیگر برای اندازه گیری ظرفیت اقتصادی پروژه که استفاده می شوند شامل سود خالص ، نسبت سود به هزینه، نرخ بازگشت داخلی، دوره بازپرداخت هستند. اگر از پارامترهای یکسانی که طول دوره زمانی یکسانی برای همه آنها استفاده شود، این روش ها همواره بر ارزیابی کمترین هزینه در چرخه حیات استوار هستند (WBDG,2014).

۳- روش تحقیق

یکی از کارهای انجام شده در این مطالعه، توسعه مدل یکپارچه سازی شده ای است که سیستم پشتیبان تصمیم گیر (DSS) را –برای کمک به طراحان در انتخاب بهترین نوع اجزا و مصالح پایدار در ساختمان و طرح آنها برای پروژه های ساختمانی بر اساس ملزومات صاحبان- با مدل سازی اطلاعات ساختمان است. از دیدگاه سنتی، طراحان مصالح را بر اساس خصوصیاتی که خودشان می شناختند انتخاب می کردند و یا از مصالحی استفاده می کردند که در پروژه های قبلی استفاده کرده اند. این انتخاب معمولا مشکلات زیادی در ارتباط با استاندارد ها و همچنین بودجه مالک ایجاد می کرد. نقاط ضعف روش های سنتی با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره که بر پایه مقایسه بین گزینه های مختلف است می تواند بر طرف گردد. توسعه روش پیشنهاد شده که موارد متفاوتی را یکپارچه می سازد در شکل(۱) نشان داده شده است و به ترتیب در پنج فاز پیاده سازی می گردد.

فاز اول:

شامل طراحی مدل ارتباطی پایگاه داده است که در زمان طراحی پایدار ساختمان ها مورد نیاز است. طراحی و توسعه این پایگاه داده شامل دو گام است که با طراحی مفهومی شروع می شود و با پیاده سازی فیزیکی به پایان می رسد. در گام اول، بررسی مسئله و نیاز های کاربر بر اساس مروری جامع بر ادبیات باید مشخص گردد. سپس باید موارد مورد نیاز پایگاه داده شناسایی شوند و طرح های مفهومی استخراج و مشخص گردند. در مرحله دوم، پیاده سازی مدل داده ها مورد نیاز است که از مرحله مفهومی به مرحله طراحی منطقی تغییر شکل می دهد(Jrade,2007). مرحله بعد از ایجاد مدل فیزیکی و پیاده سازی، آن نوبت به ساخت لیست ها و جدول هایی است که برای ذخیره داده های جمع شده بر پایه WBS انتخاب شده استفاده می شود. اطلاعات در ارتباط با مصالح سبز در یک پایگاه داده خارجی به صورت گروه های از پیش تعیین شده طراحی که قابلیت شناسایی توسط ابزار BIM را دارند ذخیره می شوند. دلیل توسعه پایگاه داده جداگانه فراخوانی داده ها به صورت متمادی در ابزار های مدل سازی اطلاعات ساختمان مانند Revit است ، که به صورت ایجاد یک مسیر به سمت کتابخانه از پیش تعیین شده در ابزار BIM انجام می پذیرد. داده ها مربوط به مصالح سبز به صورت گروهی و با فرمت RFA ویا Revit Project File (.RVT) که برای ابزارهای BIM قابل تشخیص باشند ذخیره می شوند. در یک پایگاه داده بیرونی که داده های پایداری بر روی آن ذخیره شده است بالغ بر ۳۰۰۰ گروه از وبسایت کتابخانه هوشمند BIM ، وبسایت های تولید کنندگان، وبسایت های USGBC و CaGBC ، داده های منتشر شده و مرتب شده بر پایه ۱۶ بخش جمع آوری شده است. انواع مختلف اطلاعات شامل جزئیات در مورد مصالح استفاده شده، داده های تماس با تولید کننده، نکات مهم محصول، نقاط قوت در مورد LEED و آیین نامه ها و کد ها و قوانین مربوط به کار با قطعه و سر هم بندی آن در پایگاه داده خارجی ذخیره شده است.

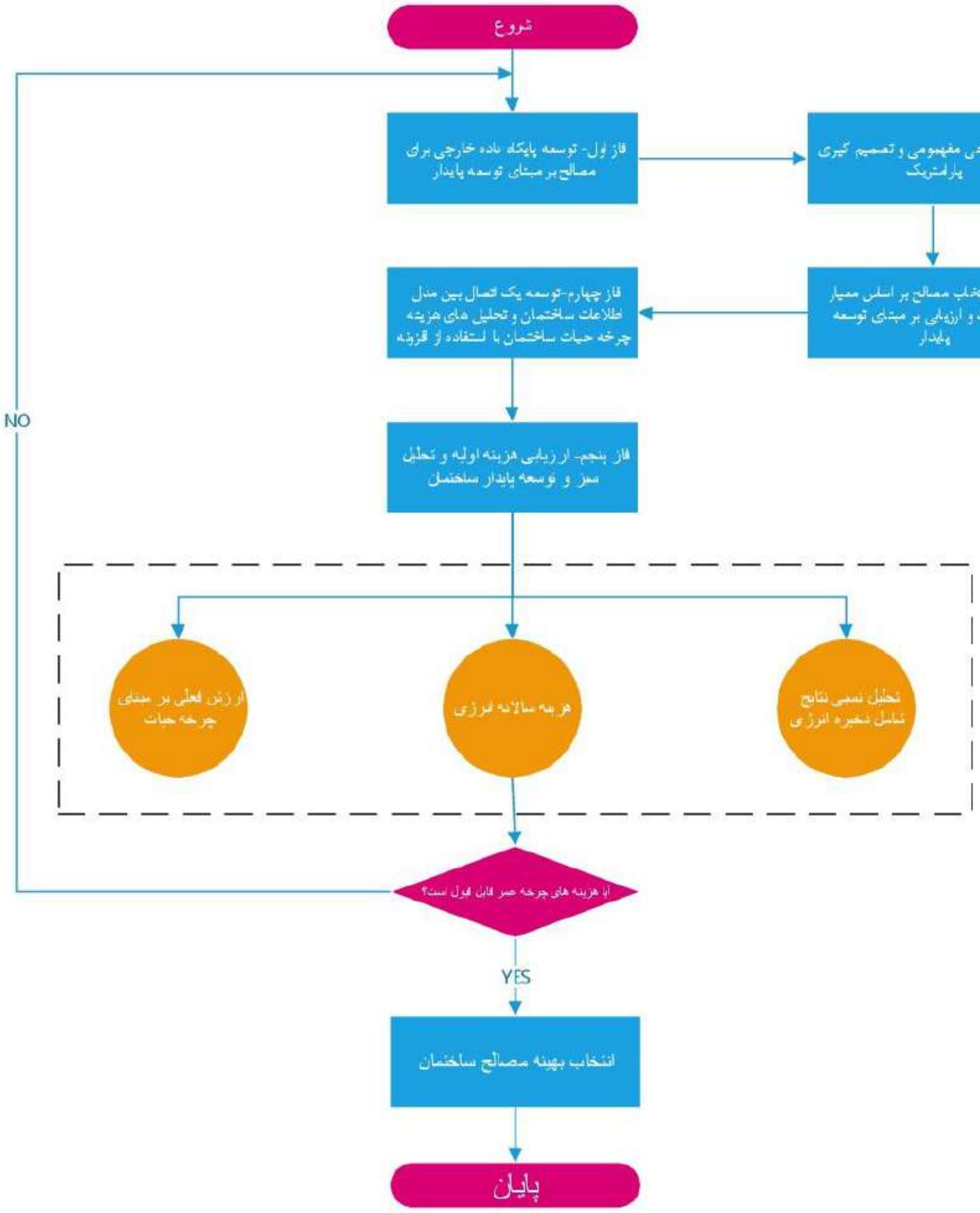
فاز دوم:

فاز دوم بر روی شخصی سازی ابزار BIM برای متناسب کردن نیاز های مدل متمرکز است. گام اول طراحی و پیاده سازی مدل سه بعدی است که قابلیت ذخیره سازی گروه های ساخته شده جدید را دارد. ضمیمه بودن نکات اصلی اجزایی که معمولا و چندین بار در ساختمان ها استفاده می شوند بوسیله مصالح سبز تایید شده یکی از نکات مهم است. این واحد به پایگاه داده ای که در فاز یک توسعه داده شده است متصل می گردد. نکات مهم و متن های مهم که در رابطه با رشته های متنی برای مشخص کردن المان های مشخص در مدل که با استفاده از اتصال و لینک های خارجی به فایل متنی هستند نیز استفاده می شوند. این رابط ها به عنوان لینک خارجی برای المان ها به تنهایی با شکل مشخص و مخصوص و خصوصیات فنی خاص استفاده می شوند. علاوه بر این، انتخاب یک کد یکتا برای هر آیتم که در خط های جدا در پایگاه داده جدا برای ساده سازی و راحت کردن درخواست ها و انتخاب پروسه ها نیز بسیار مهم است.

فاز سوم:

شامل توسعه واحد سیستم پشتیبان تصمیم گیر (DSS) است که در انتخاب اجزا پایدار ساختمان کمک می کند. DSS، طرح مفهومی و تصمیم گیری بر اساس پارامترها در طور پروژه با انتخاب جامع مصالح برای تولید لیستی از گزینه ها برای هر جز طرح از پایگاه داده مصالح موجود استفاده می کند. وقتی که مجموعه ای از گزینه ها تولید شد، ضرایب وزن دهی بر اساس

تقاضای کاربر برای انتخاب وزن های پارامترهای پایداری استخراج می شوند. شاخصه ها در روش MADM معمولا بر اساس بسیاری از خصوصیات کیفی تعریف می شوند (Hwang,1981) . اگر بخواهیم مقایسه ای انجام دهیم، خصوصیات کیفی نیاز به تبدیل شدن به شاخصه ها و مقیاس های کمی دارند. این تغییر معمولا با استفاده از روش نمره دهی از پنج ویا از مقایس بندی لیکر استفاده می کند (Lu,2007). سپس وزن دهی های کاربر با ارزش های شاخصه ها برای هر کدام از مصالح یکپارچه سازی شده و برای دریافت رتبه بندی نسبی مصالح ممکن برای هر جز ساختمانی ذخیره می شوند. اجزا و یا محصولات با بالاترین رتبه برای کاربر با استفاده از سیستم پیشنهاد می شود. کاربر گزینه های توصیه شده توسط DSS را بازنگری می کند. برای هر جز ساختمان و برای هر جز المان مورد نظر را بر اساس قضاوت حرفه ای خود و یا پیشنهاد سیستم انتخاب می کند. درحالیکه اجزا ساختمان را کاربر انتخاب می کند، DSS بر پایه علم خود برای تشخیص تعارضات بالقوه بین اجزا و مصالح ساختمانی بررسی درونی می کند. لیست مصالح پیشنهاد شده برای هر المان همانطور که مصالح برای طراحی انتخاب می گردند، به طور خودکار ترمیم و بازسازی می گردد.



شکل(۱)-برنامه جامع پروژه و تقسیم بندی آن برای روش TOPSIS

فاز چهارم:

ساخت افزونه ای از نمونه الگوریتم است که قابلیت کاربردی را به ابزار BIM می افزاید. این افزونه با استفاده از یکپارچه سازی تحلیل انرژی و ابزار شبیه سازی کار می کند. مفهوم افزونه (Plug-in or add-in) در ابزار BIM برای نشان دادن

مدلی از یک الگوریتم است که از API در BIM استفاده می شود. ابزاری در BIM که در این مطالعه استفاده شده است Net API. است یعنی این برای تمامی زبان های برنامه نویسی بر پایه Net. مانند C#, VB.NET, F#, etc. برای توسعه افزونه قابل استفاده است. درحالیکه هر زبان برنامه نویسی خصوصیات و مزیت های خود را دارد، C# در این مطالعه و پژوهش بدلیل سادگی، راحتی،قابلیت استفاده در این موضوع و قابلیت های قدرتمند بر پایه و چارچوب NET. استفاده شده است.

فاز پنجم:

فاز پنجم با تمرکز بر توسعه واحد تحلیل LCC که از خروجی گرفتن طرح ساخته شده در ابزار BIM که از فرمت فایل gbXML استفاده کرده است دارد. روند و پروسه LCC از محاسبه و ارزیابی هزینه اولیه ساخت شروع می گردد که هزینه سرمایه گذاری برای ساختمان های LEED-Certified را برآورد می کند. داده های هزینه ای در این واحد که از نشریات RS-Means جمع آوری شده اند،استفاده می شوند. بنابراین این مطالعه فقط بروی هزینه عملیاتی (هزینه ناشی از انرژی) تمرکز دارد. ارزیابی مجموع هزینه سالیانه انرژی نیز برای طرح ساخته شده محاسبه می گردد. در میان ابزارهای در دسترس که قابلیت محاسبه مصرف انرژی را دارند، هزینه انرژی و پیاده سازی تحلیل LCC با استفاده از Autodesk Green Building Studio (GBS) انجام شده است که مرتبط ترین نرم افزار با این مطالعه و این تحقیق است. لینک مستقیم بین GBS و Autodesk Revit با استفاده از فرمت gbXML، GBSرا ابزاری ایده آل برای ورود و خروج اطلاعات طرح سه بعدی بین دیگر ابزارها شامل اطلاعات هندسی که برای تحلیل های لازم است ممکن می سازد. بسیاری از مقایسه های بین هزینه های انرژی در ساختمان میتواند با استفاده از روش مصرف انرژی سالیانه و با هزینه و اطلاعات انجام گردد.

در این مطالعه خروجی های بدست آمده از GBS بوسیله طراحان برای ارزیابی ارزش حال و هزینه سالیانه برای افزودن قابلیت مقایسه بین داده ها و تحلیل آنها برای ذخیره انرژی و کاهش انتشار استفاده خواهند شد. این قابلیت به طراحان کمک می کند طرح ها و گزینه های مختلف را از هزینه اول و عملیاتی آنها ارزیابی کنند. هدف از این بررسی، محاسبه و مقایسه هزینه عملیاتی برای این گزینه ها و تشخیص بهترین گزینه از لحاظ اقتصادی در طول چرخه حیات پروژه است.

واحد پایگاه داده شامل ارزیابی مصالحِ تولید کنندگان و اطلاعات BIM آنهاست. اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده بر اساس تولید کننده اصلی از اجزا متفاوت ساختمان شامل درها، سقف ها، پنجره ها، طبقات و دیوارها ساماندهی می شوند. در قدم بعد، ضریب مهم پایداری از مرور بر ادبیات تشخیص داده می شود. سپس DSS بر پایه دیدگاه های تصمیم گیری اعمال شده طراحی می شود. روش های متعدد تصمیم گیری شامل SAW و TOPSIS و سپس روش تصمیم گیری ادغامی برای انتخاب گزینه بهینه نیز به کار گرفته می شوند. سپس با اتصال پایگاه داده به DSS رابط یکپارچه سازی در ابزار های BIM مانند Autodesk Revit توسعه داده می شود.

در جدول زیر معیار های استفاده شده در این تحقیق را ملاحظه می کنید:

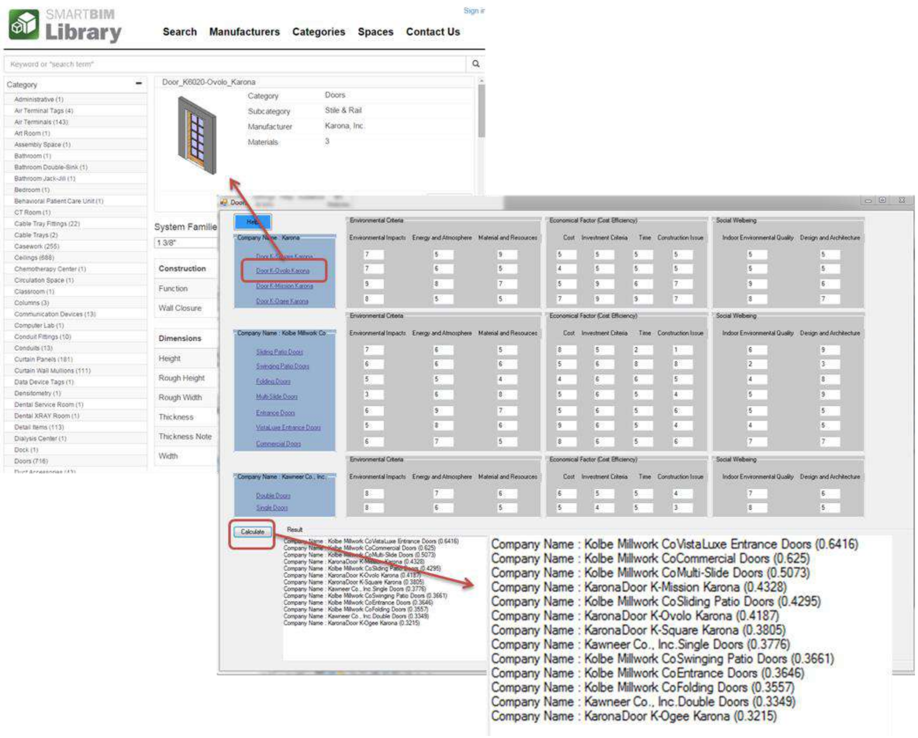
زیر معیارها	معیارها	قسمت اصلی
ظرفیت گرمایش جهانی	ضریب محیطی	شاخص های محیطی
میزان کاهش ازون		
میزان اسیدی شدن		
میزان هتروفیکیشن		
میزان دود		
منابع وزن دهی شده		
انرژی عملکری مصرف شده برای نوردهی، سرمایش و گرمایش	انرژی و اتمسفر	
حداقل مصرف انرژی شامل تولید، حمل و نقل		
انرژی های تجدیدپذیر در محل		
انرژی مصرف شده در طول عمر ساختمان		
کاربرد مصالح تجدیدپذیر و بازیافت شده	مواد و منابع	
هزینه مصالح و منابع	هزینه	شاخص های اقتصادی(کارآمدی هزینه)
هزینه نیروی انسانی		
هزینه بهره برداری و نگه داری		
هزینه های بازسازی و تخریب		
نرخ بازگشت سرمایه، سرمایه اولیه و میزان تغییرات سرمایه	شاخص های سرمایه گذاری	
زمان تقریبی ساخت	زمان	
ساخت و ساز پذیری	ساخت	
انعطاف پذیری		
میزان در دسترس بودن تجهیزات و مصالح		
راحتی محیط داخلی	کیفیت محیط داخلی	معروف بودن و شناخته شدن در اجتماع
مصالح پاک-چسب ها		
مصالح پاک-پوشش ها		
مصالح پاک-چوب های کامپوزیتی		
کنترل پذیری سیستم ها-نور و گرمایش		
نور روز و نما	طراحی و معماری	
بهره وری		
هویت اجتماعی و شخصیت		
فضای فیزیکی و عملکرد		
زیبایی شناختی و معماری		

۴- پیاده سازی و اعتبار سنجی مدل و روش تصمیم گیری

قسمتی از اطلاعات فنی در توسعه مدل یکپارچه –که از مطالعات جامع ادبیات و با مشورت خبرگانی که تجربه وسیعی در دیدگاه پایداری و تصمیم گیری داشته اند بدست آمده است-مورد نیاز است. سپس شناسایی معیار ها/شاخصه ها و با توجه به ماتریس وزن دهی استفاده شده در روش آنتروپی برای ایجاد ماتریس تصمیم گیری محاسبه می گردد. فاز بعدی نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری (decision-making Matrix-DMM) است که توسط تصمیم گیرنده تهیه شده است. بعد از نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری، هر کدام از روش های گفته شده در بخش های قبلی را بر روی ماتریس بدست آمده پیاده سازی کرده و نتایج را به صورت جدا برای هر روش استخراج می کنیم. پس از استخراج نتایج، روش تصمیم گیری ادغامی را بر روی نتایج خروجی حاصل از روش های قبلی بدست می آوریم. بدین ترتیب بهترین گزینه ها در اثر برآیند چهار روش بدست می آید. نتیجه نهایی بر اساس یک ترتیب نزولی از گزینه ها نمایش داده خواهد شد. در نتیجه بالاترین رتبه به بهترین گزینه تعلق دارد (بهترین مصالح از لیست شرکت های داده شده). مجموعه داده ها مورد نیاز برای توسعه مدل به دو گروه تقسیم می گردد که شامل: ۱)مصالح و اجزا گزینه ها (منبع داده ها شامل فروشنده هایی که بر اساس گروه های مختلف شامل درها، پنجره ها ، سقف و کف ها که از مصالح پایدار استفاده کرده اند) و گروه های مطابق با BIM ، ۲) معیارهای کنترل پایداری ساختمان های سبز برای تعریف گزینه ها، اطلاعات از وبسایت و تارنمای کتابخانه هوشمند سازی مدل های ساختمانی -(SmartBIM Library website (http:/library.smartbim.com– جمع آوری و ارزیابی می شوند. کتابخانه SmartBIM یک مجموعه مبتنی بر وب از گروه های مختلف از پیش تعیین شده است که می تواند اطلاعات جزئی را با "جریان کار طرح" یکپارچه سازی کند. با توجه به تعداد بسیار زیادی از شرکت ها و کارخانه های متفاوت که محصولات متنوعی را تولید می کنند و در بازار نیز در دسترس هستند، تنها شرکت هایی انتخاب شده اند که محدوده گسترده تری از محصولات را تولید می کنند. برای آسان کردن روند دسترسی به داده های مورد نیاز، شرکت های انتخاب شده و اطلاعات مصالح آنها در BIM با استفاده از لینک خارجی در افزونه توسعه داده شده آورده شده اند. برای بدست آوردن ماتریس وزن معیارها از معیار های انتخاب شده به صورت خروجی، از نظرات خبرگان استفاده شده است. ماتریس وزن معیارها به ۲۸ نفر از خبرگان انتخاب شده و متخصصان فرستاده شده است. فقط ۲۵ پاسخ دریافت شد که از آنها ۵ نفر از متخصصان مصالح ساختمانی سبز و ۲۰ نفر باقیمانده از متخصصان دیگر بوده اند.

برای بدست آوردن نتایج، کاربر نیازمند کلیک بر روی دکمه محاسبه-که در نوارابزار DSS تعبیه شده-است. نتایج نهایی به صورت لیست رتبه بندی شده از گزینه ها، نام تولید کننده آن ها همچنین (Eii) می شود. برای پیاده سازی روش تحلیل LCC، نویسندگان این مقاله دو مدل مفهومی از پروژه های جاری که با اجزا و مصالح پایدار سر و کار دارند را بر اساس دو گزینه ای که توسط DSS پیشنهاد شده است(به عنوان مثال، Kolbe Millwork Co Vista Luxe Entrance Doors and Kolbe Millwork CoCommercial Doors) برای هر جزساختمان ساخته است. برای تحلیل نسبتا دقیق انرژی پروژه ها، مدل ساخته شده سه بعدی باید تبدیل به مدلی تحلیلی گردد. در قدم اول، تمامی فضاها تبدیل به اتاق می شوند. در ابزار BIM، اتاق ها معادل نواحی نیازمند تعریف هستند. ناحیه گرمایی، ناحیه ای بسته است که به طور کامل توسط سقف ها، دیوارها، کف ها احاطه شده و به عنوان واحد پایه در محاسبات گرمایش درنظر گرفته می شود. محدوده یک اتاق بوسیله المان های محدود کننده شامل دیوارها،سقف ها و کف ها تعریف می گردند. بعد از اینکه اتاق برای تحلیل انرژی ساختمان تعریف شد، المان های محدود کننده به سطح های دوبعدی که هندسه واقعی آنها را نشان می دهد تبدیل می گردند.

درحالیکه برآمدگی هایی که شامل هیچ اتاقی نمی شوند به عنوان سطوح سایه شناخته می شوند. برای تشخیص اینکه یک اتاق داخلی است و یا خارجی، تعریف همسایگی ها در مدل تحلیلی بسیار مهم است. با استفاده از افزونه GBS در ابزار BIM، طراحان به طور مستقیم مدل ساخته شده از ساختمان را با استفاده از فرمت gbXML انتقال می دهند.



شکل(۲) –عکسی از فرم پرشده در DSS و نتایج برای المان دَر

نتایج حاصل از تحلیل در نشان می دهد که هزینه انرژی سالانه و هزینه چرخه حیات برای اولین گزینه طراحی به ترتیب برابر$114,838 و $1,564,094 است. این اعداد برای گزینه دوم برابر $139,103 و $1,894,588 در شرایط برابر می باشد.

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه قصد داشتیم امکان یکپارچه سازی BIM،DSS،LCC و MCDM را بررسی کنیم. یک چارچوب کارآمد برای یکپارچه سازی، که حداقل های طراحی پایدار و کاربردی سازی ابزار BIM متمرکز شده است، ساخته شده و توسعه یافته است. هدف از این مطالعه، کمک به تصمیم گیرندگان برای گرفتن تصمیم های مهم در ارتباط با ادامه موضوعات ساختمان پیشنهاد شده در مرحله طراحی مفهومی است. ایده و ابتکاری که این مقاله را برجسته می کند، توسعه یک مدل یکپارچه سازی شامل سیستم پشتیبان تصمیم گیر(DSS) است که توسط طراحان برای تصمیم گیری در انتخاب بهینه اجزا

پایدار ساختمان استفاده می شود همچنین برای پروژه پیشنهاد شده بر پایه اولویت های مالکان و معیار های پایداری است. DSS توسعه یافته با ابزار BIM با استفاده از یک روند اتوماتیک شده بوسیله ساخت یک افزونه که کاربران را قادر می سازد طراحی را بر اساس مصالح پایدار پیشنهاد شده در مرحله طراحی مفهومی و زمان-کارآمدشروع کنند. استفاده از سیستم یکپارچه سازی شده BIM-LCC تصمیم گیری های طراحی را به سمت مراحل اولیه – مخصوصا وقتی که گزینه های متفاوت طراحی مقایسه می شوند-سوق می دهد. این یکی از مهمترین خصوصیات این تحقیق است.

پروژه نمونه ای که در قسمت اعتبارسنجی استفاده شده در مراحل ابتدایی طراحی است. بنابراین طراحی آن هنوز به طور کامل انجام نشده است. نویسنده اطلاعات مختصر پروژه را از مالکان و مشاوران پروژه گرفته است. بر اساس اطلاعات فراهم شده، نویسندگان یک مدل Revit از پروژه ساختند و بر اساس روش توسعه یافته مذکور آن را پیاده سازی کردند. نتایج تحلیل نیز بررسی شده است. در طول بحث و بررسی، DSS تولید شده در مدل BIM برای تیم طراحی و بررسی مدل پروژه ارائه شده است. همانطور که محاسبه و انجام شد، محصولات پیشنهاد شده برای هر جز ساختمان، می تواند ۱۷٪ سوددهی در هزینه انرژی و سوددهی در هزینه چرخه حیات داشته باشد. همانطور که اعداد و ارقام نشان می دهد این موضوع اعتبار و کارآمدی DSS توسعه یافته را نشان می دهد. پیاده سازی تحلیل مقایسه ای LCC بین گزینه های مختلف طراحی به عنوان یک مبدا پیشنهادی برای تیم طراحی جهت تصمیم گیری در انتخاب مصالح می تواند مفید باشد و در بسیاری از موارد طراحی و تغییر انتخاب مصالح را نشان می دهد. این نتایج می توانند دوباره تحلیل LCC شوند و اصلاح شوند.

ارزش قابل ذکری که این مقاله بر روی آن تمرکز دارد جایی مشخص می شود که طراحی مفهومی اطلاعات بسیار کمی و انعطاف پذیری زیادی در روند طراحی ساختمان دارد. تخمین دقیق از هزینه ها برای پروژه های پیشنهاد شده در مرحله مفهومی بدست نمی آید چرا که خطاهای زیادی دارد و دقت درپروژه پایین است. بنابراین هر پروژه خصوصیات پایداری خود را داراست، پس مقایسه جزئی بین نتایج آنها فایده ای جهت اعتبار سنجی مدل توسعه یافته ندارد. ایده اصلی در اعتبارسنجی مدل توسعه یافته بررسی کارآمدی، استقلال و دقت خروجی برای کمک به طراحان است. این بررسی آنها را قادر می سازد که تصمیم گیری دقیقی برای پایداری در مرحله طراحی مفهومی در عمرساختمان بگیرند.

مدل یکپارچه سازی شده، مدلی کاربر-دوست، کارآمد و بسیار راحت جهت استفاده است. همانطور که اعتبار سنجی نشان می دهد، ترکیب اجزا ساختمان که توسط DSS پیشنهاد شده اند، حداقل ارزش LCC را نشان میدهد وقتی که با بقیه ترکیب ها مقایسه می گردد. اگرچه این تحقیق در حال انجام است، پتانسیلی برای تحلیل و توسعه بیشتر نیز دارد. پایگاه داده DSS در مقیاس کوچک است اما می تواند به طراحی درجهت فعال کردن تولیدکنندگان مصالح سبز برای بروزرسانی اطلاعات آنلاین آنها در روند تحلیلی آنلاین (OLAP) گسترش یابد.

منابع و مراجع

[۱] رشیدی، ا. "طراحی پایدار بر مبنای مدل اطلاعات ساختمان"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱

[۲] شیخ خوشکار، م. "کاربرد مدل های چهار بعدی اطلاعات ساختمان و واقعیت افزوده برای استفاده در تصمیم گیری های کارگاهی"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۴

[3] Krygiel, E., Nies, B., Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling, Indiana: John Wiley & Sons, 2008.

[4] Motawa, I., Carter, K., Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings, Social and Behavioral Sciences, p. 419 – 428, 2013.

[5] Azhar, S., Hein, M., Building Information Modeling: Benefits Risks and Challenges, ASC National Conference, Auburn, 2008.

[6] Aumonier S. (2013), Just the facts guides, how to choose the most sustainable products and what to ask the manufacturer, Available at: www.interfaceflorcutthefluff.com, Accessed on: 14 Dec 2014

[7] Shanian A. and Savadogo O. A. (2006), Material Selection Model Based On the Concept of Multiple Attribute Decision Making, Materials and Design, Elsevier, Vol. 27(4), pp. 329–37.

[8] Rao A. (2007), Decision Making In the Manufacturing Environment: Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods, Springer-Verlag London Ltd.

[9] WBDG (Whole Building Design Guide), Life-Cycle Cost Analysis (LCCA), (2010), Available at: http://www.wbdg.org/resources/lcca.php, Accessed on: 08 Nov 2014.

[10] Jrade A. and Alkass S.(2007), Computer-Integrated System for Estimating the Costs of Building Projects. Journal of Architectural Engineering, Vol. 13(4), pp. 205-223.

[11] Hwang C. and Yoon K. (1981), Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer, Berlin Heidelberg

[12] Lu J., Zhang G., Ruan D. and Wu F.(2007), Multi-objective group decision making: Methods, Software and applications with fuzzy set technology. Imperial College Press, London

[13] F Jalaei, A Jrade, M Nassiri, Integrating Decision Support System (DSS) and Building Information Modeling (BIM) to Optimize the Selection of Sustainable Building Components,Journal of Information Technology in Construction

امکان سنجی استقرار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شرکت‌های مشاور معماری در شهر ارومیه

زهرا فرج زاده [۱،*]، محمد معهود[۲]، فرهاد سعیدی[۳]، مهدی نریمان پور صالحی[۴]

*۱ و *- نویسنده مسوول: زهرا فرج زاده، کارشناسی ارشد، مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه مهرالبرز*
(z_farajzadeh86@yahoo.com)

۲- محمد معهود ، کارشناسی ارشد، مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه مهرالبرز
(mohammad_mahoud@yahoo.com)

۳- فرهاد سعیدی ، دانشجوی دکتری، مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه تهران
(saeedi.pm@gmail.com)

۴- مهدی نریمان پور صالحی، کارشناسی ارشد، معماری، دانشگاه معماری و عمران جمهوری آذربایجان
(Mehdi.narimanpour@gmail.com)

چکیده

امروزه تحویل یکپارچه اقلام پروژه همراه با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک فرایند تحقیقی در مدیریت پروژه مطرح می‌باشد. پروژه‌ها روز به روز به دلیل توسعه نیازهای بشری بزرگتر و پیچیده تر می‌شوند اما مسأله ارتباط میان اطلاعات موجود پروژه‌ها، هنوز به صورت یک مشکل باقی مانده است که با توجه به ناکارآمد بودن نرم افزارهای طراحی و مدل‌سازی فعلی (اتوکد، تری دی مکس) در ایجاد هماهنگی بین عوامل مختلف پروژه ها، سبب بروز مشکلات زیادی می‌شوند. در این پژوهش مبانی کلی BIM و ارتباط آن با ساخت و ساز، میزان آشنایی شرکت های معماری منتخب با BIM و امکان سنجی نحوه استقرار BIM در شرکت‌های مشاور معماری شهر ارومیه از طریق توزیع پرسشنامه بررسی شده است و نتایج آن با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل شده است. نتایج حاصله نشان دهنده عدم آگاهی معماران شهر ارومیه از سیستم BIM برای بکارگیری می‌باشد که این عدم آشنایی در نتیجه جدید بودن سیستم BIM و نبود هیچ گونه آموزش برای آشنایی با این سیستم در مراکز آموزشی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM، تحویل یکپارچه اقلام پروژه، نرم افزارهای طراحی و مدل سازی، شرکت‌های مشاور معماری

۱- مقدمه

در آینده‌ای نزدیک، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان منبع منحصر به فرد برای فعال کردن قابلیت یکپارچگی اطلاعات بدون محدودیت استفاده خواهد شد که این موضوع تا حد زیادی باعث تسهیل فرآیندهای چرخه حیات ساختمان خواهد شد [۴]. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک فن آوری و فرآیند انقلابی است که به سرعت به یک راه درک، طراحی، ساخت و راه اندازی ساختمان‌ها تبدیل شده است [۶]. در واقع BIM مجموعه‌ای غنی از اطلاعاتی است که بصورت هوشمند طراحی شده که داده‌های مناسب را می‌توان با توجه به نیاز کاربران استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد که برای تصمیم گیری و بهبود روند اطلاعات ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرایند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان از اولین فرایند پروژه (مفهوم) تا تخریب می‌تواند بکار گرفته شود. [۱۶] تعریف درست و هماهنگ پروژه قبل از شروع ساخت و ساز، باعث کارآمدشدن ساخت و ساز و دوره ساخت کوتاه‌تر می‌شود. صنعت ساختمان سازی به سرعت در حال پذیرش BIM جهت کاهش هزینه و زمان و بهبود بخشیدن به کیفیت و پایداری محیطی است د حال حاضر در اغلب کارهای معماری از نقشه‌های اتوکد استفاده می‌شود و این نرم افزار امکان ایجاد تغییر را از ساختار پروژه حذف و یا تضعیف می‌کند و در صورت بوجود آمدن تغییرات احتمالی، باعث بروز مشکلات و عدم هماهنگی نقشه ها با هم می گردد، که علت این موضوع را می‌توان در یکپارچه نبودن اطلاعات در تمامی بخش‌ها چه در طراحی و چه در ساخت و مدیریت دانست. [۴] عدم استفاده از سیستم-های یکپارچه سازی اطلاعات را می‌توان به علت نقصان آشنایی با این سیستم و عدم استفاده آن توسط معماران و مهندسان دانست. ناکافی بودن پژوهش‌های انجام شده در ایران پیرامون نرم افزارهای یکپارچه سازی اطلاعات ساختمان و مشکلاتی که ناشی از این عدم استفاده می‌باشد و نیاز مبرم به یکپارچگی با توجه به گسترش روز افزون ابعاد پروژه‌ها و مشکلات هماهنگی که ناشی از پیچیدگی آن‌ها بخصوص در پروژه‌های بزرگ، از جمله مواردی است که ضرورت پژوهش پیرامون این مسأله را سبب شد.

۲- ضرورت و اهمیت تحقیق

تکنولوژی BIM، یکی از روش‌هایی است که به دلیل امکان ایجاد پایگاه داده برای ساختمان و اجزای آن و ارائه شناسنامه اطلاعاتی، امکان اتخاذ تصمیم های بموقع و کاهش چشمگیر تغییرات به دلیل یکپارچه سازی را بوجود می‌آورد. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM در واقع یک مدل چند بعدی شبیه سازی شده مربوط به هندسه ساختمان، روابط فضایی، اطلاعات جغرافیایی، مقدار و خواص تمامی اجزای ساختمان و ارتباط هوشمند آنها با یکدیگر است. استفاده از BIM در برنامه‌ریزی پروژه و در مراحل آغازین آن به تیم پروژه اجازه می‌دهد تا با آنالیزکردن فضا و فهم پیچیدگی‌های مختلف محیطی و آگاهی از قوانین و مقررات دست به برنامه‌ریزی های مرتبط بزند و به این طریق به شکل موثری از زمان و هزینه های لازم برای پروژه کاسته، توانایی اجرای موثر مهندسی ارزش برای پروژه را داشته باشد و نیز می‌تواند باعث کاهش دوباره کاری‌ها و تناقضات پروژه شود.

۳- هدف کلی

بررسی امکان سنجی نحوه استقرار مدل‌سازی سیستم BIM (مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) در شرکت‌های مشاور معماری ساختمان در شهر ارومیه

۱-۳- در انتهای پژوهش انتظار می‌رود محقق پاسخ سوالات ذیل را بدست آورده باشد.

- موانع موجود برای استفاده از سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM در شرکت‌های مشاور معماری چیست؟
- معایب سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM کدامند؟
- بسترهای لازم برای پیاده‌سازی سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM در شرکت‌های مشاور معماری چیست؟
- مزیت اصلی مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM برای استفاده در شرکت‌های مشاور معماری چیست؟
- نحوه استقرار سیستم BIM (مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) در شرکت‌های مشاور معماری چگونه خواهد بود؟

۴- متودولوژی تحقیق

این تحقیق با توجه به اهداف بیان شده از نوع تحقیقات کاربردی است که با استفاده از نتایج تحقیقات بنیادی به منظور سنجش میزان آشنایی افراد با سیستم BIM و نحوه استقرار و کاربرد این سیستم در شرکت‌های مشاور معماری در شهر ارومیه انجام شده است. هدف تحقیق‌های کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است که در این پژوهش بررسی امکان سنجی استقرار کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در شرکت های مشاور معماری در شهر ارومیه بررسی شده است. مراحل تحقیق عبارتند از: نخست به مطالعه سیستم BIM از طریق منابع کتابخانه‌ای پرداخته شده سپس با دانشی که از مطالعه منابع بدست می‌آید شروع به جمع آوری کرده که در این تحقیق ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه انتخاب شده است. با توجه به اینکه روش پژوهش توصیفی، پیمایشی می‌باشد تجزیه و تحلیل اطلاعات در دو سطح آمار توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۵- محدوده تحقیق

۱-۵- قلمرو موضوعی تحقیق

قلمرو موضوعی بررسی تاثیر BIM بر طرح‌های معماری در شرکت های مشاور معماری در حوزه ساختمان (مسکونی، تجاری، درمانی و آموزشی) می‌باشد.

۲-۵- قلمرو مکانی تحقیق

همه شرکت های مشاور معماری در شهر ارومیه

۶- مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

تکنولوژی BIM، یکی از روش‌هایی است که به دلیل امکان ایجاد پایگاه داده برای ساختمان و اجزای آن و ارائه شناسنامه اطلاعاتی، امکان اتخاذ تصمیم‌های بموقع و کاهش چشمگیر تغییرات به دلیل یکپارچه‌سازی را بوجود می‌آورد. پیکره‌سازی اطلاعات ساختمان BIM در واقع یک مدل چند بعدی شبیه‌سازی شده مربوط به هندسه ساختمان، روابط فضایی، اطلاعات جغرافیایی، مقدار و خواص تمامی اجزای ساختمان و ارتباط هوشمند آنها با یکدیگر است. مدل اطلاعات ساختمان BIM یک پروژه را ترکیبی از اجزا می‌بینند که در کنار همدیگر قرار گرفته اند و یک کل منسجم را تشکیل داده اند، این اجزا ممکن است تعریف نشده باشند و یا مطابق مدول خاصی طراحی شده باشند. مدل اطلاعات ساختمان BIM هم یک نوع تکنولوژی هم یک نوع فرایند است. جزییات این تکنولوژی به ذینفعان پروژه کمک می‌کند هر آنچه را که قرار است ساخته شود را پیش از آن در یک محیط ساده‌تر بازیابی کنند. BIM روند توسعه و استفاده از یک مدل شبیه‌سازی شده از برنامه ریزی، طراحی و ساخت می‌باشد، که مجموعه ای از اطلاعات ساختمان و ارتباط آن ها با هم را داراست، بطوری‌که با ایجاد تغییر در یک عضو کوچک از مجموعه تمامی اعضا خود را با آن مطابقت می‌دهند. [۶]

۶-۱- مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

انجمن پیمانکاران عمومی امریکا (AGC[۱۵])، BIM[16] را به این شرح معرفی کرده است مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، توسعه و استفاده از مدل نرم‌افزاری کامپیوتر برای شبیه‌سازی ساخت و ساز و بهره برداری از ساختمان می‌باشد. یک مدل اطلاعاتی ساختمان، نمایش دیجیتال پارامتریک و هوشمندانه غنی از داده‌ها و شی‌گرا است که از آن دیدگاه‌ها و داده‌های مناسب با نیازهای کاربران مختلف را می‌توان استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرارداد و برای تولید اطلاعات برای تصمیم‌گیری و بهبود روند ارائه تسهیلات می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. [۷] BIM تنها به معنی استفاده از مدل‌های هوشمند سه بعدی نیست بلکه ایجاد تغییرات معنادار در جریان کار و فرآیندهای تحویل پروژه است [۳]. BIM همچنین از مفهوم تحویل یکپارچه پروژه حمایت می‌کند که یک رویکرد جدید تحویل پروژه است که به ادغام افراد، سیستم ها، ساختار کسب و کار و شیوه های فرایند مشارکتی جهت کاهش ضایعات و بهینه سازی بهره وری در تمام مراحل چرخه عمر پروژه می‌پردازد [۸].

۶-۲- BIM از دیدگاه نرم افزاری

BIM به عبارت فنی یک مدل CAD[17] است که به یک پایگاه داده Data Base[18] متصل می‌باشد، به نحوی که هر گونه اطلاعات مربوط به پروژه را می توان در آن ذخیره کرد. بنابراین BIM به عنوان یک منبع مشترک اطلاعات، بین کل تیم طراحی و اجرای ساختمان، عمل می‌کند. نتیجه این یکپارچه سازی اطلاعات، افزایش هماهنگی، کاهش خطاها و ضایعات و نهایتاً افزایش کیفیت کار می‌باشد. تفاوت مدل BIM با یک مدل سه بعدی متعارف CAD، ذخیره اطلاعات مهم کل فرآیند ساخت با تمام اجزاء آن می‌باشد. این اطلاعات شامل مواردی از قبیل مشخصات مصالح (وزن، رنگ، اندازه، میزان مقاومت در

---

[15] Associated General Contractors
[3] Building Information Modeling
[4] Computer-aided design

18 پایگاه داده‌ها یا بانک اطلاعاتی به مجموعه ای از اطلاعات با ساختار منظم و سامان‌مند گفته می‌شود. این پایگاه های اطلاعاتی معمولاً در قالبی که برای دستگاه‌ها و رایانه ها قابل خواندن و قابل دسترسی باشند ذخیره می‌شوند.

برابر حریق، راهنمای نصب و مونتاژ، خدمات گارانتی محصولات، الزامات نگهداری و تعمیرات، اطلاعات قیمت اجزاء) خواهد بود. تفاوت بعدی بین فن‌آوری BIM و CAD سه بعدی این است که یک مدل اطلاعاتی ساختمان تمام اطلاعات مربوط به ساختمان، از جمله ویژگی‌های فیزیکی و کاربردی آن و اطلاعات چرخه عمر پروژه را در یک سری از اشیاء هوشمند حمل می-کند. به عنوان مثال، یک واحد تهویه هوا در یک BIM، حاوی اطلاعاتی در مورد منبع، روش‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری، نرخ جریان و پاکسازی مورد نیاز می‌باشد [۹] در بین نرم افزارهایی که برای مدل سازی BIM استفاده می‌شود، نرم افزار Revit یکی از پرکاربردترین ابزارهاست که توضیحاتی پیرامون آن ارائه می‌شود. این نرم افزار توسط شرکت Autodesk تولید کننده نرم افزار AutoCAD طراحی شده است. در ۳ سال گذشته بسیاری از شرکت‌های ساختمانی در کشورهای توسعه یافته (آمریکا، کانادا، کشورهای اروپایی و استرالیا) به استفاده از این نرم افزار روی آورده و ترسیم نقشه های ساختمانی در نرم افزار AutoCAD را کنار گذاشته اند. رویت نرم افزاری باقابلیت BIM چهاربعدی به همراه ابزارهایی به منظور نقشه کشی و ردیابی مراحل مختلف در چرخه حیات ساختمان است. [۱۶]

۳-۶- مزایای BIM برای طراحان

مرحله پیش طراحی در طول طراحی ساختمان از مهم ترین فازهای اجرایی بنا می‌باشد که تمامی فازهای بعدی به نوعی تحت تاثیر آن می‌باشد. طراحی‌های کمک گرفته از کامپیوتر (CAD) از عهده گرفتن آنالیزهای پیچیده مانند آنالیز سیستم های پایدار ناتوانند. [۱۰]

- طراحی های بهتر با آنالیزهای جامع تر
- ارزیابی اولیه و حصول اطمینان از کارایی و جلب اطمینان کارفرمایان
- پیش‌بینی کردن مشکلات و موانع کار در فازهای اولیه و برطرف کردن تعارضات با کارهای گروه‌های دیگر درگیر در پروژه
- تسریع در تهیه و ارجاع نقشه‌های نهایی

۴-۶- موارد کاربرد BIM

- برقراری ارتباطات پروژه
- تصویرسازی نقشه‌های اجرایی
- مدیریت سیستم
- برآورد هزینه
- امکان ارائه تحلیل‌های گوناگون
- امکان وارد کردن بعد چهارم یعنی زمان به مدل‌سازی
- بررسی اشکالات موجود و کشف تداخل و عیب ها [۱۰]

۷- مطالعه موردی BIM

مطالعه در مورد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به واسطهٔ عملکردهایی که دارد، بسیار حایز اهمیت است. اخیرا مطالعات زیادی در مورد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ایران و دنیا انجام گرفته است، که به اختصار به بعضی موارد اشاره می شود:

۱-۷- پیشینه تحقیق در داخل کشور

علیمرادی محسن، رحیم نیا ایمان، ۱۳۹۲، تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بر معماری داخلی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) روند طراحی‌ای هوشمندانه بر پایه‌ی مدل سه بعدی بوده که به کل چرخه‌ی عمر ساخت، ارزش‌های کیفی و کمی می‌افزاید. مدل سازی اطلاعات ساختمان به دست اندرکاران معماری، مهندسی و ساخت و ساز کمک می‌نماید تا به هدفی واحد در پروژه‌های ساختمانی دست یابند. این سیستم، نوع جدیدی از کار طراحی را امکان پذیر می‌سازد که عبارت است از ایجاد طراحی به وسیله‌ی عناصر هوشمند. هدف این تحقیق، بررسی و تحلیل روش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و نیز نحوه‌ی ارتباط آن با معماری داخلی بوده است، با هدف اینکه معماران داخلی به استفاده از این سیستم نوین و کارآمد ترغیب شوند.

حامد گلنام، ۱۳۸۸، در مطالعه‌ای که به بررسی شیوه مدیریت طراحی معماری (تا قبل از مرحله اجرا) در شرکت‌های مهندسین مشاور معماری و پیشنهاد سیستم مدیریت طراحی پرداخته است، به بررسی شرکت های مشاور معماری در دو گروه کوچک و بزرگ پرداخته و مسئله مدیریتی آنها را بررسی کرده است و به این نتیجه رسیده است که نقش مدیریتی در اکثر شرکت ها نادیده گرفته می‌شود و مسئولان طراحی در دفاتر در واقع همان مدیران پروژه‌ها هستند که یکی از دلایل اصلی آن تفاوت اساسی میان رویکردهای مناسب مدیریت برای پروژه های ساختمانی بزرگ و پیچیده و پروژه‌های کوچک و ساده می‌باشد.

نیلوفر سالاریان، ۱۳۸۹، به ارائه الگوی ارزیابی عملکرد شرکت‌های مشاور معماری پرداخته و فرایند کاری شرکت‌های مهندسی مشاور را بررسی کرده و برای ارزیابی عملکردشان الگو ارائه داده است، سپس به بررسی BIM در صنعت ساخت پرداخته و از بین شرکت‌های مشاور، شرکت‌های پایه یک در شهر تهران را مورد مطالعه قرار داده، پرسشنامه طراحی شده و در پایان الگو ارائه داده شده است.

یارمحمدی هومن ،۱۳۹۲، به ارزیابی اثرات مدل اطلاعاتی ساختمان BIM در صنعت ساخت و ساز و پیاده سازی آن در یک پروژه ساختمانی پرداخته و سپس به بررسی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته، ستون های BIM را در دو چیز اشاره کرده است، اول ارتباطات، دوم هماهنگ سازی، موفقیت اجرایی شدن درست و صحیح BIM نیازمند دخالت و مشارکت تمامی اجزای موثر در پروژه است.

نسیم سرکانی، ۱۳۹۲، به بررسی امکان سنجی بکارگیری تیم‌های مجازی در پروژه‌های ساختمانی پرداخته است، از طریق شناسایی چالش‌ها، بسترها و مزایای تیم‌سازی در پروژه‌ها، بررسی فرایندکاری در شرکت‌های مهندسی، مشاورهای ساختمانی و ارتباطات بین عوامل و گروه های تخصصی درگیر این فرایندها، بررسی چالش‌ها و بسترهای موجود و در نهایت ارائه راهکار برای بکارگیری تیم‌های مجازی در پروژه های طراحی معماری ارائه داده است.

۲-۷- پیشینه تحقیق در خارج از کشور

Minho Oh a,1, Jaewook Lee a, Seung Wan Hong b,2, Yongwook Jeong, Integrated system for BIM-based collaborative design, 2015

بر طبق پژوهش: برای همکاری موثرتر میان عوامل مختلف پروژه‌های ساخت‌وساز، استفاده از مدل اطلاعات ساختمان (BIM) در طول چرخه عمر ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، با توجه به استفاده از نرم افزارهای مختلف مبتنی بر BIM، در میان همکاران در طی طراحی، انواع مشکلاتی از قبیل از دست دادن داده‌ها، دشواری در برقراری ارتباط بین داده‌ها است. از این رو، این مطالعه یک سیستم طراحی یکپارچه برای بهبود طراحی مشترک براساس BIM ارائه می‌دهد. برای تست این سیستم یکپارچه، یک مطالعه موردی در قالب طرح ساختمان بیمارستان بررسی شده است و چگونگی بهبود وضعیت در مقایسه با سیستم‌های معمولی مورد بررسی قرار گرفته است. در نتیجه این تحقیق، سیستم پیشنهادی طراحی باعث افزایش کیفیت و بهره‌وری، با ارائه پشتیبانی‌های لازم برای طراحی شده است. در مطالعه مذکور، سه مفهوم ادغام (ادغام عملکردی، یکپارچه سازی مدیریت اطلاعات و پشتیبانی از فرآیند یکپارچه اطلاعات) از طریق تجزیه و تحلیل روش‌های یکپارچه سازی و ارائه یکپارچه طراحی سیستم نیز بررسی شده است.

Youngsoo Jung, Mihee Joo, Building information modelling (BIM) framework for practical implementation, 2010

در سال‌های اخیر مقاله‌هایی در مورد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و استفاده چند بعدی از اطلاعات CAD در صنعت ساخت و ساز منتشر شده است. هدف از این مقاله پیشنهاد چارچوب تمرکز بر مسائل عملی BIM برای استفاده در پروژه‌های واقعی است. اگرچه تلاش‌های قبلی در چارچوب BIM مناسب متغیرهای BIM بوده، اما مسائل جامع BIM نیاز به توسعه یافتگی بیشتر دارد. در این مقاله بررسی ادبیات کامل ساخت و ساز یکپارچه کامپیوتری (CIC) و BIM برای اولین بار با تفسیر BIM از منظر جهانی انجام شد.

Wei Yan, Charles Culp, Robert Graf, Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization, 2010

در این مقاله به قابلیت همکاری بین بازی‌ها و مدل‌سازی برای ارتقاء تجسم معماری پرداخته شده است که نشان می‌دهد ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و بازی‌ها به تجسم معماری قوت می‌دهد. فرایند طراحی بازی‌ها اجازه می‌دهد تا طراحان بازی در محیط‌های طراحی شده، قابلیت شبیه سازی فیزیکی و دینامیکی و فعالیت های کاربر را انجام دهند. اجرای BIM در بازی‌ها انواع ارتباط میان زمینه های مختلف از جمله معماری، مهندسی، علوم کامپیوتر، تجسم و توسعه بازی را فراهم می‌کند. مقاله یک چارچوب برای یکپارچه‌سازی BIM و بازی‌ها و یک آزمایش نمونه‌ای از زمان واقعی، تعاملی و واقعی با یک مدل کاربر مجازی را نشان می‌دهد.

Salman Azhar, (Auburn University, USA), Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond, 2011

در این پژوهش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، توسعه انقلابی است که به سرعت در حال تغییر شکل ساخت و ساز است. BIM هم تکنولوژی و فرایند است. تکنولوژی BIM به ذینفعان پروژه به تجسم آنچه که ساخته شده، کمک می-کند تا محیط شبیه سازی شده‌ای برای شناسایی هر گونه طراحی بالقوه، ساخت و ساز و یا مسائل عملیاتی ایجاد کند. مقاله

یک مرور کلی از BIM با تمرکز بر مفاهیم اصلی، برنامه‌های کاربردی در چرخه عمر پروژه و مزایای برای ذینفعان پروژه با بکارگیری مطالعات موردی می‌باشد. این مقاله همچنین شرح و تفصیل خطرات و موانع اجرای BIM و روند بکارگیری آن را توضیح می‌دهد.

Isikdog U ،Design patterns for Bim- based service-oriented Architecture, (2012)

امروزه تحویل پروژه‌ها همراه با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) است. در این پژوهش مدیریت پروژه بصورت یک ستون فقرات از اطلاعات به اشتراک گذاشته شده منفرد، تعریف شده است. در آینده‌ای نزدیک، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان منبع منحصر به فرد برای فعال کردن قابلیت همکاری داده ها استفاده خواهد شد که تا حد زیادی فرآیندهای چرخه عمر ساختمان را تسهیل می‌کند. در این مقاله سه الگوی طراحی که در تسهیل استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) مفید می‌باشد، معرفی می‌شود. براساس BIM به اشتراک گذاری اطلاعات مبتنی بر استفاده مشترک از وب می‌باشد.

Sangeinetti P, Abdelmohsen S، JaeMin L, JinKook Lee b, Hugo Sheward a, Chuck Eastman General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis, (2012)

در توسعه پروژه ساخت و ساز، ابزار خاصی برای تجزیه و تحلیل طراحی و ارزیابی استفاده می‌شود. ابزاری برای روشنایی، استفاده از انرژی، طراحی سیستم‌های مکانیکی و سیستم‌های کنترل، تجزیه و تحلیل هزینه، برنامه‌ریزی، شبیه-سازی. در طراحی سنتی که در آن نقشه های دوبعدی دستی بود هر متخصص یا مشاور شرکت کننده در پروژه ابزار تجزیه و تحلیل خود را به صورت دستی تولید کرده و مجموعه ای از داده‌ها که نشان دهنده هدف معمار بود، برای ارزیابی طراحی از دیدگاه مشاور آماده می‌کرده است. در طراحی تکامل یافته، این مدیریت مشاوران است که هماهنگی تجزیه و تحلیل داده‌ها را برای حفظ انسجام خود با طراحی انجام می‌دهند. در این پژوهش به یکی از قابلیت‌های مفید BIM یعنی توانایی تحلیل داده-ها در حین طراحی پرداخته است، سپس به ارائه یک مدل مجازی از یک ساختمان فرضی (طراحی یک فضا از ساختمان دادگاه فدرال در ایالات متحده) پرداخته و ساختمان را به قسمت‌های مختلف تقسیم کرده و اطلاعات قسمت‌های مختلف مانند مصرف انرژی، هزینه های اولیه را با هم بررسی کرده این تجزیه و تحلیل‌ها توسط پردازش مدل BIM در چهار نوع انجام می‌شود و به بیان مزایای و روش هر یک پرداخته است و در نهایت یک مدل تعیین شده و به جزییات آن پرداخته شده است.

Darius Migilinskasa, Vladimir Popovb, Virgaudas Juoceviciusc, Leonas Ustinovichiu, The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation, 2013

توسعه سریع فناوری اطلاعات در معماری، شاخه‌های فنی و مهندسی و صنعت ساخت و ساز (AEC) که به طور مداوم در حال تغییر است باعث تغییر در تعریف مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) می‌شود. فناوری BIM معانی جدید به خود می‌گیرد، مانند برجسته سازی مفاهیم کلی برای تحویل محصول در استفاده از ساخت مدل مجازی 3D مرتبط با فرایند آغاز به کار پروژه، طراحی، ارزیابی، ساخت و ساز، بهره برداری و تخریب. نویسندگان در این مقاله بررسی مراحل و روند توسعه مفهوم BIM، ارائه مطالعات موردی از چهار پروژه واقعی که در آن از فناوری BIM توسط شرکت کنندگان در پروژه استفاده

شده، بررسی منافع و موانع و مشکلات عملی اجرای BIM و توصیه هایی برای به تصویب رسیدن برنامه های کاربردی آینده BIM ارائه می‌شود.

۸- ابزار گردآوری اطلاعات و ویژگی های آن (اعتبار و روایی)

در این پژوهش، برای گردآوری داده‌ها از پرسشنامه استفاده شده است، که به صورت مجموعه سوالاتی مکتوب که حول مسأله تحقیق تنظیم شده است. بنابراین ابزار اندازه‌گیری در این تحقیق، از نوع محقق ساخته می‌باشد. پاسخگویان به شکل حضوری یا غیرحضوری آن را تکمیل کرده‌اند.

۸-۱- بررسی روایی و پایایی پرسشنامه

روایی: روایی عبارت است از اینکه وسیله اندازه‌گیری بتواند خصیصه یا ویژگی مورد نظر را اندازه بگیرد. اهمیت روایی به این خاطر است که اندازه‌گیری‌های نامناسب و ناکافی می‌تواند هر پژوهش علمی را بی اثر سازد [۵]. در این تحقیق از نظرات اساتید محترم و تنی چند از متخصصان برای تعیین روایی تحقیق کمک گرفته شده است. بدین ترتیب که برای تنظیم سؤالات پرسشنامه از تعدادی افراد متخصص در زمینه معماری و آمار کمک گرفته شده و پس از درنظر گرفتن مجموع نظرات آنها، پرسشنامه نهایی تنظیم و بین افراد نمونه توزیع شده است.

پایایی: پایایی یک وسیله اندازه گیری به دقت آن اشاره دارد و یک آزمون در صورتی پایاست که اگر در فاصله زمانی کوتاه چندین بار به گروه واحدی از افراد بدهیم نتایج بهم نزدیک باشند [۵]. روش‌های دو نیمه‌سازی، آلفای کرونباخ کابرد دارد. روش آلفای کرونباخ برای آزمونهایی مناسب است که یک یا چند صفت دارای نوسان را می‌سنجد و نمره‌گذاری آنها لیکرت است که در این تحقیق مقیاس نمره گذاری لیکرت می‌باشد. به منظور تعیین ضریب پایایی پرسشنامه از نرم افزار SPSS استفاده شده و نتایج مربوطه در جدول شماره ۱ بدست آمده است.

هرقدر شاخص آلفای کرونباخ به ۱ نزدیکتر باشد، همبستگی درونی بین سؤالات بیشتر و در نتیجه پرسش‌ها همگن‌ترخواهند بود. کرونباخ ضریب پایایی ۴۵٪ را کم، ۷۵٪ را متوسط و قابل قبول، و ضریب ۹۵٪ را زیاد پیشنهاد کرده است.

جدول شماره ۱، نتایج آلفای کرونباخ برگرفته از نرم افزار SPSS

پایایی

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	34	97.1
	Excluded[a]	1	2.9
	Total	35	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.762	15

۹- طراحی پرسشنامه و بررسی نتایج آن

پرسشنامه به عنوان یکی از متداول‌ترین ابزار جمع‌آوری اطلاعات در تحقیقات پیمایشی، عبارت است از مجموعه‌ای از پرسش‌های هدف‌مدار که با بهره‌گیری از مقیاس‌های گوناگون، نظر، دیدگاه و بینش یک فرد پاسخگو را مورد سنجش قرار می‌دهد. سوالات به دو نوع طراحی شده‌اند، سوالات ابتدای پرسشنامه که به نوعی آشنایی با پاسخ‌دهندگان می‌باشد، سپس سوالات اصلی پرسشنامه که شامل ۱۵ سوال می‌باشد ارائه شده است. پرسشنامه مذکور به ۶۰ نفر از معماران شهر ارومیه با شرط سابقه بیش از ۵ سال و تحصیلات حداقل کارشناسی که در همه شرکت‌های مشاور معماری ارومیه مشغول بکارند به صورت اینترنتی (غیرحضوری) و حضوری ارائه شده است، که از این میان ۵۴ نفر به سوالات مورد نظر پاسخ داده و این پرسشنامه را تکمیل کرده‌اند. جنسیت افرادی که در تکمیل این پرسشنامه همکاری نموده اند ۵۸ درصد شرکت کنندگان مرد و ۴۲ درصد زن بوده اند.

برای طراحی‌های پرسش‌ها از پرسش‌های بسته استفاده شده است. از آنجایی که موضوع مورد تحقیق اساسا موضوع جدیدی بوده و افراد با آن آشنایی کمی دارند از این رو ارائه پرسش‌هایی که نیاز به تحلیل و نوشتن جواب داشتند در پرسشنامه قرار نگرفتند، چون این تحقیق به نوعی امکان سنجی محسوب می‌شود و در صورت عدم آگاهی کافی از موضوع، نمی‌توان در مورد آن نظرات مختلفی بیان کرد.

اهدافی که برای طراحی سوالات پرسشنامه مذکور در نظر گرفته شده شامل سه قسمت است. در قسمت نخست میزان آشنایی با سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مطرح شد. در نخستین گام مفهوم یکپارچگی و مشکلات موجود در شرکت-های مشاور مطرح شد که با توجه به پاسخ‌های دریافت شده از معماران شرکت کننده در پاسخ دادن به سوالات پرسشنامه، اکثریت افراد به میزان کم با مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان آشنایی دارند، در سوال دوم سوالی با عنوان هماهنگی اعضای مختلف طراحی مطرح شد که ۱۷٪ این هماهنگی را کم دانسته اند. در سوال سوم مشکلات ناشی از عدم هماهنگی بین اعضای مختلف و تغییر در نقشه‌ها سوال شده بود که میان این پاسخ ها، ۱۴ نفر بیان کرده‌اند که عدم هماهنگی بین نقشه‌های مختلف برای آنها مشکل زیادی ایجاد کرده است. در سوال بعدی میزان برخورد افراد با عنوان مدل‌سازی اطلاعات ساختمانBIM بود که براساس این نظر سنجی میزان آشنایی با مفهوم BIM در حدود ۷۸٪ کم بوده است. از دیگر سوالات میزان آشنایی با نرم افزارهای مختلف BIM بود بطور کلی میزان آشنایی در حدود ۵۸٪کم بیان شده است. سوال بعدی با عنوان تاثیر قابلیت های بیان شده درباره BIM بوده است که ۲۴ نفر از این میان تمایل زیادی برای یادگیری BIM از خود نشان داده اند. در سوال بعدی میزان ترغیب برای آشنایی بیشتر و استفاده از BIM مطرح شد که حدود ۶۶٪ افراد ترغیب زیادی برای آشنایی و استفاده از این سیستم بیان کرده اند. در قسمت دوم سوالات به امکانات یادگیری نرم افزارهای مختلف این سیستم و لزوم استفاده از این سیستم پرداخته شده است اولین سوالی که مطرح شد، امکان آموزش نرم افزارهای مختلف BIM مانند Revit در شهر ارومیه تا چه اندازه وجود دارد که طبق جواب‌های موجود ۴۷٪ افراد بیان داشته‌اند که تعداد این مراکز بسیار کم است. در سوال بعدی، میزان مفید بودن استفاده از نرم افزارهای مدل سازی BIM برای ایجاد یکپارچگی در طراحی سوال شده که تقریبا همه افراد با آن موافقت اعلام نموده اند. در سوال بعدی لزوم استفاده از BIM در شرکت‌های مشاور مورد بررسی قرار گرفته است که همه بر لزوم استفاده از آن توافق داشته اند. سوال بعدی با عنوان میزان آشنایی همکاران در شرکت مورد نظر با نرم افزارهای BIM برای استفاده مطرح شده است که فقط ۱ نفر میزان آشنایی را مناسب

اعلام کرده است. سوال بعدی پیرامون علاقه‌مندی افراد شرکت برای یادگیری نرم افزارهای این سیستم برای استفاده از آن در محیط کار می‌باشد که فقط ۲٪ تمایل کمی برای یادگیری نشان داده اند. در قسمت سوم سوالات به امکان بسترسازی و نحوه ایجاد آن پرداخته شده است. در سوال نخست به میزان بسترهای لازم برای کاربرد BIM در شرکت مورد نظر پرداخته شده است که بر طبق پاسخ های دریافتی حدود ۵۵٪ افراد میزان این بستر لازم برای اجرا را کم دانسته اند تمامی جوابها حاکی از آن است که هنوز بسترسازی لازم در شرکت‌های مشاور معماری در شهر ارومیه برای استفاده از این سیستم فراهم نشده است. در سوال بعدی میزان حمایت مدیریت برای ایجاد بستر استفاده از این نرم افزار شامل ارائه امکانات مالی، آموزشی مطرح شده بود که با پاسخ های مثبتی همراه بوده است. در سوال بعدی امکان استفاده از افرادی که این نرم افزارها را بصورت حرفه ای بلدند مطرح شده است که با پاسخ مثبت افراد روبه‌رو شده است و این را می‌رساند که اگر در شرکتی امکان یادگیری نرم افزارهای جدید فراهم شود افرادی که به این کار رغبت نشان دهند در مساله اشتغال با مشکل مواجه نخواهند شد.

۱۰- مروری بر یافته های محقق

۱-۱۰- موانع موجود برای استفاده از سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM در شرکت‌های مشاور معماری چیست؟

عنوان یکی از سوالات مطرح شده ابتدای تحقیق بوده است که با توجه به مراحل تحقیق و مطالعات انجام شده و گردآوری اطلاعات اصلی‌ترین مانع موجود برای استفاده از این سیستم در شرکت‌های مشاور معماری، عدم آگاهی افراد از این سیستم می‌باشد و هنوز اکثریت معماران حتی با واژه BIM نیز آشنایی ندارند. به نظر محقق تا هنگامی که امکاناتی برای آشنایی و آموزش سیستم BIM فراهم نشود نمی‌توان انتظار استفاده از آن را داشت.

۲-۱۰- معایب سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان

ایده یکپارچگی BIM حدود مسئولیت ها را درهم فرو می‌برد و موجب عدم وضوح آنها می‌شود. به عنوان مثال در حالی که کارفرما به خاطر ایرادی در طراحی از مهندس معمار و سایر افراد شکایت می‌کند هر کدام از افراد دخیل در پروژه می‌توانند مسئله را به دیگری نسبت داده و بدین وسیله هاله‌ای از ابهام حدود مسئولیت ها را در بر خواهد گرفت که ناشی از ایده یکپارچگی پروژه است. از دست دادن داده‌ها، دشواری در برقراری ارتباط، و بهره وری ضعیف کار از دیگر معایب استفاده از BIM می‌باشد. به نظر محقق تا هنگامی که امکاناتی برای آشنایی و آموزش سیستم BIM فراهم نشود نمی‌توان انتظار استفاده از آن را داشت. البته در آشنایی با این سیستم با این را مد نظر داشت که نخست باید افرادی که قرار است با این نرم افزار کار کنند متقاعد به استفاده از این نرم افزار شوند که این خود فرهنگ سازی برای استفاده از سیستم‌های جدید می‌باشد. از سوی دیگر نرم افزارهای مورد استفاده BIM جدای از نرم افزارهای سنتی گذشته است و علاوه بر این هزینه خرید این نرم افزارها بیشتر از نرم افزارهای سنتی است که این خود یکی از موانع اصلی استفاده از BIM می‌باشد. مشکل بعدی این است که سیستم‌های مورد نیاز برای پشتیبانی کردن از حجم بالای اطلاعات مرتبط با BIM گرانتر از سیستم های نه چندان پیشرفته است، که دو مشکل اخیر برای رفع خود نیاز به صرف هزینه زیادی دارند. مشکل بعدی مدیریت افراد و گروه‌های مختلف با پروژه در صورت هماهنگ نبودن افراد می‌تواند به کاری دشوار و زمان‌بر تبدیل شود و از طرف دیگر، پیچیدگی

فعالیت‌ها می‌تواند مانند تیغ دو لبه باشد به عنوان مثال تعیین مسئولیت‌ها برای هر کدام از فعالیت های مختلفی که می‌تواند برای یک پروژه تعریف شود کاری سخت و زمانبر می‌شود.

۳-۱۰- بسترهای لازم برای پیاده‌سازی این سیستم در شرکت‌های مشاور معماری چیست؟

اصلی ترین گام بر طبق یافته های پژوهش برای پیاده‌سازی این سیستم در شرکت‌های مشاور معماری، ایجاد دوره‌های آموزشی برای آشنایی افراد با این سیستم و در مرحله دوم فرهنگ سازی برای استفاده از این سیستم از طریق بیان مزایای این سیستم، بیان معایب سیستم‌های فعلی و متقاعد کردن افراد برای استفاده از این سیستم جهت بهبود کیفیت کار، جلوگیری از دوباره کاری‌ها و تغییرات پی‌درپی، طراحی بهتر، کیفیت بهتر، چرخه اطلاعات آسانتر و در مرحله سوم یادگیری نرم افزارهای مرتبط می‌باشد که نرم افزار Revit نرم افزاری آسان و پرکاربرد برای شروع بکار با سیستم BIM می‌باشد. برای کاربرد سیستم BIM حمایت مقام ارشد شرکت‌های مشاور برای بسترسازی استفاده از این سیستم الزامی می‌باشد، که این حمایت شامل کمک‌های مالی برای آموزش و خرید نرم افزارهای مربوطه، بروز رسانی سخت‌افزاری سیستم شرکت‌ها، ارائه تشویق برای افرادی این سیستم فرا می‌گیرند، متقاعد کردن کارفرما برای استفاده از این سیستم برای تهیه طرح هایش با این سیستم می‌باشد.

۴-۱۰- مزیت اصلی BIM برای استفاده در شرکت‌های مشاور معماری چیست؟

مزیت اصلی طبق داده‌های بدست آمده از پژوهش و پرسشنامه، توانایی ایجاد یکپارچگی از اطلاعات طرح‌ها می‌باشد که در حال حاضر عدم یکپارچگی اطلاعات باعث ایجاد ناهماهنگی و تغییرات زیاد در طرح‌های نهایی می‌باشد که چه بسا در زمان اجرا باعث ایجاد مشکلات زیادی شوند که آن زمان برای اصلاح اشتباهات دیر باشد. سایر مزایای BIM عبارتند از: طراحی‌های بهتر با آنالیزهای جامع‌تر، ارزیابی اولیه و حصول اطمینان از کارایی و جلب اطمینان کارفرمایان، پیش‌بینی کردن مشکلات و موانع کار در فازهای اولیه و برطرف کردن تعارضات با کارهای گروه‌های دیگر درگیر در پروژه، تسریع در تهیه و ارجاع نقشه‌های نهایی، پروسه سریع‌تر و ساده‌تر، کنترل دقیق بر هزینه طول عمر پروژه و تاثیرات محیطی، کیفیت بهتر محصول، سرویس دهی بهتر به مشتریان، چرخه اطلاعات برای طراحان می‌باشد و برای پیمانکاران عبارت است از پیش‌بینی دقیق از مقدار کمی و هزینه‌های آنی پروژه، پیش‌بینی زودهنگام اشتباهات و کاستی‌های پیش‌رو، آنالیزهای دقیق برای بهبود کیفیت کاری، کنترل و تحت نظر گرفتن پروسه کاری، اجرای تمهیداتی برای بالا بردن ایمنی در کار، پیاده‌سازی مهندسی ارزش برای بالابردن کیفیت و کاهش زمان و هزینه، روابط قوی‌تر و بیشتر با صاحبان پروژه و به ویژه طراحان و سایر پیمانکاران برای جلوگیری از بروز تعارضات و اطلاع از آخرین تغییرات و دستورات می‌باشد. البته کارفرمایان نیز از مزایای BIM بهره‌مند هستند از جمله شبیه سازی پروژه پیش از عملیات ساخته شدن، شبیه سازی برای آنالیزکردن میزان بهره‌وری های مورد نیاز پروژه، ریسک پایین سرمایه گذاری به دلیل کم شدن اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی، فروش بهتر پروژه به دلیل داشتن اطلاعات جامع و کامل، در دسترس بودن شمای کلی طرح به منظور پیش فروش کردن، اطلاعات کامل و جامع از ساختمان در یک فایل.

۵-۱۰- نحوه پیاده‌سازی سیستم BIM (مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) در شرکت‌های مشاور معماری چگونه خواهد بود؟

برای پیاده‌سازی سیستم BIM در شرکت‌های مشاور معماری طبق پژوهش انجام شده، ابتدا باید بسترهای لازم مهیا شود که عبارت است از ارتقا دانش و فرهنگ افراد مورد نظر به خصوص معماران درباره اهمیت یکپارچگی و مشکلات ناشی از نادیده گرفتن آن و متقاعد کردن اعضای دیگر شرکت‌های مشاور برای همکاری در این پروسه برای مثال مهندسین محاسب عمران یا مکانیک، ایجاد امکانات آموزشی برای آشنایی افراد با مفهوم BIM از طریق بیان مزایا و اهمیت آن در کارهای معماری مخصوصا در کارهایی با مقیاس بزرگ، آموزش نرم افزارهای مرتبط با BIM و آموزش نحوه کاربرد آن در محیط کار، خرید نرم افزارهای مربوطه و تشویق افراد برای استفاده از سیستم BIM، ارتقای سیستم‌های سخت افزاری شرکت، از جمله کارهایی می‌باشد که می‌تواند بستر لازم برای استفاده و پیاده‌سازی BIM را در شرکت‌های مشاور شهر ارومیه آماده کند.

۱۱- محدودیت های پژوهش

در ضمن این پژوهش، پژوهشگر با محدودیت هایی مواجه شد از جمله عدم آشنایی نمونه‌های انتخاب شده با مفهوم BIM، که محقق علاوه بر توضیح مختصر قبل از پرسشنامه پیرامون BIM، مجبور به دادن اطلاعاتی در زمینه BIM به نمونه‌های مورد نظر شد و بنا به بیان اکثریت معماران، همین میزان آشنایی اندک با BIM نیز از طریق همین توضیحات حاصل شده است. در ضمن تعدادی از معماران به علت عدم آشنایی با این سیستم از پرکردن پرسشنامه خودداری کردند. از دیگر محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به محدود شدن در شهر ارومیه اشاره کرد که چه بسا اگر این تحقیق در شهرهای دیگر مثل تهران انجام می‌شد نتایج متفاوت‌تری بدست می‌آمد.

۱۲- تحلیل یافته های تحقیق در مقایسه با دیگر محققان

تحقیق مشابه دیگری که قبلا انجام گرفته است توسط مجتبی ابطحی نجف آبادی در سال ۱۳۹۰ می‌باشد که به بررسی پیش نیازهای بکارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت یکپارچه فاز طراحی پروژه های داخلی پرداخته است. در این بررسی موجودیت استفاده از مدل‌سازی BIM را با استفاده از ابزار گردآوری داده‌ها از نوع پرسشنامه بررسی کرده و برطبق این پژوهش بالای ۹۰٪ از مهندسان و معماران از این مدل سازی بی اطلاع بوده و از کاربردش اطلاع نداشته اند. بر طبق نتیجه ای که از پژوهش حاضر بدست آمده است بیش از ۸۰٪ افراد آشنایی کمی با (BIM) دارند که نتایج دو تحقیق از لحاظ میزان آشنایی معماران با این سیستم با یکدیگر همخوانی دارد.

۱۳- نتایج تحقیق

برطبق پژوهش انجام گرفته استفاده از (BIM) در شرکت‌های مشاور شهر ارومیه، نیازمند زیرسازی های لازم برای عملی کردن اجرای آن می‌باشد که از جمله این موارد می‌توان به برگزاری دوره‌هایی برای آشنایی با سیستم BIM و ایجاد فرهنگ مناسب در سازمان‌ها و شرکت‌های مورد نظر برای استفاده از این سیستم با در نظرگرفتن مزایای آن در مرحله اول، آموزش

سیستم BIM و نرم افزارهای مربوطه و ارتقای سخت‌افزاری سیستم‌ها و استفاده از سیستم BIM در مرحله بعدی اشاره کرد. برطبق پژوهش انجام گرفته و نتایج حاصله، استفاده از (BIM) در شرکت‌های مشاور معماری، نیازمند زیرسازی های لازم برای عملی کردن اجرای آن می‌باشد که از جمله این موارد می‌توان به برگزاری دوره‌هایی برای آشنایی با سیستم BIM و ایجاد فرهنگ مناسب در سازمان‌ها و شرکت‌های مورد نظر برای استفاده از این سیستم با در نظرگرفتن مزایای آن در مرحله اول، آموزش سیستم BIM و نرم افزارهای مربوطه و ارتقای سخت‌افزاری سیستم‌ها و استفاده از سیستم BIM در مرحله بعدی اشاره کرد. با توجه به مطالعات انجام شده در منابع خارجی، BIM دارای آینده خوبی برای پیشرفت و گسترش می‌باشد و با توجه به رفع مشکلات موجود در کارهای اجرایی توسط این سیستم از قبیل کاهش میزان تغییرات در کارها، هماهنگی بیشتر، تجزیه و تحلیل‌های دقیق‌تر، ارائه مدل‌های سه بعدی خارجی و تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان، تجزیه و تحلیل سیستم‌های ساختمان، جزییات ساخت و ساز، ارائه نقشه‌های ساخت و از همه مهمتر ارائه سیستم هوشمند، امید است که بتواند در شرکت‌های مشاور معماری ایران جایگاه خود را پیدا کند.

۱۴- پیشنهادات برای پژوهشگر آتی

- می‌توان این تحقیق را در یکی از شهرهای بزرگ مانند شهر تهران انجام داد و نتایج بدست آمده را با تحقیق فعلی بررسی کرد و در صورت عدم وجود اختلاف‌های شدید می‌توان نتیجه این تحقیق را به همه جای ایران بسط داد.
- پژوهشگران بعدی در ادامه این تحقیق می‌توانند در یکی از شرکت های مشاور معماری یک دوره کوتاه آموزش این نرم افزار را اجرا کنند و سپس یک پروژه واقعی را با این سیستم پیش ببرند و از نزدیک مزایا، مشکلات و موانع آنرا ببینند و برای رفع مشکلات و موانع موجود راه حل ارائه دهند و پژوهشگران بعدی راه های ارائه شده را بررسی کنند.
- پژوهشگر بعدی می‌تواند راه‌های ارائه شده در این پژوهش برای بسترسازی را مورد بررسی قرار دهد و کارایی یا عدم کارایی این راه حل ها را با در نظر گرفتن مسائل اجرایی تحقیق کند.
- پژوهشگر بعدی می‌تواند نرم افزارهای مختلف BIM را مورد بررسی قرار داده و هرکدام را که مناسب استفاده در شرکت-های مشاور معماری می‌باشد پیشنهاد دهد و در پژوهش‌های بعدی این نرم افزارها را بطور عملی در یک شرکت مشاور معماری بررسی کنند.

منابع و مراجع

[۱] یارمحمدی، ه. (۱۳۹۲). ارزیابی اثرات مدل اطلاعاتی ساختمان BIM در صنعت ساخت و ساز و پیاده سازی آن در یک پروژه ساختمانی.

[۲] خاکی، غ. (۱۳۸۲). روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی، تهران، انتشارات بازتاب. ص ۲۸۰

[۳] سیف، ع، ا. (۱۳۷۵) . روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی، نشر روان. ص ۷۶

4. Isikdog U,(2012). Design patterns for Bim- based service-oriented Architecture, Automation in Construction, Pages 59–71
5. Sangeinetti P, Abdelmohsen S, (2012). General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis, Advanced Engineering Informatics
6. Hardin B, (2009). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows
7. Associated General Contractors of America. (2005). The Contractor's Guide to BIM, 1st ed. AGC Research Foundation, Las Vegas, NV.
8. Glick, S., Guggemos, A, (2009) . IPD and BIM: Benefits and opportunities for regulatory agencies. In: Proc. of 45th Associated Schools of Construction National Conference, Gainesville
9. Azhar.S, Nadeem.A, Mok.N, Leung.Y, (2008). Building Information Modeling : A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects, First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I), Karachi, Pakistan
10. McGrow-Hill construction, (2012.) The buisenes value of BIM in north America, Multi year trend Analysis and user rating
11. Egan, (1998). Rethinking Construction, Chapter 13
12. Sebastian K ,(2005). Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions
13. Bernard K. Baiden a, Andrew D.F. Pric, (2011). The effect of integration on project delivery team effectiveness
14. Gameson , Sherratt, Sher Williams, (2011). Changing Skills in Changing Environments: Skills Needed in Virtual Construction Teams
15. Riley D , Horman M, (2001). The Effects of Design Coordination on Project Uncertainty
16. https://www.nationalbimstandard.org/
17. https://www.autodesk.com

دسته‌بندی موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با دو رویکرد نوع موانع و سطح تصمیم‌گیری

نیلوفر روحانی[۱،*]، سید یاسر بنی‌هاشمی[۲]

*۱ و *- نویسنده مسوول: کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه‌فردوسی‌مشهد*

(niloofar.rohani93@gmail.com)

۲-استادیار، دکترای مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه‌فردوسی‌مشهد،

(y.banihashemi@um.ac.ir)

چکیده

همزمان با گسترش کاربرد جهانی تکنولوژی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در صنعت ساخت، بکارگیری این تکنولوژی در کشورهای جهان سوم از جمله ایران با موانع فراوانی روبه‌روست. جهت گسترش بکارگیری BIM در این مناطق، شناسایی موانع و مشکلات پیش‌روی پیاده‌سازی آن ضرورت دارد. با توجه به مطالعات جهانی متعدد صورت گرفته در این زمینه، استفاده از نتایج این مطالعات می‌تواند گام مهمی در جهت شناسایی و دسته‌بندی این موانع باشد. در این راستا، در این مقاله، از روش مرور سیستماتیک بر روی مطالعات پیشین در این زمینه استفاده شده است. همچنین مقالات مورد مطالعه از نظر سال انتشار و کشور مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این مقاله از دو نوع دسته‌بندی جهت سازمان‌دهی موانع بهره‌گرفته شده است. نوع اول، دسته‌بندی بر اساس نوع موانع است که شامل دسته‌های سازمانی-اجتماعی، تکنیکی، قانونی، اقتصادی و قراردادی می‌باشد. با توجه به اینکه رفع موانع پیاده‌سازی BIM تنها در صورت شناسایی متولی رفع آن‌ها امکان‌پذیر است، نوع دوم دسته‌بندی، بر اساس سطوح تصمیم‌گیری جهت رفع این موانع انجام شده که شامل سه سطح دولتی/صنعتی، سازمانی و بین‌سازمانی می‌باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند بستر لازم جهت انجام مطالعات بومی در زمینهٔ موانع بکارگیری BIM در کشور ایران را فراهم نماید.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، BIM، موانع پیاده‌سازی، سطح تصمیم‌گیری

۱- مقدمه

امروزه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به دلیل منافع عظیمی که برای کارفرمایان، پیمانکاران و مشاوران ایجاد می‌کند، به صورت گسترده در تمامی چرخه‌ی عمر پروژه ها استفاده می‌شود. کاربرد تکنولوژی BIM در ده سال اخیر پیشرفت چشمگیری در سطح جهانی داشته است. بررسی وضیعت بکارگیری BIM در شش قاره‌ی جهان در سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که کشورهای آمریکای شمالی بیشترین سابقه و بالاترین سطح پیاده‌سازی این فناوری را در جهان دارا می‌باشند. پس از آن کشورهای استرالیا و اقیانوسیه دومین رتبه را در این زمینه کسب‌کرده‌اند[۱]. همچنین, دولت بریتانیا در سال ۲۰۱۰، سال ۲۰۱۶ را به عنوان تاریخ هدف به کارگیری گسترده BIM در سطح بلوغ دو قرارداد و سبب رشد نرخ بکارگیری این فناوری از ۱۳ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۳۹ درصد در سال ۲۰۱۲ شد[۲, ۳]. در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری در زمینه‌ی مزایای بکارگیری BIM انجام شده است[۴, ۵]. به‌عنوان مثال، براید و همکاران[۵] منافع بهره‌گیری از BIM را به ترتیب اهمیت، کاهش هزینه، کاهش زمان، بهبود ارتباطات، بهبود هماهنگی و بهبود کیفیت پروژه بیان‌کرده‌اند. این تحقیق خاطر نشان می‌کند که هزینه‌های ناشی از خرید و ارتقاء نرم‌افزار و سخت‌افزار و آموزش کارکنان، در برابر تاثیر مثبت کاهش هزینه که به علت کاهش زمان پروژه، بهبود هماهنگی‌ها و کاهش دوباره‌کاری‌ها اتفاق می‌افتد، ناچیز شمرده می‌شود.

علی‌رغم منافع عظیم BIM و گسترش جهانی آن، گسترش آهسته‌ی این تکنولوژی قدرتمند در کشورهای جهان سوم، از جمله ایران، سبب بروز نگرانی‌های بسیاری در این زمینه شده است. شاید بتوان مدعی شد که بخشی از کاربرد محدود و نابالغ BIM در این مناطق، به دلیل ناآگاهی از وجود موانع در پیاده‌سازی موفق آن می‌باشد. بنابراین پیش از ارائه‌ی هرگونه راهکار، شناسایی دقیق این موانع امری حیاتی می‌باشد. با توجه به ضرورت پیاده‌سازی صحیح BIM، تحقیقاتی در کشورهای مختلف در جهت شناسایی این موانع صورت پذیرفته است و این موانع به روش‌های مختلفی دسته‌بندی شده‌اند[برای مثال۳, ۶-۹]. برای استفاده از تجارب جهانی در زمینه‌ی پیاده‌سازی BIM و شناخت صحیح موانع پیش‌رو، لازم است مطالعات قبلی در این زمینه مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند. این تحقیق ضمن مرور سیستماتیک تحقیقات پیشین در زمینه‌ی موانع پیاده‌سازی BIM، به شناسایی این موانع و دسته‌بندی آن‌ها می‌پردازد. نتایج این مطالعه می‌تواند بستر لازم جهت انجام مطالعات بومی در زمینۀ موانع بکارگیری BIM در کشور ایران را فراهم نماید.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

۲-۱- تاریخچه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در سیر تکاملی تکنولوژی‌های کَدمحور[۱۹] (طراحی به کمک کامپیوتر) در اواخر دهه‌ی ۹۰ میلادی به صنعت ساخت معرفی شد[۱۰]. در ابتدا کاربرد این تکنولوژی تنها برای فاز طراحی پروژه‌ها و در خدمت مهندسان طراح بود، ولی به‌تدریج در فازهای اجرایی و بهره‌برداری نیز متداول گشت. با گذشت نزدیک به هجده سال از معرفی این تکنولوژی، هنوز تعریف واحد و توافق شده‌ای برای BIM وجود ندارد. یکی از جامع‌ترین تعاریف BIM متعلق به شرکت اُتودسک[۲۰] است: "BIM یک فرآیند یکپارچه است که به شدت فهم پروژه را بهبود می‌بخشد و نتایج قابل پیش‌بینی ارائه

[19] CAD-based
[20] Autodesk

می‌کند. این میدان دید، تمام افراد تیم پروژه را قادر می‌سازد که هماهنگ بمانند، دقت را بهبود بخشند، ضایعات را کاهش دهند و تصمیمات مشخص را زودتر اتخاذ کنند، تا به تضمین موفقیت پروژه کمک کنند"[۱۰].

با پیاده‌سازی مدل تصویری سه بُعدی BIM، تیم ساخت پیش از اجرای پروژه، توانایی تشخیص تصادمات فضایی را دارد. همچنین استفاده از اطلاعات در بُعد چهارم، مدیریت پروژه را در زمان رویارویی با ضرب العجل‌ها تسهیل می‌کند[۷]. در طی سال‌های اخیر، تکنولوژی BIM مراحل مختلفی از بلوغ را طی کرده است. سطوح مختلف BIM به شرح زیر می‌باشند: سطح صفر بیانگر طراحی توسط کَد دوبعدی است، سطح یک در واقع ارتقای سطح صفر به کَد سه‌بعدی می‌باشد و سطح دو، BIM مشارکتی خوانده می‌شود که در آن طرفین پروژه روی مدل‌های کَد سه‌بعدی (مدل‌ها ضرورتا واحد و به اشتراک گذاشته شده نیستند) کار می‌کنند و اطلاعات بین طرفین در قالب فایل‌های داده‌ای با فرمت یکسان (مانند IFC و یا COBie) مبادله می‌شوند. در نهایت، سطح سه که BIM یکپارچه نامیده می‌شود، با مشارکت طرفین پروژه، مدل واحد به اشتراک گذاشته‌شده و توسعه داده می‌شود. در این سطح تمامی افراد با توجه به سیاست‌های قراردادی، تا حدودی به استفاده و ارتقاء مدل دسترسی دارند[۳, ۱۱].

۲-۲- موانع پیاده‌سازی BIM در تحقیقات پیشین

از ابتدای پیدایش تکنولوژی BIM، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌ی بهبود ویژگی‌های تکنیکی و توسعه‌ی کاربرد آن در بخش‌های مختلف صنعت معماری، مهندسی و ساخت (AEC) به انجام رسیده است. سانتس و همکاران[۱۲] ضمن مرور تحقیقات صورت‌گرفته در زمینه‌ی BIM در طول سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵، این تحقیقات را در نه دسته‌ی کلی تقسیم‌بندی کرده‌اند که به ترتیب فراوانی مقالات، به شرح زیر می‌باشند: ۱) محیط‌های مشارکتی و interoperability، ۲) ساخت پایدار، ۳) پذیرش و استانداردسازی BIM، ۴) برنامه‌نویسی BIM، ۵) پردازش تصویر، اسکن لیزری و واقعیت افزوده، ۶) مدیریت تسهیلات و تحلیل ایمنی، ۷) مدیریت ساخت، ۸) مقالات مروری و ۹) BIM و اطلاعات فضایی.

مقالات مربوط به دسته‌ی پذیرش و استانداردسازی BIM که در رده‌ی سوم مقالات منتشر شده از ابتدای پیدایش این تکنولوژی قراردارند، به مسائلی چون ارزیابی پذیرش BIM می‌پردازند که در این بخش یکی از ریشه‌ای‌ترین موضوعات، موانع پیاده‌سازی و ریسک‌های ذاتی تکنولوژی BIM است[۱۲]. در این تحقیق منظور از موانع پیاده‌سازی BIM، عواملی هستند که می‌توانند از بکارگیری BIM ممانعت به‌عمل آورند، یا موفقیت پروژه‌های برپایه‌ی BIM را به خطر بیاندازند و یا عدم‌قطعیت در عملکرد پروژه را افزایش دهند.

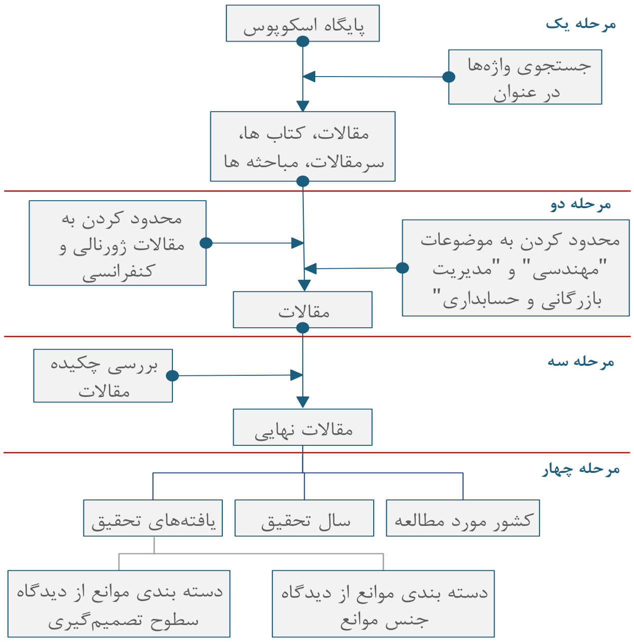
در سال‌های اخیر، تعدادی از مقالات به مرور تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی موانع بکارگیری BIM پرداخته‌اند. برای مثال سان و همکاران[۱۰] طی بررسی پیشینه‌ی پژوهش مربوط به این موضوع در سال ۲۰۱۵، ۲۲ مانع را شناسایی و در پنج گروه تکنولوژی، هزینه، مدیریت، پرسنل و قانونی دسته‌بندی کرده‌اند. علاوه بر این، ژانگ و همکاران[۱۳] در طی بررسی پیشینه‌ی پژوهش موانع بکارگیری BIM، ۴۱ مانع جهانی را شناسایی و در چهار گروه تکنولوژی، هزینه، بهره‌برداری و قانون دسته‌بندی کرده‌اند. چیین و همکاران [۷]، در بررسی موانع بکارگیری BIM، "فقدان پرسنل ماهر و آموزش دیده" و "کافی نبودن تجربه‌ی پروژه" را به عنوان رایج‌ترین و تاثیرگذارترین عوامل بیان می‌کنند. از سوی دیگر، چیین و همکاران[۷] نشان دادند که موانع بهره‌وری BIM از دیدگاه طرف‌های درگیر در پروژه متفاوت است؛ به‌عنوان مثال، دغدغه‌ی اصلی مشاوران "فقدان استانداردهای BIM" و نگرانی اصلی پیمانکاران "تبادل اطلاعات ناکارآمد" و "دشواری‌های مدیریت فرآیندهای تغییرات"

می‌باشد. همچنین ژائو و همکاران[۱۴]، "عدم کفایت دانش و تخصص مربوطه"، "مسائل تکنولوژیکی"، "مسائل مالکیت داده" و "مشارکت و به اشتراک‌گذاری ضعیف داده" را از مهم‌ترین موانع توسعه‌ی این تکنولوژی برشمرده‌اند. با توجه به گسترش روز افزون کاربرد BIM و ابزارهای آن در صنعت AEC و ایجاد مشکلات و موانع جدید، شناسایی موانع جدیدی که پیش‌روی پیاده‌سازی BIM قرار دارند، امری ضروری است. همچنین جهت ارائه‌ی راهکار برای رفع این موانع، پیش از هر چیز باید متولیان رفع موانع شناسایی شوند. بنابراین این مقاله علاوه بر شناسایی موانع پیاده‌سازی BIM، به تقسیم‌بندی آن‌ها از لحاظ سطوح تصمیم‌گیری جهت رفع موانع می‌پردازد.

۳- روش شناسی

در این مقاله جهت بررسی موانع پیاده‌سازی BIM، از رویکرد مرور پیشینه‌ی پژوهش استفاده شده است. در مرحله‌ی اول، مقالات مورد نظر جهت بررسی موانع بهره‌گیری از BIM، با استفاده از جستجوی کلیدواژه‌های "BIM" یا "Building Information Modeling" و "Barrier" یا "Obstacle" یا "Risk Factor" در عنوان مقالات، از پایگاه اسکوپوس[۲۱] جمع‌آوری شدند. سپس در مرحله‌ی دوم، مقالات یافت‌شده با استفاده از گزینه‌های محدودکننده‌ی مقالات ژورنالی و کنفرانسی و همچنین مجلات مربوط به موضوعات "مهندسی" یا "مدیریت بازرگانی و حسابداری" فیلتر شدند. در مرحله‌ی سوم پس از بررسی چکیده‌ی مقالات، تعدادی از مقالات نامرتبط با موضوع حذف شدند؛ برای مثال تیان و همکاران[۱۵] مقاله‌ای تحت عنوان موانع اطلاعاتی درکاربرد BIM مشارکتی در کارگاه منتشر نمودند که شامل کلید واژه‌های موردنظر است، ولی در راستای این تحقیق مفید نبوده و در فرآیند بررسی دقیق مقالات حذف شد. در نتیجه، مجموعا ۲۳ مقاله‌ی مرتبط با موانع پیاده‌سازی BIM باقی ماند. در مرحله‌ی آخر، این مقالات از نظر سال انتشار و کشور مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گرفتند. در بررسی متن دقیق این مقالات، در مجموع ۶۴ مانع پیدا شد که از میان آن‌ها، تنها موانعی که در بیش از یک مقاله ذکر شده بودند در لیست منتخب قرار گرفتند. لیست منتخب شامل ۴۹ مانع است که در بخش‌های بعدی مقاله ارائه خواهد شد. شکل ۱ نمایشگر مراحل مختلف این تحقیق است.

[21] Scopus

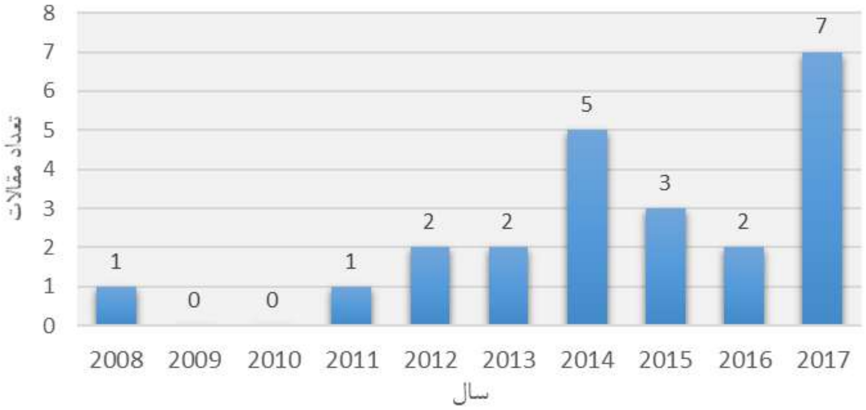


شکل ۱- مراحل انجام تحقیق

۴- نتایج

۴-۱-توزیع سالیانه‌ی مقالات موانع پیاده‌سازی BIM

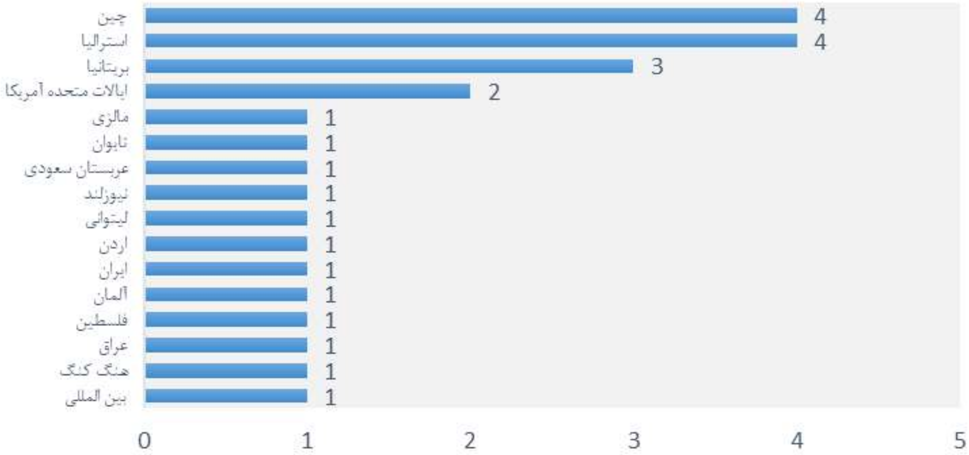
با توجه به نوظهور بودن تکنولوژی BIM، پیش از سال ۲۰۰۸ مقاله‌ای درباره‌ی موانع پیاده‌سازی BIM منتشر نشده است. از سال ۲۰۰۸ با آغاز بکارگیری گسترده‌ی این تکنولوژی، توجه محققان به این موضوع جلب شده است. شکل ۲ نمایشگر توزیع این مقالات بر اساس سال می‌باشد. مطابق این شکل، بیشترین چاپ مقالات در این زمینه به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۷ با ۷ مقاله و ۲۰۱۴ با ۵ مقاله بوده است. روند افزایشی این مقالات در سال ۲۰۱۷، نشان‌دهنده‌ی گسترش BIM و پدیدآمدن مشکلات جدیدی در زمینه‌ی پیاده‌سازی آن است. لذا صنعت ساخت بیش از پیش به راهکارهایی جهت پیاده سازی موفق BIM نیازمند است.



شکل۲- توزیع سالانه‌ی مقالات

۲-۴- توزیع مقالات موانع پیاده‌سازی BIM در کشورهای جهان

تعداد مقالات منتشر شده در یک کشور درباره‌ی یک موضوع خاص، اغلب با میزان پیشرفت صنعت و سیاست‌گذاری‌ها در حیطه‌ی آن موضوع ارتباط دارد [۱۶]. بنابراین، جهت تعیین کشورهای با بیشترین تعداد مقالات درباره‌ی موانع پیاده‌سازی BIM، پس از بررسی دقیق متن مقالات، از روش ساده‌ی شمارش کشورهای مورد مطالعه استفاده شده است. شکل ۳، نمایشگر کشورهای مورد مطالعه و تعداد مقالات مربوطه است. این شکل نشان می‌دهد بیشترین کشورهای مورد مطالعه، چین و استرالیا هر یک با ۴ مقاله و پس از آن بریتانیا و ایالات متحده به ترتیب با ۳ و ۲ مقاله بوده‌اند.



شکل۳- توزیع مقالات در کشورهای جهان

۵- بحث

همانطور که در بخش روش تحقیق اشاره گردید، از بررسی ۲۳ مقاله‌ی یافت شده در زمینه‌ی موانع پیاده‌سازی BIM، ۴۹ مانع شناسایی گردید. همان‌طور که می‌دانید هدف اصلی شناسایی موانع پیاده‌سازی BIM، چاره‌اندیشی برای کاهش و رفع آن‌هاست. در راستای این هدف، یکی از ابزارهای موثر، دسته‌بندی این موانع است. بنابراین در این بخش از مقاله، به دسته‌بندی موانع شناسایی شده از دو دیدگاه نوع موانع (مشابه مطالعات پیشین) و سطوح تصمیم‌گیری رفع آن‌ها پرداخته

خواهد شد. در نظر گرفتن این دو دیدگاه در دسته‌بندی موانع، مسئولین و سازمان‌ها را در جهت تصمیم‌گیری در جهت رفع آن‌ها یاری می‌کند. برای مثال، موانعی که در دسته‌ی تکنیکی قرار دارند، باید توسط مهندسان و متخصصان این تکنولوژی چاره‌اندیشی شوند و حتی باتجربه ترین مدیران نمی‌توانند گامی در جهت رفع آن‌ها بردارند. همچنین، مشکلاتی چون فقدان راهنماهای کاربردی پیاده‌سازی BIM، ریشه در فقدان نهادهای تخصصی در زمینهٔ BIM و نیز ضعف در سیاست‌گذاری دولت در این زمینه دارد و بنابراین رفع آن توسط تصمیم‌گیری‌های کلان دولتی/صنعتی امکان‌پذیر است. بنابراین در ادامه، موانع شناسایی شده با رویکرد پیش‌گفته مورد بررسی و دسته بندی قرار گرفتند.

۱-۵- دسته‌بندی موانع از دیدگاه نوع مانع

یک روش دسته‌بندی که مشابه آن در مطالعات پیشین، نظیر مقاله‌ی الرشیدی و همکاران[۳] و مقاله‌ی سان و همکاران[۱۰] دیده شده است، تقسیم‌بندی موانع به دسته‌های اجتماعی-سازمانی، اقتصادی، تکنیکی، قراردادی و قانونی است. ۴۹ مانع شناسایی شده، براساس همین دسته‌بندی و با ذکر جزئیات در جداول ۱ تا ۵ آورده شده‌اند. دسته‌ی موانع **اجتماعی-سازمانی** که ۲۱ مانع (۴۳ درصد کل موانع) را در بر دارد، شامل موانع مربوط به فرهنگ و خصوصیات مدیریت، کارکنان و ذینفعان می‌باشد. در این دسته به‌ترتیب "مقاومت در برابر تغییر"، "فقدان کاربران باصلاحیت و باتجربه"، "عدم تمایل مشتری برای بکارگیری BIM" و "تصور نادرست از کفایت استانداردها و روش‌های سنتی"، بیشترین درصد فراوانی را در میان سایر موانع این دسته به خود اختصاص داده‌اند. جدول ۱ شامل تمامی موانع این دسته می‌باشد. دسته‌ی موانع **تکنیکی** با ۱۳ مورد (۲۶ درصد کل موانع)، شامل موانع مربوط به قابلیت‌های ابزارهای BIM، مشکلات سازگاری در داده و مسایل IT می‌شود. در این دسته، موانع "مشکلات سازگاری در تبادل اطلاعات بین دیسیپلین های مختلف"، "بالغ نبودن/کاربردی نبودن ابزارهای BIM" و "مشکلات سازگاری در نرم افزارهای BIM"، به ترتیب بیشترین درصد فراوانی را در میان سایر موانع این دسته دارا می‌باشند. جدول ۲ شامل تمامی موانع این دسته می‌باشد.

- دسته‌ی موانع **قانونی** که شامل ۷ مورد (۱۴ درصد کل موانع) می‌باشد، به موانعی که قوانین حاکم در یک کشور، پیشِ روی پیاده‌سازی موفق BIM قرار می‌دهد، می‌پردازد. در این دسته "فقدان راهنماها و استانداردهای (الزام‌آور یا غیر الزام‌آور) کاربردی BIM"، "مالکیت مدل BIM شامل حق مالکیت معنوی و حق کپی" و "مسئولیت داده/مدل ناقص یا اشتباه"، به ترتیب بیشترین درصد فراوانی را در میان سایر موانع این دسته دارا می‌باشند. این موانع در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند.
- دسته‌ی موانع **اقتصادی** شامل ۶ مورد (۱۲ درصد کل موانع) است. این دسته به موانعی که مشکلات اقتصادی پیشِ روی پیاده‌سازی موفق BIM قرار داده‌اند، می‌پردازد. "هزینه‌ی اولیه‌ی BIM (راه اندازی یا ارتقای نرم افزار و سخت افزار)" و "هزینه‌ی آموزش BIM به کارکنان"، به ترتیب بیشترین درصد فراوانی را در میان سایر موانع این دسته دارند. جدول ۴ شامل تمامی موانع این دسته می‌باشد.
- در دسته‌ی موانع **قراردادی** که شامل ۲ مورد (۴ درصد کل موانع ذکرشده در مقالات) است به دو عامل "فقدان فرمت‌های استاندارد برای قراردادهای BIM" و "فقدان توجه به جنبه‌های مختلف BIM در قراردادهای کنونی" اشاره شده است که در جدول ۵ آمده‌اند.

لازم به ذکر است که عامل "هزینه‌ی اولیه‌ی BIM (راه اندازی یا ارتقای نرم افزار و سخت افزار)" در دستهٔ موانع اقتصادی با فراوانی ۷۰ درصد، شاخص‌ترین مانع در کل موانع پیاده‌سازی BIM است. همچنین عامل "فقدان راهنماها و استانداردهای (الزام آور یا غیر الزام آور) کاربردی BIM" که در دستهٔ موانع قانونی طبقه‌بندی شده است، دومین مانع شاخص با فراوانی ۶۵ درصد، در کل موانع پیاده‌سازی BIM است. سومین مانع شاخص،"مقاومت در برابر تغییر" با فراوانی ۵۷ درصد است که در دسته‌ی موانع اجتماعی-سازمانی طبقه‌بندی شده است.

۲-۵- دسته‌بندی موانع از دیدگاه سطوح تصمیم‌گیری

دسته‌بندی موانع پیاده‌سازی BIM از منظر نوع این موانع، روش مناسبی برای سازمان‌دهی آن‌هاست؛ گرچه ارائه‌ی راهکارهایی جهت رفع این موانع تنها زمانی امکان‌پذیر است که دسته‌بندی از دیدگاه متولیان رفع این موانع نیز انجام شود. به همین علت در این مقاله، ۴۹ مانع یافت شده در سه سطح دولتی/صنعتی، سازمانی و بین‌سازمانی تقسیم‌بندی شده‌اند.

در سطح تصمیم‌گیری **دولتی/صنعتی**، موانعی که رفع آن‌ها با تصمیم‌گیری‌های کلان یا سیاست‌گذاری‌های دولت و انجمن‌های صنفی وابسته به صنعت ممکن است، گنجانده شده‌اند. سطح تصمیم‌گیری **سازمانی**، به موانعی اشاره دارد که یک سازمان برای تصمیم‌گیری در مورد پیاده‌سازی BIM در سازمان خود و بکارگیری آن در پروژه‌هایش با آن روبروست و می‌بایست در مورد آن تصمیم‌گیری نماید. همچنین موانعی که در زمان همکاری چند سازمان مانند کارفرما، مشاور و پیمانکار پیشِ روی پیاده‌سازی موفق BIM قرار می‌گیرند باید در سطح تصمیم‌گیری **بین سازمانی** و با همکاری این سازمان‌ها چاره‌جویی شود. جدول ۶ دسته‌بندی موانعی که در بیش از ۲۰ درصد مقالات ذکر شده بودند را از دیدگاه سطح تصمیم‌گیری نشان می‌دهد.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بسیاری از موانع پیاده‌سازی موفق BIM در زیرساخت‌های صنعت ساخت ریشه دارد. زیرساخت‌های صنعت ساخت شامل زیرساخت‌های قانونی و قراردادی مانند ارائه‌ی راهنماها و استانداردهای کاربردی BIM و انتشار فرمت‌های قراردادی استاندارد، زیرساخت‌های سازمانی-اجتماعی چون ترویج فرهنگ استفاده از این تکنولوژی در سازمان‌ها، افزایش انگیزه برای استفاده از BIM و افزایش درک BIM برای مدیران ارشد و غیره می‌شود که تحقق آنها تنها به دست دولت‌ها امکان‌پذیر است. در سازمانی که برای انجام پروژه‌های خود درصدد بکارگیری BIM می‌باشد، مسائلی مانند عدم آگاهی و حمایت مدیران ارشد از BIM، دشواری‌های یادگیری BIM برای کارکنان و نیاز به صرف زمان، تلاش و خلاقیت بیشتر از جمله مواردی هستند که از پیاده‌سازی موفق BIM ممانعت به‌عمل می‌آورند. بنابراین جهت پیاده‌سازی BIM، موانع ذکرشده باید در سطح تصمیم‌گیری سازمانی چاره‌جویی شود. همچنین مانعی چون مشارکت ضعیف بین طرفین پروژه باید در سطح بین‌سازمانی مورد بررسی قرار گیرد.

جدول 1 - موانع دسته‌ی اجتماعی-سازمانی

موانع	شناسه‌ی مقالات																							فراوانی
	[31]	[3]	[30]	[29]	[28]	[27]	[14]	[26]	[25]	[6]	[24]	[10]	[23]	[13]	[22]	[7]	[21]	[20]	[19]	[18]	[17]	[8]	[9]	
مقاومت در برابر تغییر	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓								✓	۱۳
فقدان کاربران باصلاحیت و باتجربه			✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓	✓			۱۲
عدم تمایل مشتری برای بکارگیری BIM	✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓				✓		✓		✓					۱۰
تصور نادرست از کفایت استانداردها و روش‌های سنتی		✓			✓			✓	✓		✓		✓					✓	✓				✓	۹
نیاز به زمان، تلاش و خلاقیت بیشتر	✓		✓			✓					✓			✓		✓			✓			✓		۸
فقدان آموزش BIM		✓			✓				✓		✓			✓			✓		✓					۷
دشواری‌های یادگیری BIM					✓				✓	✓	✓							✓		✓			✓	۷
مشکلات فرآیندهای کاری BIM												✓		✓	✓	✓			✓		✓	✓		۷
فقدان درک صحیح از BIM	✓	✓				✓								✓						✓	✓			۶
فقدان دانش تخصصی کاربران BIM		✓			✓		✓		✓					✓					✓					۶
بی‌اعتمادی نسبت به تکنولوژی BIM		✓										✓	✓	✓				✓						۵
فقدان انگیزه بخاطر مشخص نبودن مزایای استفاده از BIM		✓							✓		✓	✓		✓										۵
مشارکت ضعیف بین طرف‌های پروژه							✓	✓						✓	✓						✓			۵
عدم آگاهی و حمایت مدیریت ارشد									✓	✓		✓				✓		✓						۵
عدم تمایل پیمانکار/مشاور برای استفاده از BIM			✓						✓		✓								✓					۴
ارتباطات ضعیف بین طرفین پروژه							✓			✓				✓							✓			۴
تجربه ناکافی در استفاده از BIM														✓		✓		✓						۳
بی میلی نسبت به اشتراک‌گذاری اطلاعات							✓							✓										۲
اجتناب/مخفی کردن ریسک‌های بالقوه و مسئولیت اشتباهات		✓						✓																۲
دشواری‌های مدیریت تغییرات فرآیندها براساس BIM																✓					✓			۲

طبیعت گسسته‌ی صنعت ساخت	✓ ✓	۲

جدول2 – موانع دسته‌ی تکنیکی

موانع	شناسه مقالات																						فراوانی
	[31]	[3]	[30]	[29]	[28]	[27]	[14]	[26]	[25]	[6]	[24]	[10]	[23]	[13]	[22]	[7]	[21]	[20]	[19]	[18]	[17]	[8]	[9]	
مشکلات سازگاری در تبادل اطلاعات بین دیسیپلین‌های مختلف	✓	✓					✓					✓				✓	✓	✓		✓		✓		۹
بالغ نبودن/کاربردی نبودن ابزارهای BIM		✓			✓				✓			✓		✓	✓				✓					۷
مشکلات سازگاری در نرم افزارهای BIM				✓				✓				✓			✓	✓						✓		۶
پایین بودن امنیت و قابلیت اعتماد تکنولوژی BIM		✓										✓	✓	✓				✓						۵
فقدان پروتکل‌های BIM							✓	✓				✓	✓											۴
فقدان مکانیزم‌های به اشتراک‌گذاری داده		✓			✓									✓										۳
کیفیت پایین داده و مدل BIM							✓							✓						✓				۳
مشکلات امنیتی و دسترسی به داده	✓						✓							✓										۳
موجود نبودن استانداردها و فرمت‌های داده‌ای سازگار	✓																			✓		✓		۳
فقدان مکانیزم‌های کنترل نسخه‌بندی، بررسی و ردیابی داده		✓					✓																	۲
دشواری‌های مدیریت مدل و نیاز به مدیریت داده پیچیده												✓				✓								۲
سودمند نبودن نرم افزارهای محلی														✓	✓									۲
عدم وجود parametric library			✓		✓																			۲

جدول3 – موانع دسته‌ی قانونی

موانع	شناسه‌ی مقاله																							فراوانی
	[31]	[3]	[30]	[29]	[28]	[27]	[14]	[26]	[25]	[6]	[24]	[10]	[23]	[13]	[22]	[7]	[21]	[20]	[19]	[18]	[17]	[8]	[9]	
مالکیت مدل : مالکیت معنوی و حق کپی	✓	✓	✓				✓			✓		✓	✓	✓	✓		✓				✓	✓		۱۲
مسئولیت داده/مدل ناقص یا اشتباه	✓	✓					✓			✓					✓	✓	✓					✓		۸
فقدان راهنمایی و حمایت دولت						✓					✓						✓							۳
فقدان جواز حرفه‌ای برای استفاده از BIM							✓			✓												✓		۳
فقدان قوانین برای BIM مشارکتی		✓	✓																			✓		۳
عدم پوشش کار مشارکتی در بیمه		✓										✓												۲
ناسازگاری با استانداردهای رایج در صنعت								✓					✓											۲

جدول4 – موانع دسته‌ی اقتصادی

موانع	شناسه مقاله																							فراوانی
	[31]	[3]	[30]	[29]	[28]	[27]	[14]	[26]	[25]	[6]	[24]	[10]	[23]	[13]	[22]	[7]	[21]	[20]	[19]	[18]	[17]	[8]	[9]	
هزینه‌ی اولیه BIM (راه اندازی یا ارتقای نرم افزار و سخت افزار)	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓			✓	✓		۱۶
هزینه‌ی آموزش BIM به کارکنان	✓	✓		✓	✓				✓	✓		✓	✓	✓							✓		✓	۱۱
بودجه‌ی محدود و هزینه اضافی BIM		✓					✓									✓	✓		✓	✓			✓	۷
بی‌اعتمادی نسبت به عدم بازگشت سرمایه					✓	✓												✓	✓				✓	۵
هزینه استخدام متخصصان و مشاوران		✓												✓				✓			✓			۴
عدم پوشش بیمه جبران خسارت		✓												✓			✓							۳

جدول5 – موانع دسته‌ی قراردادی

موانع	شناسه مقاله																							فراوانی
	[31]	[3]	[30]	[29]	[28]	[27]	[14]	[26]	[25]	[6]	[24]	[10]	[23]	[13]	[22]	[7]	[21]	[20]	[19]	[18]	[17]	[8]	[9]	
فقدان فرمت‌های استاندارد قراردادهای BIM	✓						✓							✓			✓			✓				۵
فقدان توجه به جنبه‌های مختلف BIM در قراردادهای کنونی		✓			✓							✓					✓							۴

بسیاری از موانع پیاده‌سازی BIM تنها با چاره‌جویی در یک سطح رفع نمی‌شوند و نیازمند تلاش در سایر سطوح نیز می‌باشند. برای رفع موانعی چون هزینه‌ی اولیه BIM (راه اندازی یا ارتقای نرم افزار و سخت افزار)، مقاومت در برابر تغییر، فقدان کاربران باصلاحیت و با تجربه، هزینه‌ی آموزش BIM به کارکنان، تصور نادرست از کفایت استانداردها و روش‌های سنتی، فقدان دانش تخصصی BIM در میان کاربران، بی اعتمادی نسبت تکنولوژی BIM، پایین بودن امنیت و قابلیت اعتماد تکنولوژی BIM و نیز بی‌اعتمادی نسبت به عدم بازگشت سرمایه، ابتدا باید در سطح دولتی/صنعتی و سپس در سطح سازمانی چاره‌اندیشی شود.

جدول6 – دسته‌بندی سطح تصمیم گیری

موانع	درصد فراوانی	دسته بندی	سطوح تصمیم گیری
هزینه‌ی اولیه‌ی BIM (راه اندازی یا ارتقای نرم افزار و سخت افزار)	۷۰	مالی	دولتی/صنعتی و سازمانی
فقدان راهنماها و استانداردهای (الزام آور یا غیر الزام آور) کاربردی BIM	۶۵	قانونی	دولتی/صنعتی
مقاومت در برابر تغییر	۵۷	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی و سازمانی
فقدان کاربران باصلاحیت و با تجربه	۵۲	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی و سازمانی
مالکیت مدل : مالکیت معنوی و حق کپی	۵۲	قانونی	دولتی/صنعتی و بین سازمانی
هزینه‌ی آموزش BIM به کارکنان	۴۸	مالی	دولتی/صنعتی و سازمانی
عدم تمایل مشتری برای بکارگیری BIM	۴۳	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی
تصور نادرست از کفایت استانداردها و روش‌های سنتی	۳۹	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی و سازمانی
مشکلات سازگاری در تبادل اطلاعات بین دیسیپلین‌های مختلف	۳۹	تکنیکی	دولتی/صنعتی و بین سازمانی
مسئولیت داده/مدل ناقص یا اشتباه	۳۵	قانونی	دولتی/صنعتی و بین سازمانی
نیاز به زمان، تلاش و خلاقیت بیشتر	۳۵	اجتماعی-سازمانی	سازمانی
فقدان آموزش BIM	۳۰	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی
دشواری‌های یادگیری BIM	۳۰	اجتماعی-سازمانی	سازمانی
مشکلات فرآیندهای کاری BIM	۳۰	اجتماعی-سازمانی	سازمانی و بین سازمانی
بالغ نبودن/کاربردی نبودن ابزارهای BIM	۳۰	تکنیکی	دولتی/صنعتی
بودجه‌ی محدود پروژه‌ها و هزینه اضافی BIM	۳۰	مالی	سازمانی و بین سازمانی
فقدان درک صحیح از BIM	۲۶	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی
فقدان دانش تخصصی کاربران BIM	۲۶	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی و سازمانی
مشکلات سازگاری در نرم‌افزارهای BIM	۲۶	تکنیکی	دولتی/صنعتی و بین سازمانی
فقدان انگیزه بخاطر مشخص نبودن مزایای استفاده از BIM	۲۲	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی
مشارکت ضعیف بین طرف‌های پروژه	۲۲	اجتماعی-سازمانی	بین سازمانی
عدم آگاهی و حمایت مدیریت ارشد از BIM	۲۲	اجتماعی-سازمانی	سازمانی
بی اعتمادی نسبت به تکنولوژی BIM	۲۲	اجتماعی-سازمانی	دولتی/صنعتی و سازمانی
پایین بودن امنیت و قابلیت اعتماد تکنولوژی BIM	۲۲	تکنیکی	دولتی/صنعتی و سازمانی
بی اعتمادی نسبت به عدم بازگشت سرمایه	۲۲	مالی	دولتی/صنعتی و سازمانی
فقدان فرمت‌های استاندارد برای قراردادهای BIM	۲۲	قراردادی	دولتی/صنعتی

همچنین برخی از موانع، از جمله مالکیت مدل BIM شامل حق مالکیت معنوی و حق کپی، مشکلات سازگاری در تبادل اطلاعات بین دیسیپلین های مختلف، مسئولیت داده/مدل ناقص یا اشتباه، مشکلات سازگاری در نرم افزارهای BIM، در مرحله‌ی اول باید در سطح دولتی/صنعتی و در مرحله‌ی دوم در سطح بین‌سازمانی مورد بررسی قرار گیرند. در پایان موانعی وجود دارند که پس از رفع آن‌ها در سطح سازمانی باید نسبت به رفع این موانع در سطح بین‌سازمانی اقدام گردد. از جمله‌ی این موانع می‌توان به مشکلات فرآیندهای کاری BIM و بودجه‌ی محدود پروژه‌ها و هزینه اضافی BIM اشاره کرد.

مطابق جدول ۶، سطح تصمیم‌گیری دولتی/صنعتی بیشترین مسئولیت را برای رفع موانع پیشِ روی پیاده‌سازی موفق BIM برعهده دارد.

۶- نتیجه گیری

با توجه به گسترش روز افزون BIM در جهان، رشد آهسته‌ی این تکنولوژی در برخی مناطق از جمله ایران سبب بروز نگرانی‌های بسیاری در این زمینه شده است. برای بکارگیری صحیح و موفق BIM، پیش از هر اقدامی، شناسایی موانع پیاده‌سازی آن امری ضروری است. در این مقاله، طی بررسی ۲۳ مقاله‌ی مربوط به موانع پیاده‌سازی BIM که بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ در کشورهایی چون چین، استرالیا، بریتانیا و ایالات متحده منتشر شده‌اند، ۴۶ مانع شناسایی شد. همچنین موانع شناسایی شده از دو دیدگاه جنس موانع و سطح تصمیم‌گیری برای رفع آن‌ها دسته بندی شدند. در دیدگاه اول، موانع به سه دسته‌ی اجتماعی-سازمانی، اقتصادی، تکنیکی، قراردادی و قانونی تقسیم‌بندی شدند. ولی این دسته‌بندی با وجود سازمان‌دهی موانع، در جهت رفع آن‌ها کافی نیست؛ از این‌رو در دیدگاه دوم، موانع از نظر متولی رفع آن‌ها در سطوح تصمیم‌گیری دولتی/صنعتی، سازمانی و بین‌سازمانی نیز تقسیم‌بندی شده‌اند. "هزینه‌ی اولیه BIM (راه اندازی یا ارتقای نرم افزار و سخت افزار)" با قرارگیری در دو سطح دولتی/صنعتی، سازمانی ، "فقدان راهنماها و استانداردهای (الزام آور یا غیر الزام آور) کاربردی BIM" با قرارگیری در سطح دولتی/صنعتی ، "مقاومت در برابر تغییر" و " فقدان کاربران باصلاحیت و با تجربه" با جایگیری در سطح دولتی/صنعتی و سازمانی و " مالکیت مدل : حق مالکیت معنوی و حق کپی" با جایگیری در سطح دولتی/صنعتی و بین سازمانی به ترتیب شاخص‌ترین مواردی بودند که از پیاده‌سازی صحیح BIM ممانعت به‌عمل می‌آورند. انتظار می‌رود نتایج این مطالعه بتواند بستر لازم جهت انجام مطالعات بومی در زمینهٔ موانع بکارگیری BIM در کشور ایران را فراهم آورد.

منابع و مراجع

۱. Jung, W. and G. Lee, *The status of BIM adoption on six continents.* International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, 2015. **9**(5): p. 444-448.

۲. Mehran, D., *Exploring the Adoption of BIM in the UAE Construction Industry for AEC Firms.* Procedia Engineering, 2016. **145**: p. 1110-1118.

۳. Alreshidi, E., M. Mourshed, and Y. Rezgui, *Factors for effective BIM governance.* Journal of Building Engineering, 2017. **10**: p. 89-101.

٤. Zhou, Y., et al., *Formulating project-level building information modeling evaluation framework from the perspectives of organizations: A review.* Automation in Construction, 2017. **81**: p. 44-55.

٥. Bryde, D., M. Broquetas, and J.M. Volm, *The project benefits of building information modelling (BIM).* International journal of project management, 2013. **31**(7): p. 971-980.

٦. Liu, S., et al., *Critical barriers to BIM implementation in the AEC industry.* International Journal of Marketing Studies, 2015. **7**(6): p. 162.

۷. Chien, K.-F., Z.-H. Wu, and S.-C. Huang, *Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study.* Automation in Construction, 2014. **45**: p. 1-15.

۸. Azhar, S., *Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry.* Leadership and management in engineering, 2011. **11**(3): p. 241-252.

۹. Yan, H. and P. Demian, *Benefits and barriers of building information modelling.* 2008.

۱۰. Sun, C., et al., *A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry.* Technological and Economic Development of Economy, 2017. **23**(5): p. 764-779.

۱۱. Ozorhon, B. and U. Karahan, *Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation.* Journal of Management in Engineering, 2016. **33**(3): p. 04016054.

۱۲. Santos, R., A.A. Costa, and A. Grilo, *Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015.* Automation in Construction, 2017.

۱۳. Zhang, S.X. and Y.R. Hu. *The analysis of barriers of development of China's construction industry BIM*. in *Advanced Materials Research*. 2014. Trans Tech Publ.

۱٤. Zhao, X., et al., *Modelling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects.* Architectural Science Review, 2017. **60**(6): p. 472-482.

۱٥. Tian, Q. and X. Xue, *Information Barriers in BIM Collaborative Application on Site*, in *ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology*. 2014. p. 246-255.

۱٦. Osei-Kyei, R. and A.P. Chan, *Review of studies on the Critical Success Factors for Public–Private Partnership (PPP) projects from 1990 to 2013.* International Journal of Project Management, 2015. **33**(6): p. 1335-1346.

۱۷. Newton, K. and N. Chileshe, *Enablers and Barriers of Building Information Modelling (BIM) Within South Australian Construction Organisations*. 2011, University of New South Wales.

۱۸. Von Both, P., V. Koch, and A. Kindsvater. *Potential and barriers for implementing BIM in the German AEC market*. in *14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Moscow, Russia,(27-29 June 2012)*. 2012.

۱۹. Zuhairi, A.H., et al., *Exploring the barriers and driving factors in implementing building Information Modelling (BIM) in the malaysian construction industry-a preliminary study.* 2014.

۲۰. Migilinskas, D., et al., *The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation.* Procedia Engineering, 2013. **57**: p. 767-774.

۲۱. Chan, C.T., *Barriers of implementing BIM in construction industry from the designers' perspective: a Hong Kong experience.* Journal of System and Management Sciences, 2014. **4**(2): p. 24-40.

۲۲. Liu, H. and Q. Liu. *Research on the development barriers of BIM in China*. in *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Trans Tech Publ.

۲۳. Stanley, R. and D.P. Thurnell, *The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand.* Construction Economics and Building, 2014. **14**(1): p. 105-117.

۲٤. Kiani, I., et al., *Barriers to implementation of Building Information Modeling in scheduling and planning phase in Iran.* Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2015. **9**(5): p. 91-97.

۲۵. Enshassi, A., A. Ayyash, and R.M. Choudhry, *BIM for construction safety improvement in Gaza strip: awareness, applications and barriers.* International Journal of Construction Management, 2016. **16**(3): p. 249-265.

۲۶. Monozam, N., et al. *Barriers to Adopting Building Information Modelling (BIM) Within South Australian Small and Medium Sized Enterprizes*. in *Proceedings of the Fifth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries, Riga, Latvia*. 2016.

۲۷. Li, H., et al. *Barriers to building information modelling in the Chinese construction industry*. in *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*. 2017. ICE Publishing.

۲۸. BEKR, G.A., *EXPLORING BARRIERS IN IMPLEMENTING BUILDING INFORMATION MODELING: A PRELIMINARY STUDY*. 2017.

۲۹. Hamada, H.M., et al. *Factor Affecting of BIM Technique in the Construction Firms in Iraq*. in *MATEC Web of Conferences*. 2017. EDP Sciences.

۳۰. ALHUMAYN, S., E. CHINYIO, and I. NDEKUGRI, *THE BARRIERS AND STRATEGIES OF IMPLEMENTING BIM IN SAUDI ARABIA.* WIT Transactions on The Built Environment, 2017. **169**: p. 55-67.

۳۱. Oduyemi, O., et al., *The application and barriers of BIM in sustainable building design.* Journal of Facilities Management, 2017. **15**(1): p. 15-34.

پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و مدیریت ذینفعان در پروژه های ساخت و ساز

پدرام برازجانی[۱,*]، ریحانه رضائی[۲]، علی درویش[۳]، مسعود نوری محمدانی[۴]

*۱ و *- نویسنده مسوول: فوق لیسانس مدیریت پروژه و ساخت، مدیر مناقصات و قراردادهای شرکت دی،*
(pedramborazjani@yahoo.com)

۲- دانشجوی فوق لیسانس رشته مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه مهر البرز

۳- فوق لیسانس مهندسی عمران گرایش راه و ترابری، مدیرعامل شرکت دی

۴- لیسانس مهندسی عمران- عمران، معاون فنی و برنامه ریزی شرکت دی

چکیده

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در دهه گذشته بعنوان جریان کلیدی مرحله ساخت و ساز و تحقیقات مهندسی (عمران-معماری) در دنیا ظهور پیدا کرده است. BIM یک ارائه دیجیتالی از مشخصات و بعد فیزیکی تجهیزات می باشد که بعنوان یک تکنولوژی علاوه بر پروژه های ساختمانی می تواند در دیگر زمینه های ساخت و ساز بکار گرفته شود. به بیان دیگر BIM آمیزه ای از هنر و مهارت با دانش می باشد که بطور کاربردی جهت بهبود و پیشرفت مراحل پروژه از آن بهره گیری می شود. استفاده از BIM را بعنوان یک طرح عملیاتی به منظور هماهنگی و سازماندهی اقدامات برای دستیابی به هدف و تصمیم سازی می توان بیان کرد چنانچه به طور میانگین ۷۰٪ تا ۸۰٪ هزینه های ساخت و ساز توسط تصمیمات طراحان در مراحل اولیه طراحی تعیین می گردد. با ایجاد یک نگاه جامع از روند معماری، مهندسی و صنعت ساخت و ساز، کاهش هزینه ۷٪ ناشی از پیاده سازی BIM در پروژه های نمونه گزارش شده است. با پیشرفت و بکارگیری این تکنولوژی علاوه بر سه بعدی سازی (3D)، ابعاد دیگری همچون مدیریت زمان، هزینه، پایدار سازی، امکانات و دارایی ها در قالب مدل سازی اطلاعات ساختمان (هفت بعدی سازی) قرار گرفته است که در این مقاله با بررسی تحقیقات گذشته در دهه اخیر و تعیین حوزه های کاربرد و انجام مطالعه موردی در دو پروژه متفاوت از لحاظ مقیاس و هدف، پیاده سازی BIM در پروژه های ساخت و ساز به جهت ایجاد بهترین تأثیر در پروسه ساخت و مدیریت ذینفعان آن، بیان می گردد.

کلمات کلیدی : مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، پیاده سازی، مدیریت ذینفعان، سه بعدی سازی، هفت بعدی سازی

۱- مقدمه

مدل سازی اطلاعات ساختمان دارای ابعاد و مخاطبان بسیار می باشد که در پروژه ها با توجه به امکاناتی که در اختیار قرار می‌دهد دارای اهمیت می باشند. مدل سازی اطلاعات ساختمان علاوه بر مهندسین معمار و صنعت ساخت، به ذی نفعان پروژه نیز فرصت ها را پیشنهاد می کند (Mohammadali Heidari, 2013) و نقش آنها را در پروژه ها در نظر می گیرد. بر اساس مطالعات محققان فراموش کردن و یا در نظر نگرفتن ذینفعان در پروژه های مجموعه ای باعث شکست پروژه گردیده است(Kangas, 2011) . تیم پروژه تلاش های زیادی به جهت انتقال هرچه سریع تر پروژه انجام می دهد و در این راستا سازندگان به جهت دستیابی و ایجاد شفافیت در تعیین تاریخ های تحویل، سیاست و ابزارهای متعددی را بکار گرفتند که با استفاده از ابزارهای شبیه سازی (بعنوان مثال ۴ بعدی سازی) در دستیابی به کارایی ، کوتاه کردن زمان پروژه و بالا بردن کیفیت تصمیم گیری در برنامه ریزی، نتایج موثری حاصل شد (Alan Russell, 2008). مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه های نمونه از سال ۲۰۰۰ میلادی به منظور حمایت معماران و مهندسین در طراحی ساختمان معرفی گردید(H. Penttilä, 2007; Rebekka Volk, 2013).

بعد از یک دوره تحقیقات و توسعه بین المللی، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به حد کمال خود رسید (Mohammadali Heidari, 2013). در دهه گذشته به دلیل مزایای زیاد BIM و ایجاد صرفه جویی در منابع، زمان طراحی، برنامه ریزی و ساخت ساختمان جدید، علاقه استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان رو به افزایش قرار گرفت(D. Bryde, 2013; Rebekka Volk, 2013). در مراحل طراحی امروزه، مدل سازی اطلاعات ساختمان باعث ایجاد شبیه سازی واقعی از طرح در قدم های اولیه می شود (Mohammadali Heidari, 2013). تکنولوژی، برنامه های کاربردی، نرم افزارها در طی سالها بعنوان یک سیستم متفاوت در صنعت ساخت و ساز آشکار شدند. نمونه هایی از این موارد همچون BIM) – VIRTUAL CONSTRUCTION - COMPUTER INFORMATION INFORMATION TECHNOLOGY - 3D AUTO CAD -CONSTRUCTION) به منظور کمک و ایجاد فضای تعاملی بکار گیری اطلاعات و یکپارچه سازی عوامل و توابع در صنعت ساخت انتشار یافته است (Kristen Barlish, 2012). اهداف این اقدامات به منظور برآورد کلیه نیازهای پروژه و ایجاد اشتراک در بین اجزاء و عوامل آن بوده است. در بسیاری از مطالعات محققان به این نتیجه رسیده اند که نوع فرهنگ سازمانی می تواند اثرات مثبت و منفی بر اشتراک دانش، سلسله مراتب و تقسیم بندی مسئولیت ها و همچنین در مواردی ایجاد خلاقیت، رقابت و روابط جاری داشته باشد(Cavaliere, 2015).

۲- ادبیات تحقیق

توسعه سه بعدی سازی از سال ۱۹۷۰ میلادی با استفاده از نرم افزار CAD در صنایع مختلف ایجاد گردید(Rebekka Volk, 2013). این فرایند با توجه به پیشرفت ها به یک تکنیک مدل سازی تبدیل گردید. BIM یک تکنولوژی است با قابلیت بهبود شرایطی که زیرساخت ها مفهوم سازی و ساخت پذیر شوند(Weygant Robert S, 2011). مدل سازی اطلاعات ساختمان به جهت طراحی، برنامه ریزی و بازبینی اهداف عوامل ذی‌ربط می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. یکی از عوامل مهمی که باعث ایجاد تغییرات و اثرات مستقیم و غیر مستقیم بعدی آن در پروژه می گردد اختلاف بین عقاید و خواسته های ذینفعان می باشد(Aurangzeab Butt, 2016).

یک فرضیه معمول این است که BIM می تواند به جهت ترویج و بهبود ایمنی سایت و ساخت پذیری و یا بلعکس مورد استفاده قرار گیرد(Kristiina Sulankivi,۲۰۱۴). در مراحل اولیه، BIM به دلیل قابلیت ارائه المان‌ها به جای خطوط، برجسته شده بود که BIM سیر تکامل را بعنوان یک ابزار قدرتمند برای اجرای آنالیز مدل، کنترل برخورد المان‌ها، انتخاب متریال و مفهوم سازی کل پروژه پیش برد (Fernando G. Bañuelos Blanco, 2014). همچنین ارزیابی ساخت پذیری و برنامه ریزی ایمنی تقریبا بر اساس مدل های دو بعدی و دیگر مدارک بوده است. استفاده از BIM برای هر دو این موضوعات روند افزایشی را داشته است (Kristiina Sulankivi, 2014).

مدل سازی اطلاعات ساختمان یک تکنولوژی تبادل اطلاعات و چهار چوب همکاری و اشتراک است که ادغام و یکپارچگی دانش عاملان مختلف پروژه که به طور سنتی در فرایند مختلف ساخت و ساز مشغول بکارند را فراهم می کند (Sebastian, ۲۰۱۰). سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان از طراحی هایی که با تکنولوژی های هوشمند سازگار شده باشند پشتیبانی می کند(Mohammadali Heidari, 2013). BIM ، اطلاعات به هم پیوسته و پارامتریک در مورد ساختمان موجود و یک مجموعه از اسناد طراحی ذخیره شده در یک اطلاعات پایه می باشد، بطوریکه هر تغییری در مدل به باقیمانده پروژه در تمام ابعاد منعکس می گردد(Krygiel E,۲۰۰۸). در حال حاضر مدل سازی اطلاعات ساختمان نهایت سیر تکاملی طراحی، ساخت و تکنیک مدیریت برای توسعه مفهومی هر قطعه از زیر ساخت ها می باشد(Fernando G. Bañuelos Blanco, 2014). (شکل ۱) سطح بلوغ BIM را نمایش می دهد. در این شکل قابلیت زنجیره تامین ساخت و ساز درعمل و انتقال داده ها تعریف می گردد(Fernando G. Bañuelos Blanco, 2014).

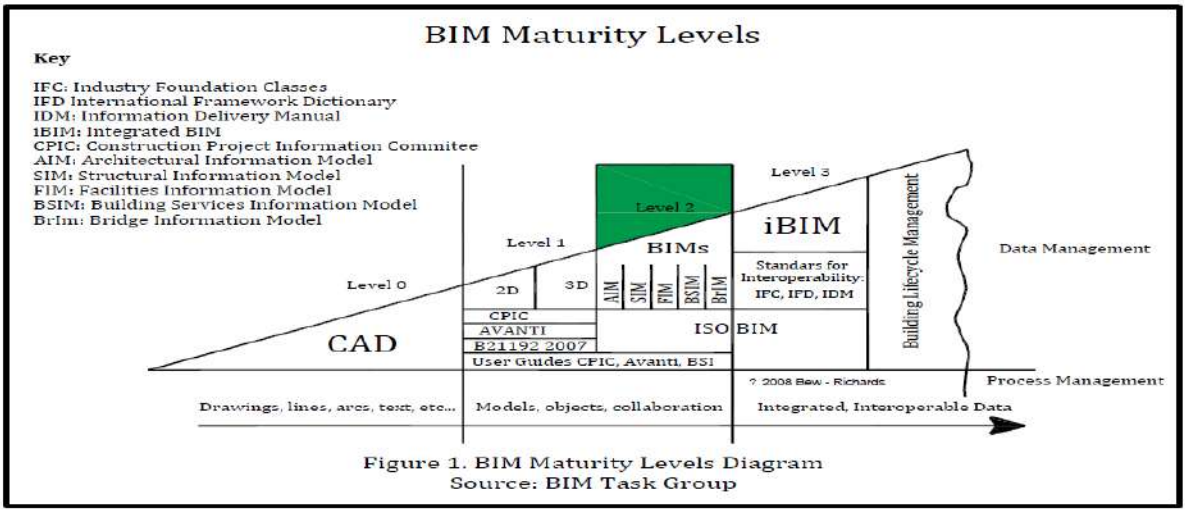


Figure 1. BIM Maturity Levels Diagram
Source: BIM Task Group

شکل(۱) سطح بلوغ BIM

با در اختیار گرفتن اطلاعات ارزشمند موجود در مدل سازی اطلاعات ساختمان، می توانیم بیشتر مراحل دسترسی به شرایط سایت پروژه که بر اساس برنامه های کاری دچار تغییرات می شوند و یا شبیه سازی عملیات ساخت و همچنین ارتقاء گزارشات و برنامه های دوره ای را به طور خودکار در آوریم(Kyungki Kim, 2013). با مقایسه پروژه های بهره مهند از تکنولوژی BIM و پروژه هایی که از این تکنولوژی استفاده ای نمی کنند مشخص گردید که پیاده سازی BIM توانایی و

دقت در مرحله طراحی را بالغ بر ۴۵٪ افزایش می دهد و همچنین در مرحله ساخت پروژه ها، هزینه مرحله ساخت به مقدار ۸.۶۱٪ کاهش خواهد یافت و با یک نگاه جامع بر معماری- مهندسی و ساخت، توسعه پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان بالغ بر ۶٪ صرفه جویی هزینه ای را در بر خواهد داشت(Weisheng Lu, 2014). مدل سازی اطلاعات ساختمان این پتانسل را دارد که در مراحل ابتدایی طراحی، طراحان پروژه را در انتخاب صحیح متریال راهنمایی نماید و همچنین تصمیات ضروری که اثرات بزرگی بر چرخه حیات ساختمان های پایدار را دارند اخذ نمایند(Farzad Jalaei, 2015). ابزار BIM توانایی کمک به طراحان به جهت شناخت گزینه های دیگر در مراحل ابتدایی طراحی را دارد و با انتقال اطلاعات و ابزارهای شبیه سازی امکان تسریع در آنالیز و اعتبار سنجی عوامل جایگزین را دارد. به عبارت دیگر با استفاده از ابزار BIM مالکان پروژه می‌توانند توسعه پروژه خود را در هر مرحله از ساخت با کیفیت بالاتر رصد نمایند(Farzad Jalaei, 2015). تیم پروژه با استفاده از مدل BIM فعالیت ها، میتواند میزان برداشت متریال و برخورد بین تجهیزات و فضاهای کاربری را کنترل نمایند(Farzad Jalaei, 2015).

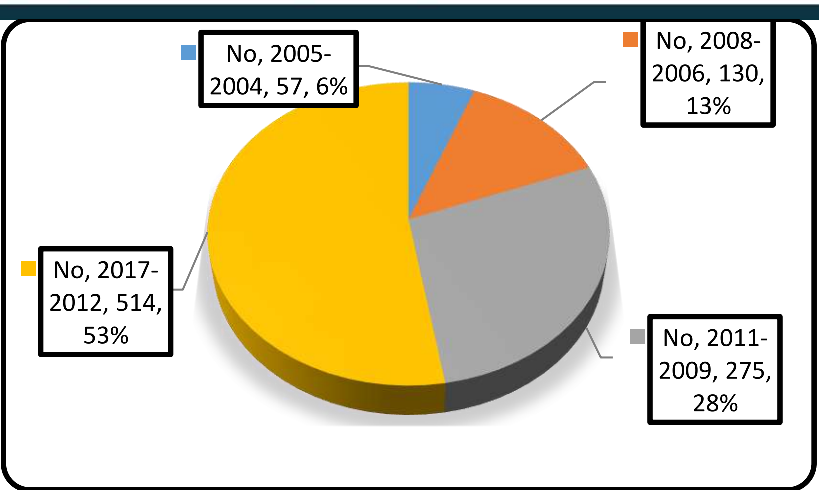
مدل سازی اطلاعات ساختمان بنا به دریافت افراد دارای معنی و کاربرد متفاوتی می باشد-Guillermo Aranda) Mena, 2009) که بصورت ذیل بیان می شود:

۱. برای عده ای BIM یک نرم افزار کاربردی می باشد.
۲. برای عده ای دیگر BIM یک روند برای طراحی و مستند سازی اطلاعات ساختمان می باشد.
۳. برای عده ای دیگر BIM همه آن اهداف جهت حرفه ای شدن می باشد که نیازمند پیاده سازی سیاست جدید ، قرارداد و روابط بین ذی نفعان است.

تکنولوژی BIM در بخش طراحی و مرحله ساخت بکار برده می شد که نیاز توسعه BIM فراتر از بخش طراحی و مرحله ساخت وجود دارد و توصیه می گردد که مدل سازی اطلاعات ساختمان در بخش مدیریت تأسیسات و تجهیزات و تعمیر و نگهداری بکار گرفته شود(Rui Liu, 2014). با توسعه مدل سازی اطلاعات ساختمان، امکان به اشتراک گذاری اطلاعات بین بخش طراحی و مدیریت تأسیسات بیشتر امکان پذیر خواهد بود. بنابر نتایج تحقیقات، تصمیمات مرحله طراحی حدوداً بر ۷۰٪ از هزینه های درروان حیات پروژه ها اثر دارد(Sebastian, 2010) ولی یک یافته مشهور از موسسه NITS(2004) در کشور آمریکا نشان داد که بیش از ۱۵.۸ میلیارد دلار آمریکا به دلیل کمبود اطلاعات در مدیریت راه اندازی تجهیزات از بین می رود که در بازخوردهای اخیر اداره خدمات عمومی حکم به ایجاد اطلاعات ساختمان با استفاده از تکنولوژی نرافزاری BIM داده است(Guillermo Aranda-Mena, 2009) .

۳- تاریخچه مطالعات

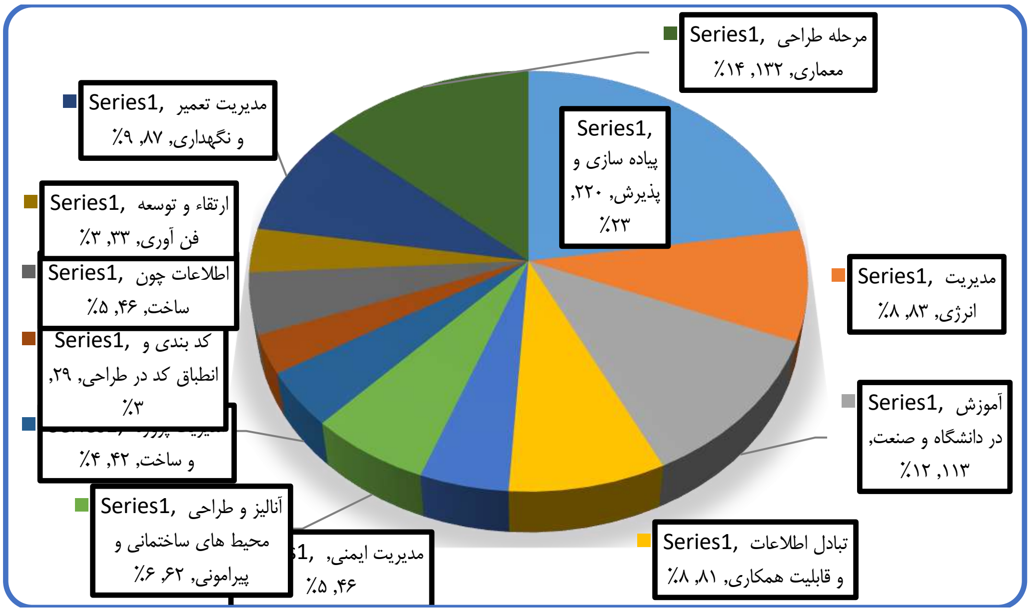
مدل سازی اطلاعات ساختمان بعنوان یک جریان کلیدی در ساخت و ساز و مهندسی عمران توسعه یافت و در یک دهه گذشته بطور چشمگیر مورد توجه محققان قرار گرفت و به همین نسبت رشد بسیار سریعی در انتشارات موضوعات مربوط به BIM انجام شد(Mehmet Yalcinkaya, 2015) که طبق مطالعات صورت‌گرفته بیش از ۵۰ ٪ مطالعات و انتشارت (نمودار ۱) در کمتر از ۵ سال گذشته انجام یافته است.



نمودار ۱ – رشد مطالعات در زمینه مدل سازی اطلاعات ساختمان

موضوعات متعددی در تحقیقات انجام شده مورد نظر محققان قرار گرفته است که عبارتند از پیاده سازی و پذیرش BIM، مدیریت ایمنی، مدیریت انرژی، تبادل اطلاعات و قابلیت همکاری، آموزش در دانشگاه و صنعت، مدیریت پروژه و ساخت، آنالیز و طراحی محیط های ساختمانی و پیرامونی، کد بندی و انطباق کد در طراحی، اطلاعات چون ساخت، ارتقاء و توسعه فن آوری، مدیریت تعمیر و نگهداری، مرحله طراحی معماری می باشد (نمودار ۲) که به طور خلاصه هسته اصلی مطالعات انتشار یافته توسط محققان در چهار حوضه کلی به شرح ذیل می باشد (Mehmet Yalcinkaya, 2015):

۱. پیاده سازی BIM در فازهای مختلف چرخه حیات پروژه
۲. آموزش BIM برای دانشجویان و کارآموزان همانند اعضاء و تیم حرفه ای پروژه
۳. طراحی و تجزیه تحلیل بر اساس BIM
۴. تکنولوژی BIM به منظور تبادل اطلاعات و ایجاد قابلیت همکاری



نمودار ۲ – موضوعات مطالعه شده در زمینه مدل سازی اطلاعات ساختمان

۴- متدولوژی تحقیق

در مورد تحقیقاتی به این شکل که نیازمند اطلاعات دسته اول و طبقه بندی شده می باشیم و عواملی همچون رفتارهای اجتماعی و فرهنگی و همچنین در موارد متعددی احساسات و عقیده های شخصی ممکن است بر موضوعات تاثیر گذار باشد تصمیم به جمع آوری و تحلیل داده ها به روش کیفی شده است. در این تحقیق دو مطالعه موردی از پروژه های اجرایی که شرایط مناسب با موضوع تحقیق را دارا بودند مورد ارزیابی قرار گرفت. انتخاب دو پروژه متفاوت از نظر حجم و سایز و همچنین کاربری را می توان اینگونه توضیح داد که در مورد اول "فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره)" با توجه به ماهیت متفاوت و همچنین گستردگی و حجیم بودن پروژه و مورد دوم "ساختمان مسکونی با معماری مدرن در شهر تهران" با توجه به کوچکی به دلیل اهمیت برای مالک و بهره برداران مورد ازیابی و انتخاب قرار گرفته است. تفاوت در نوع پروژه ها نحوه مدیریت ذینفعان و چالش های مربوطه را بهتر مورد ارزیابی قرار خواهد داد. مشخصات این دو مورد پروژه انتخابی در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

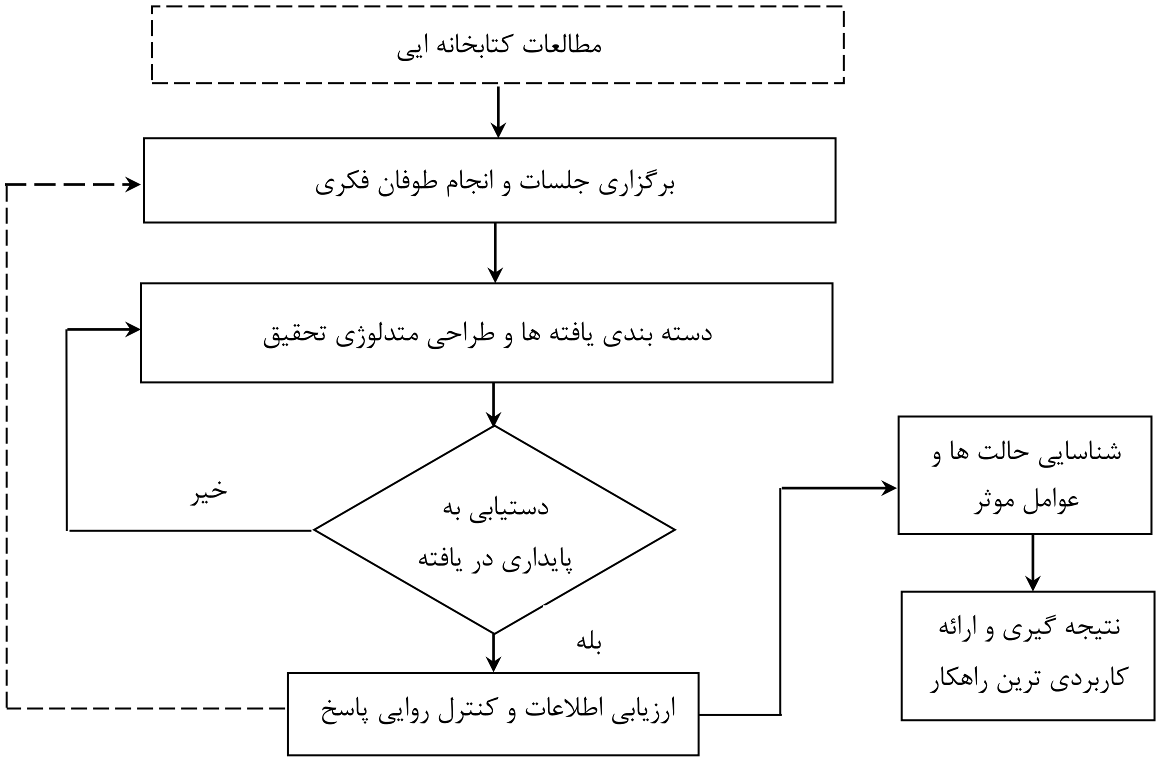
جدول شماره ۱- مقایسه شاخص های دو پروژه موردی

شاخص های پروژه	مورد ۱ فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره)	مورد ۲ ساختمان مسکونی روزن
هدف پروژه	استفاده از توان ترانزیتی ایران بین اروپا و آسیا	ایجاد بنایی با معماری مدرن
محدوده پروژه	تهیه متریال-ساخت PC	طراحی-نظارت-تهیه متریال-ساخت EPC
ابعاد پروژه	در یک سایت ۱۴ هزار هکتاری	زیر بنای ۳۵۰۰ متری
مدت اجرا	۱۰ سال	2 سال
ذینفعان کلیدی	پروژه ملی با طیف مخاطب متفاوت اجتماعی- سیاسی-ملی	مالک و بهره بردار-معماران تخصصی
میزان تحصیلات و سابقه اجرایی ذینفعان کلیدی	دارای سابقه تحصیلی و اجرایی متفاوت	سابقه تحصیلی بیشتر مهندسی با سابقه اجرایی متوسط
هدف قرارداد	پیشرفت حرفه ای در زمینه ساخت و ساز با رابطه بین کارفرما و پیمانکار	پیشرفت شغلی و ایجاد تنوع در علم مهندسی
موضوعات اجرایی قرارداد	احداث ترمینال مسافربری-باند پرواز-پارکینگ طبقاتی-تأسیسات یخ زدایی باند-محوطه سازی و تأسیسات پیرامونی- ساختمان های جنبی و تأسیسات وابسته	باز طراحی و بازسازی بنای مسکونی
نقش محققین در پروژه	مدیر پروژه- عضو اصلی تیم پروژه	مشاور پروژه-مدیر کنترل پروژه

۵- روش تحقیق و گردآوری اطلاعات

نویسندگان داده های تجربی برای این تحقیق را از این دو پروژه با ابعاد مختلف جمع آوری نموده اند. بنا بر این جمع آوری داده ها نتیجه مشاهدات، مشارکت، همکاری و بازخورد پروژه ها می باشد که در تولید اطلاعات دخل و تصرفی صورت نگرفته و در انتقال این داده ها تنها محدودیت های انتقال اطلاعات پروژه مد نظر بوده است.

اطلاعات آنالیز شده از حضور محققین و مشاهدات آنها در پروژه و جلسات با ذینفعان، مطالعه مکاتبات بین ارکان پروژه، تماس های تلفنی و ارتباطات از طریق ایمیل و در نهایت ایجاد طوفان فکری با اعضاء پروژه و سایر ذینفعان بوده است. در نمودار زیر که روند انجام تحقیق تشریح گردیده بعد از انجام مشارکت ها و طوفان فکری و دریافت بازخوردها، کنترل و دسته بندی بر یافته ها به منظور کسب پایداری انجام می پذیرد. در صورت عدم حصول این پایداری، روند اجرای کار مجدداً تا ایجاد یکپارچگی و اشباع یافته ها تکرار خواهد گردید



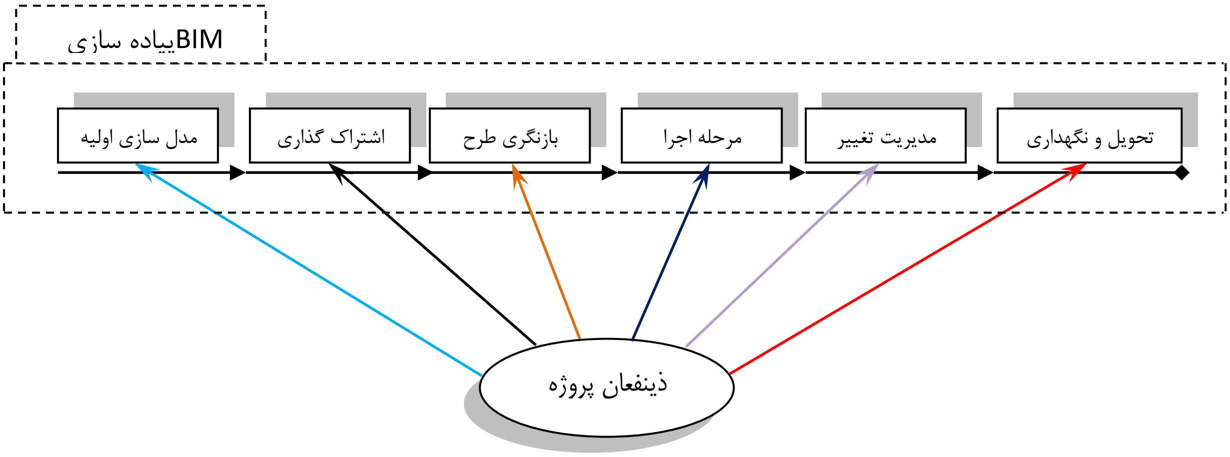
شکل ۲ -دیاگرام روش تحقیق

۶- مدل نظری تحقیق

در روند پیاده سازی و مدل سازی اطلاعات ساختمان به موضوعات و حوزه های بسیار مشترک از مدیریت پروژه برخورد خواهیم کرد که در فرایند مدیریت ذینفعان تاثیر گذار خواند بود. بر اساس مطالعات باتوجه به اینکه استفاده از مدل سازی

اطلاعات ساختمان یک فرایند یا به طور واضح تر یک اقدام مشترک با در نظر گرفتن تساوی در بین کلیه عوامل درگیر در پروژه می باشد ما می توانیم سیر پیاده سازی یا سلسله مراتب مدل سازی اطلاعات ساختمان در دوره حیات پروژه را در ۶ مرحله مدل سازی اولیه- اشتراک گذاری اطلاعات - بازنگری طرح -پیاده سازی طرح (مرحله اجرا) - مدیریت تغییرات - مرحله پایانی (تحویل و نگهداری) بیان نمود(شکل ۳) که ذینفعان پروژه در کلیه سیر تحول یا مسیر رشد پروژه دخیل بوده و ارتباط معناداری بین این فرایندها وجود دارد.

۱. بین مدل سازی اولیه در پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان ارتباط معناداری وجود دارد.
۲. بین اشتراک گذاری در پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان ارتباط معناداری وجود دارد.
۳. بین بازنگری طرح در پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان ارتباط معناداری وجود دارد.
۴. بین مرحله اجرا در پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان ارتباط معناداری وجود دارد.
۵. بین مدیریت تغییر در پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان ارتباط معناداری وجود دارد.
۶. بین تحویل و نگهداری در پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان ارتباط معناداری وجود دارد.



شکل ۳ – مدل نظری تحقیق

۷- پیاده سازی و آموزش

ذینفعان افراد، سهامداران یا سازمانی می باشند که بر ورودی و خروجی های پروژه در مراحل شروع، اجرا و پایان پروژه چه بطور مستقیم و یا غیر مستقیم تاثیرگذارند. مدیریت ذینفعان پروژه فرآیندهایی می باشد که برای شناسایی کلیه افراد یا سازمان‌های تحت تأثیر پروژه، تحلیل انتظارات سهامداران و تأثیر آن بر پروژه، توسعه استراتژی مدیریت مناسب برای مؤثر درگیر شدن سهامداران در تصمیمات و اجرای پروژه نیاز است.

در راستای این پیاده سازی مدل نظری با توجه به اینکه هر بخش از سازمان پروژه برداشت های متفاوتی از مدل سازی اطلاعات سازمان خواهد داشت، در ابتدای امر نیاز به ایجاد یک فهم مشترک و آموزش متقابل بوده که اگر این امر را نامگذاری نمائیم به یک مرحله پیش پیاده سازی که توام با آموزش خواهد بود نیازمندیم. لذا این نکته در مرحله پیش پیاده سازی

ضروری می باشد، آ ۷نهایی که برای آموزش BIM در نظر گرفته می شوند باید دارای خصوصیاتی مانند کارآفرینی، خود شروع کنندگی، خود انگیختگی و پتانسیل رهبری باشند(گلابچی, ۱۳۹۵).

۸- پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان

ابزار BIM با انتقال اطلاعات و شبیه سازی امکان تسریع در تصمیم گیری و همچنین رصد کردن توسعه پروژه در هر مرحله را فراهم می نماید. توانایی و قابلیت تکنولوژیی جهت حضور در تمام مراحل چرخه حیات پروژه و همچنین مرحله بعد از اتمام پروژه (تعمیر و نگهداری) زمینه های بهره برداری این علم را سهل تر و طیف گسترده ای را به منظور خدمات رسانی به خود جذب می نماید. همانگونه که مطالعات صورت‌گرفته نشان دادند در مقاطعی کمبود اطلاعات به از بین رفتن سرمایه های زیادی در پروژه ها گردیده که احکامی مبنی بر الزام به ایجاد اطلاعات ساختمان در پروژه ها صادر شده است. در تمام دوران ها اضافه شدن تکنولوژی به چرخه زندگی همراه با ایجاد تغییراتی که البته مثبت بوده، روابط جدید و نوینی را تعریف و ابداع نموده است. حوزه های متفاوتی در این بخش ها مورد تاثیر بوده اند که بنا بر دریافت افراد معانی و کاربردهایی متفاوتی داشته است. در بسیاری از روابط مشاهده شده در پروژه های مورد مطالعه فرهنگ حاکم بر پروژه تعیین کننده بسیاری از تعاملات و رفتارهای متقابل بوده است. در جدول شماره ۲ مراحل پیاده سازی و تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم بر مدیریت ذینفعان بیان گردیده است. ایجاد مدل مناسب پروژه و مشارکت و بهره گیری از ابزار و تکنولوژی های مربوطه بر ایجاد یک فرهنگ مناسب و دلخواه تاثیر گذار خواهد بود. بنابراین در این تحقیق نکته خیلی مهم، نقش پیاده سازی BIM در مدل همانند ایجاد یک فرهنگ در اجرای پروژه در نظر گرفته خواهد شد.

جدول شماره ۲ - پیاده سازی BIM و مدیریت ذینفعان

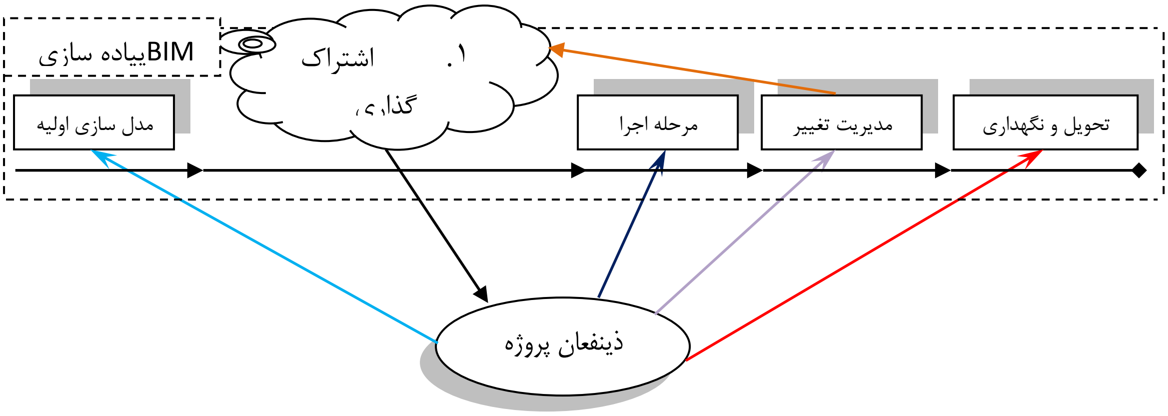
ردیف	پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان	مدیریت ذینفعان	
		تاثیرات مستقیم	**تاثیرات غیر مستقیم**
۱	مدل سازی اولیه	قابلیت تفکیک اطلاعات	ایجاد فرهنگ مشترک
۲	اشتراک گذاری	سهولت در تصمیم گیری	انتقال اطلاعات
۳	بازنگری طرح	ایجاد تعامل	بررسی رفتارهای متقابل
۴	مرحله اجرا (پیاده سازی)	مدیریت عوامل سازنده	بکارگیری از ابزار و نرم افزارها
۵	مدیریت تغییر	کنترل تغییرات احتمالی	اطلاع رسانی بهینه
۶	تحویل و نگهداری	کاهش زمان عملیاتی	صیانت از اطلاعات

تحقیقات در دو پروژه موردی عبارت بودند از :

در پروژه مطالعه شده اول " فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره) " مدل سازی اطلاعات ساختمان در آن پیاده سازی گردیده بوده است. عواملی همچون پیچیدگی پروژه، به هم پیوستگی فعالیت های اجرایی، طراحی مرحله‌ای توسط عوامل متعدد داخلی و خارجی با فاصله مکانی زیاد از یکدیگر، تعدد عوامل سازنده در پروژه، تأسیسات پیچیده، ذینفعان متعدد پروژه

و اعمال نظرات زیاد و لحظه ای و همچنین دستورات مدیریتی غیر کارشناسی در پروژه و در نظر نداشتن شرایط استاندارد جهت ایجاد تغییرات و تبعات ناشی از آن به این پیاده سازی بسیار کمک کردند. مشاهدات محققین در این پروژه نشان داد که با بکارگیری مدل سازی اطلاعات و استفاده از ابزارها و نرم افزارهای مربوطه حضور ذینفعان بسیار موثرتر و سازمان مدیریت پروژه با مشخص بودن اطلاعات و قابل تفکیک بودن آنها امکان مدیریت بهینه چه در کنترل تغییرات اعمالی(خواسته یا ناخواسته ذینفعان) و مدیریت تامین خواسته ها، همسویی و هماهنگی عقاید و نظرات با وجود خصوصیاتی شامل کاهش زمان ارائه اطاعات درخواستی، امکان مشاهده تغییرات و سهولت در تصمیم گیری، وجود یک منبع قابل تصدیق دارای اطلاعات جامع و به روز جهت تصمیم گیری، قابلیت پیش بینی نتایج احتمالی را داشته است.

مشاهدات در مطالعه موردی دوم " ساختمان مسکونی روزن " دارای تفاوت هایی بود که به دلیل محدودیت در انتقال اطلاعات و عدم وجود جامعیت باعث اتخاذ اقداماتی همچون عدم مطلع سازی ذینفعان در موارد مربوطه و اخذ تصمیمات شده است. با توجه به ماهیت پروژه که موضوعات در مقیاس متفاوت تری نسبت به مورد اول می‌باشند شرایط تصمیم گیری در محل اجرا بیشتر اتفاق افتاده و طبق مدل نظری ارائه شده بخش به اشتراک گذاری و بازنگری در این فرایند تصمیم گیری حذف شده است که اصطلاحاً این فرایند ها به حالت ابری در آمده و از یک فرایند اجرایی دارای الزام تغییر مسیر به سلیقه پردازی داده است. شرایط به گونه ای رقم خواهد خورد که در فاز مدیریت تغییرات بازگشتی به ناچار به این مراحل ابری شده خواهیم داشت. این بازگشت به عقب بر اساس مشاهدات و مستندات پروژه تماماً از طرف ذینفعان پروژه الزام گردیده ایست. در (شکل ۴) تغییر مدل نمایش داده شده است. ایجاد نامنظمی در مدل ناشی از عدم آموزش تیم رهبری BIM می باشد که اثرات مستقیم یا غیر مستقیم منتج به اختلاف نظر بین ذینفعان، ایجاد فرهنگ مقایسه ای بین ذینفعان، ایجاد رفتارهای نامشخص فردی، اعلام مخالفت در دیگر حوزه های مرتبط و نامرتبط (بی تعهدی) و در مواردی اقدام به تغییر سلیقه ای در فرایند مدل سازی نیز درخواست گردیده است.



شکل ۴ – نامنظمی مدل

۹- جمع بندی و نتیجه گیری

پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان به منظور برقرای ارتباطات در پروژه ابزار بسیار مهمی می باشد. از منظر ذینفعان پروژه حصول اطمینان از صحت عملیات اجرایی، وجود آگاهی نسبت به کلیه موضوعات و ارکان پروژه، کنترل همه حوزه های مدیریتی، احساس تعهد در کلیه عوامل اجرایی دارای اهمیت بوده که در این مطالعات موردی یک دید نوینی در مدیریت ذینفعان پروژه ها با فراهم کردن شرایط حضور مستمر و حصول اطمینان ذینفعان بر اساس موارد مطروحه بیان گردیده است. این تحقیق همکاری قابل توجه ای در مدیریت ذینفعان را بیان کرده است. با ایجاد یک روش اجرای در پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان و در نظر داشتن آموزش تیم رهبری BIM نسبت به موضوعات و تعهد به ساختار پیاده شده، اثرات مثبت بکار گیری مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه های ساخت و ساز مشاهده خواهد گردید.

شرایط حاکم بر پروژه ها یک راهنمای ارزشمند به جهت دریافت وضعیت حقیقی مدیریت پروژه می باشد. نمونه‌های دلخواه از پرونده پروژه ها نشان می دهند که حضور عوامل بیرونی و درونی بعنوان صاحبان یا کاربران پروژه اثرات بسیاری بر پیشرفت و تحویل پروژه را خواهند داشت. شکست یا عدم تعهد ذینفعان بر اساس مشاهدات، از رفتارها و بازخوردهای خود پروژه ایجاد می گرد که با ایجاد همراستایی و شفافیت عملکرد در پروژه، آنها را بعنوان جزئی از ارکان تاثیر گذار مثبت در اختیار خواهیم گرفت.

۱۰- اقدامات و توصیه های آتی

در این تحقیق ضرورت پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان و تاثیر و کمک آن بر مدیریت ذینفعان پروژه که دارای اهمیت در حوزه های مدیریت پروژه بوده مورد بررسی قرار گرفت. انجام مطالعه و تحقیق به منظور ارائه راهکارهای عملی و اجرایی در جامعه حرفه ای موجود به دلیل کمبود اطلاعات و مستند سازی پروژه ها بسیار سخت و دشوار است که انتظار داریم در پروژه های اجرایی این ساختار مستند سازی و مطالعاتی مورد توجه قرار گیرد. امید است در تحقیقات آتی با علم به جدید بودن تکنیک و دانش مدل سازی اطلاعات ساختمان و محدود بودن مطالعات با تمرکز بر مدیریت ذینفعان، شاهد تحقیقات بیشتر باشیم. همچنین نسبت به همپوشانی‌هایی که علم مدل سازی اطلاعات ساختمان با دیگر حوزه های نوین مانند طراحی یکپارچه، تحویل یکپارچه پروژه (IPD) دارد این موضوعات مورد توجه قرار گرفته و راهکارهای عملی و قراردادی در مدیریت پروژه ها را بررسی نمائیم.

منابع و مراجع

[۱] گلابچی, ع. ا. ن. ک. ق. ج. ع. گ. م. (۱۳۹۵). مدل سازی اطلاعات ساختمان. ایران-تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[2] Alan Russell, S. S.-F., Ngoc Tran, William Wong. (۲۰۰۸). Visualizing high-rise building construction strategies using linear scheduling and ٤D CAD. *Automation in Construction* .

[3] Aurangzeab Butt, M. N., Jussi Savolainen. (۲۰۱٦). Project change stakeholder communication. *International Journal of Project Management* ۳٤(۲۰۱٦) ۱٥۷۹–.۱٥۹٥

[4] Cavaliere, V., Lombardi, S.,. (۲۰۱٥). Exploring different cultural configurations:how do they affect subsidiaries' knowledge sharing behaviors? *J. Knowl.Manag.* ۱۹(۲), ۱٤۱– .۱٦۳

[5] D. Bryde, M. B., J.M. Volm. (۲۰۱۳). The project benefits of Building Information Modeling (BIM). *Int. J. Proj. Manag* .

[6] Farzad Jalaei, A. J. (۲۰۱٥). Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. *Sustainable Cities and Society* .

[7] Fernando G. Bañuelos Blanco, H. C. (۲۰۱٤). *The Implementation of Building Information Modelling in the United Kingdom by the Transport Industry*. Paper presented at the The ۹th International Conference on Traffic & Transportation Studies (ICTTS' .(۲۰۱٤

[8] Guillermo Aranda-Mena, J. C., Agustin Chevez. (۲۰۰۹). Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business* .

[9] H. Penttilä ,M. R., S. Freese. (۲۰۰۷). Building Information modelling of modern historic buildings. *Case Study of HUT / Architectural Department by Alvar Aalto*, .۸

[10] Kangas, J. P. (۲۰۱۱). Consider those most affected to create lasting change. *Quality Progress* ۷۲– ۷۳)*March* .(

[11] Kristen Barlish, K. S. (۲۰۱۲). How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*, .۱۱

[12] Kristiina Sulankivi, M. T., Markku Kiviniemi. (۲۰۱٤). SAFETY ASPECT IN CONSTRUCTABILITY ANALYSIS WITH BIM .

[13] Krygiel E, N .B. (۲۰۰۸). *Green BIM*.

[14] Kyungki Kim, J. T. (۲۰۱۳). Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. *Advanced Engineering Informatics* .

[15] Mehmet Yalcinkaya, V. S. (۲۰۱٥). Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: A Latent Semantic Analysis. *Automation in Construction* .

[16] Mohammadali Heidari, E. A., Bauke de Vries, Harry Timmermans, Joran Jessurun, Farhang Mozaffar. (۲۰۱۳). Smart-BIM virtual prototype implementation. *Automation in Construction* .

[17] Rebekka Volk, J. S., Frank Schultmann. (۲۰۱۳). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Automation in Construction* .

[18] Rui Liu, R. R. A. I. (۲۰۱٤). Design for maintenance accessibility using BIM tools .

[19] Sebastian, R. (۲۰۱۰). Integrated Design and Engineering using Building Information Modelling: A Pilot Project of Small-Scale Housing Development in The Netherlands. *ARCHITECTURAL ENGINEERING AND DESIGN MANAGEMENT* .

[20] Weisheng Lu, A. F., Yi Peng, Cong Liang, Steve Rowlinson. (۲۰۱٤). Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves. *Building and Environment* .

[21] Weygant Robert S. (۲۰۱۱). *BIM content development*.

راه کارهای بیم در پوسته های پنلی پارامتریک و تجارب پروژه سالن همایشهای بین المللی اصفهان

محمد سقایی زاده[1،*]، علی بهروزی[2]

*۱و *- نویسنده مسوول : کارشناسی ، عمران گرایش عمران*
(mohamad.saghai@gmail.com)

۲- کارشناسی ، عمران گرایش عمران
(ali.behroozi@gmail.com)

چکیده

راه کارهای بیم در پروژه هایی با مقیاس متوسط تا بزرگ منجر به بهبود کیفیت ساخت و اجرا، کاهش هزینه و زمان و در نهایت افزایش بهره وری و کاهش اتلاف انرژی خواهد شد. این مسئله به صورت عملی در پروژه سالن همایش های بین المللی اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. در بخش مرکزی ، بنایی پوسته ای کره شکل با نمای پنلی پارامتریک طراحی شده بود . به دلیل پیچیدگی های اجرای پنل های خاص در پوسته کره شکل و همچنین عدم وجود اطلاعات دقیق ، قبل از ساخت با هدف تعیین فواصل و اندازه های بین هر پنل و ارائه نقشه های چون ساخت ، پروژه با راه کارهای بیم مدلسازی شد. استفاده از بیم منجر به دقت در اجرای کار و تسهیل تغییرات پیش بینی نشده به دلیل مشکلات و محدودیت های اجرایی گردید به گونه ای که هماهنگی و یکپارچگی کامل بین بخش های مختلف فنی و اجرا و بهره برداران ایجاد شد . نتایج سازمانی و رفتاری بیم در این گونه پروژه ها منجر به اصلاح رفتارهای فنی و اجرایی سنتی و اصلاح تئوری های اولیه و ایجاد یک دید شفاف در خصوص این مرحله از اجرای پروژه شد . استفاده از راه کارهای بیم متناسب با مقیاس و وزن مالی هر پروژه منجر به ایجاد بهره وری بیشتر شده و منافع حاصل شده از آن رضایت کافی به ذی نفعان پروژه بخشیده و تداوم تولید و رونق بازار را یاری می بخشد .

واژگان کلیدی: بیم ، مدلسازی اطلاعات ، نمای پارامتریک ، مختصات اجرا ، نقشه چون ساخت ، کاهش هزینه و زمان

۱- مقدمه

امروزه استفاده از راه کارهای نرم افزاری بیم منجر به سهولت و افزایش سود و کاهش زمان در پروژه های ساخت و ساز در تمامی دنیا گردیده است . این نرم افزارها فعالیت های مربوط به ساخت مانند ترسیم رایانه ای (CAD[۲۲])، ساخت مدل های سه بعدی ساختمان، ارزیابی و برآورد طراحی، مدیریت زمان، ذخیره و بازیابی اطلاعات، تخمین هزینه ها، تحلیل سازه، مدیریت کارگاه، مدیریت تسهیلات را در بر می گیرد (سان و هوارد، ۱۳۹۵). می توان با این روش تطبیق بسیاری از فعالیت های مورد نیاز در چرخه حیات ساختان را بعنوان مبنایی برای طراحی های جدید و امکانات ساختمانی و تغییرات نقش ها و مسئولیت های افراد تعیین نمود. نهایتا می توان ساخت و ساز را به صورت یکپارچه ارائه نمود و از این رهگذر کیفیت بهتر و کاهش هزینه و زمان پروژه حاصل خواهد شد (Eastman et al, 2011). برخی از مهمترین مزایای مدلسازی اطلاعات ساختمان را می توان ساماندهی برنامه زمانی و هزینه ای پروژه ها، کارایی مناسب در ارتباط بین افراد و ذی نفعان اجرایی پروژه ها، کارایی در استخدام و کنترل پیمانکاران جزء و افزایش حاشیه سود پروژه دانست (Bryde et al., 2012).

۲- بررسی ادبیات موضوع

مشکلات فراوان موجود در صنعت ساخت و ساز سبب بروز نوآوری و فناوریهای مختلفی شده است. بودجه کم، نیروی کارآزموده محدود، برنامه های فشرده و با زمان تاخیر مجاز اندک و نیز درخواستهای پی در پی برای تاخیر سبب بروز مشکلات در ساخت و ساز است. این موارد سبب بروز اشتباهات و دوبارکاری های فراوانی می گردد. استفاده از راهکاری که به کمک آن بتوان چالشهای پیش رو را کاهش داد مورد توجه بسیاری از افراد فعال در صنعت ساخت و ساز جهان است. در گذشته این ارتباطات به صورت مشخص و سنتی ایجاد شده و مورد استفاده قرار می گرفت .

در این سالها شرکتهای مختلف نظیر اتودسک Autodesk و گرافیسافت Graphisoft سعی در تولید ابزارها و امکانات و تولید راه کارهای نرم افزاری برای افزایش کیفیت ساخت و تولید اطلاعات واقعی و شفاف در صنعت ساخت و ساز و حرکت به سمت ساخت و ساز ناب کرده اند . در جدول شماره ۱ می توانید برخی از این نرم افزارها را به همراه دامنه کاربردشان در صنعت ساخت و ساز مشاهده کنید (Smith, 2007) .

جدول شماره ۱: طیف گسترده نرم افزارهای مختلف مدلسازی اطلاعات ساختمان به همراه کاربردهای مختلف (Smith, 2007)

نام نرم افزار	شرکت ارائه دهنده	کاربرد در زمینه مدلسازی اطلاعات ساختمان
Navisworks Manage	Autodesk	برنامه ریزی، یافتن تداخلات کار، متره و برآورد
ProjectWise	Bentley	برنامه ریزی و یافتن تداخلات کاری
Digital Project Designer	Gehry Technologies	هماهنگ نمودن مدلهای بخشهای مختلف
Visual Simulation	Innovaya	برنامه ریزی
Solibri Model Checker	Solibri	هماهنگ سازی فیزیکی اجزاء مورد استفاده
Synchro	Synchro Ltd.	برنامه ریزی و طراحی کار
Tekla Structure	Tekla	مدلسازی سازه، نقشه های شاب سازه، استفاده از اطلاعات برنامه ریزی زمانی
Vico Office	Vico Software	هماهنگی، برنامه ریزی و متره برآورد

22 Computer Aided Design

پیشرفت های مختلف مانند استفاده از مدلسازی مجازی قبل از ساخت VDC برای ارائه ساختارهای معمارانه در صنعت ساخت مورد استفاده زیادی قرار گرفته است. این مدلهای مجازی می تواند به معماران و مهندسان در انتقال مفاهیم واقعی به کارفرما کمک فراوانی نماید و ابزار مهمی برای فروش و سرمایه گذاری مناسب در صنعت ساخت به شمار می رود. با این وجود هنوز از قابلیتهای فراوان این فناوریها استفاده کامل نشده است.

هدف اصلی مدلسازی اطلاعات ساختمان ایجاد بانک اطلاعاتی مشترک است که بتواند به صورت یکپارچه و منظم توسط همه اعضای گروه طراحی و ساخت و مالکان و بهره برداران (ذی نفعان کلیدی پروژه) مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اینکه هر کدام از این تصمیمات در بخشهای مختلف پروژه اتخاذ شده و نیاز بخشهای دیگر را لحاظ نمی‌نماید، از اینرو می‌تواند منجر به عدم وجود یکپارچگی بین بخشهای مختلف درگیر در یک پروژه ساختمانی شود. این عدم یکپارچگی بین قسمتهای مختلف، علاوه بر ایجاد ناهمخوانی، باعث ناپایداری، هدررفت انرژی و هزینه، افزایش زمان بهره‌برداری و در مجموع موجب پایین آمدن بازده پروژه خواهد شد. بر این اساس، در صورتیکه بتوان از ساختاری سازمان یافته همچون مدلسازی اطلاعات ساختمان[۲۳] یا به اختصار BIM به عنوان روشی برای تولید اطلاعات یکپارچه جهت رفع این مشکلات استفاده نمود، علاوه بر افزایش کارآیی و هماهنگی بیشتر بین عناصر مختلف پروژه، می‌توان به افزایش بهره‌وری حاصل از آن نیز امیدوار بود.

۳- روش تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیقات کیفی و اجرایی است. روش اجرای کار متناسب با نیازهای تعریف شده، سبک انتخاب و نیز راهکارهای موجود تعیین شده و سپس با مطالعه دانش و اطلاعات مدلسازی اطلاعات ساختمان از این شیوه بعنوان یگانه راهبرد موفق در اجرای کار به صورت عملی مورد توجه قرار گرفت. نتایج حاصل از این رویه کاهش قابل توجه در هزینه و زمان اجرای کار و کاهش مشکلات ناشی از عدم همخوانی نرم افزارهای مختلف با فرمت های تولید شده توسط سایر نرم افزارهاست.

۴- شرح پژوهش

در پروژه مورد بررسی ، طراحی بر عهده شرکت اتکینز ATKINS بوده ، که به دلیل عدم وجود اطلاعات شفاف و قابل استناد مطابق با مختصات و شرایط موجود پروژه قابل استفاده به صورت مستقیم در اجرا نبود . از این رو جهت ساخت بنا در بخش های مختلف از راه کارهای بیم در مدلسازی اطلاعات و تولید اسناد ترسیمی فاز و جداول اطلاعاتی مورد نیاز استفاده شد . بخش مورد توجه در این تحقیق، نمای پارامتریک بخش مرکزی این پروژه است که بعنوان ساختاری متفاوت خودنمایی می کند و به نوعی معرفی و شاخصه طراحی کل پروژه نیز می باشد . در تصویر شماره یک می توان نمایی از این بخش ساختمان را مشاهده کرد.

23 Building Information Modeling

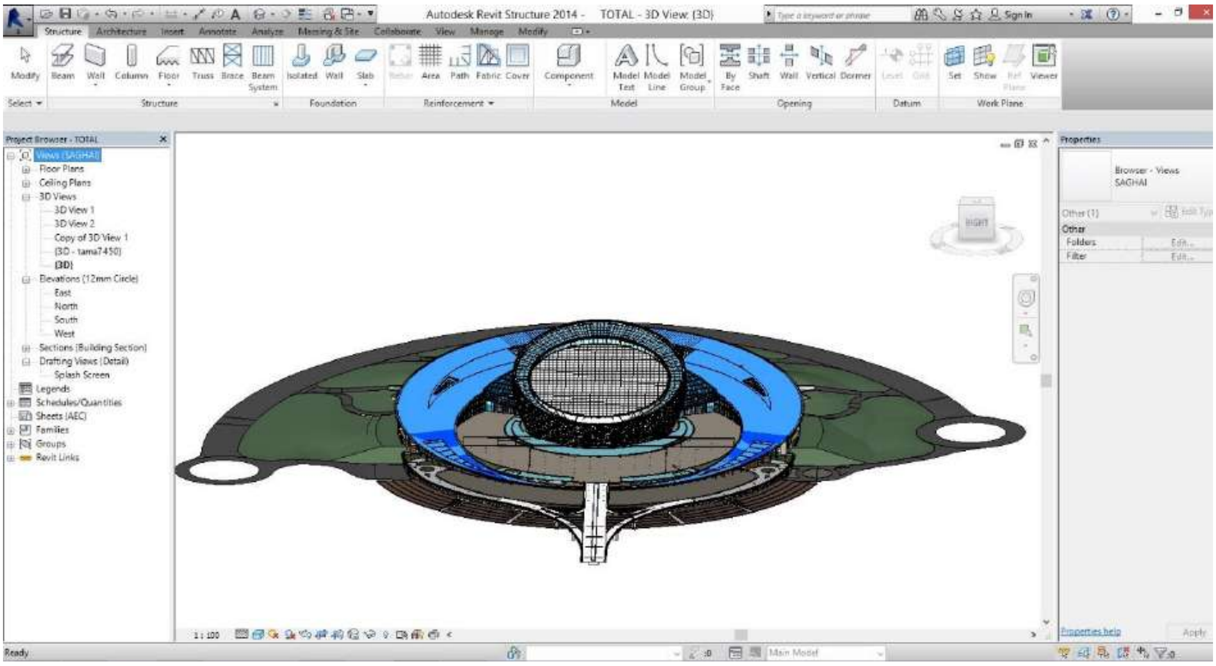
تصویر شماره ۱: نمایی از بخشهای مدلسازی شده نما در ساختمان

ساختار نما از پوسته پارامتریک با پنل های بتن الیافی سبک GFRC بوده که به صورت منظم در فرم کروی شکل بنا تکثیر شده است . به دلیل فرم کروی شکل بنا ابعاد پنل های بتنی در ردیف های مختلف متغیر می باشد و همچنین با توجه به اینکه سازه موجود اجرا شده دارای خطاهای معمول نسبت به مدل سازه طراحی شده داشته استفاده از نقشه های موجود اجرای نما غیرممکن بود . لذا می بایستی با تعریف یک استراتژی جدید و با توجه به نیازهای پروژه ، کارفرما ، مجری و سایر زیرمجموعه های پروژه اطلاعات مورد نیاز تولید می شد .

با توجه به اینکه یکی از مهمترین چالش های پیش رو در این پروژه مدیریت اجرا با رویکرد زمان و هزینه و کیفیت بود می بایستی استراتژی توانایی پوشش شاخصه های مورد درخواست را داشته باشد . با توجه به هزینه های سنگین اجرای هر یک از پنل های نمای پروژه که با میانگین ابعاد ۳/۵ در ۳/۵ متر می باشد تولید اسناد اجرایی با دقت بالا در حد سانتی متر با توجه به سازه موجود در اولویت بود . از این رو استراتژی تولید مدل بیم مبتنی بر بهینه و دقیق ترین روش تولید اسناد اجرای پنل های نما نوشته شد .

مدلسازی نرم افزاری در سیستم پنلینگ در ساختار بیم با رویکرد پارامتریک Parametric و تکرار شونده ، راهکارهای متفاوتی داشته که هر راهکار با مزایا و معایبی روبرو خواهد بود . با توجه وجود سازه موجود بایستی راهکارها با در نظر گرفتن همه موارد موجود پیشنهاد داده میشود . به صورت کلی مراحل کار به سه ۳ فاز اصلی تقسیم بندی میشود .

- برداشت و تولید مدل دقیق سازه موجود
- تولید پوسته پارامتریک (تولید پوسته کروی روی سازه موجود – تولید پنل پایه – تکثیر پنل پایه روی پوسته)
- خروجی اسناد اجرایی



تصویر شماره ۲: نمایی از مدل رایانه ای در نرم افزار Autodesk Revit Architecture

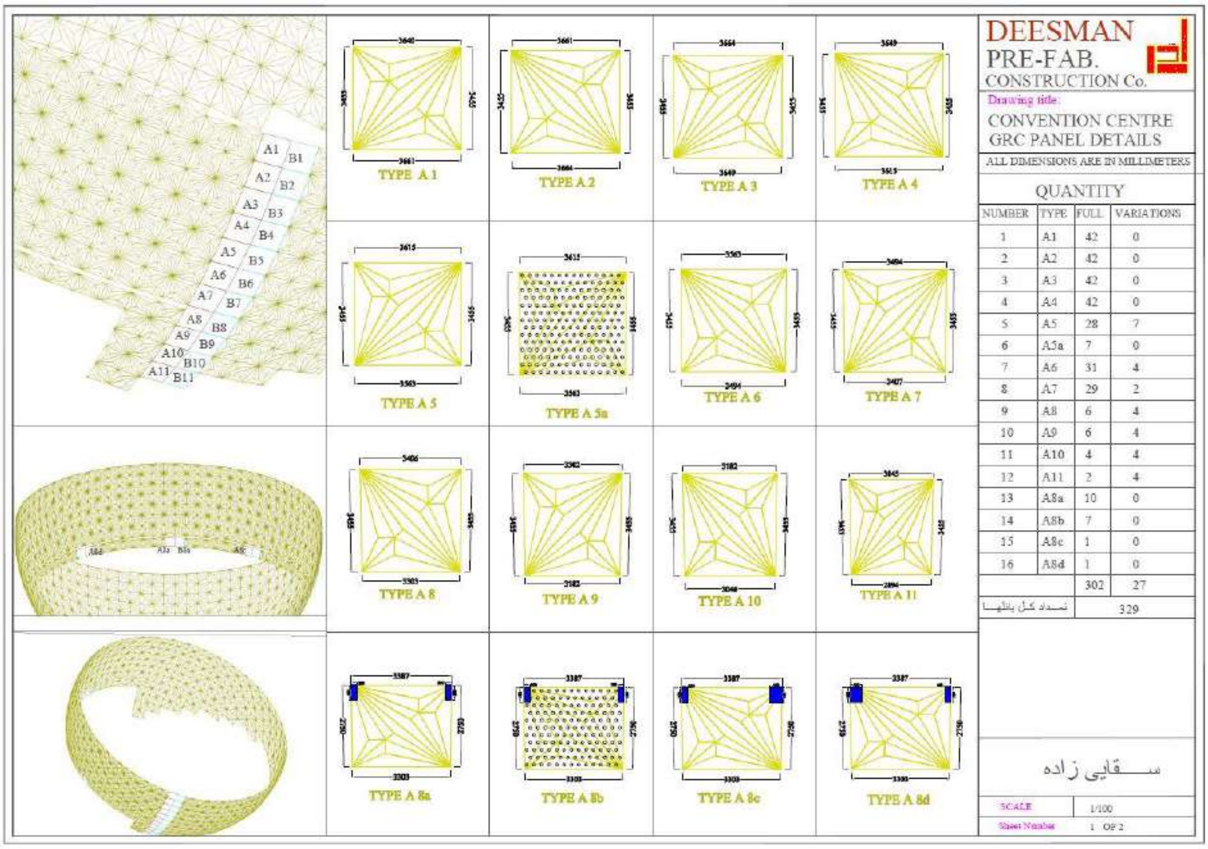
چالش مهم در فاز مدلسازی سازه موجود دقت در پیاده سازی سه بعدی سازه موجود بوده که با این هدف نرم افزار تکلا استراکچر Tekla Structure انتخاب شد . در فاز تولید پوسته پارامتریک در راه کارهای موجود بایستی قابلیت تطابق قطعه پایه پنل با تغییرات ابعاد شبکه بندی در ردیف های روی پوسته کروی ایجاد میشود از این رو دو راهکار نرم افزاری در نظر گرفته شد. راهکار اول استفاده از ترکیب نرم افزار راینو Rhinoceros به همراه افزونه پارامتریک گرس هوپر Grasshopper و راهکار دوم استفاده از نرم افزار رویت معماری Autodesk Revit Architecture و بهره گیری از تکنیک مدلسازی پوسته مس Mass و تکثیر فمیلی Family پارامتریک می باشد . در فاز خروجی اسناد اجرایی پروژه از نرم افزارهای اتوکد Autocad و رویت Revit استفاده شد .

در فاز تولید پوسته پارامتریک با توجه به امکانات موجود ، همچنین خواسته و نیازهای کارفرما راهکار دوم مورد استفاده قرار گرفت. دلیل استفاده از نرم افزار رویت معماری Revit Architecture را می توان دو دلیل ارائه نمود .

۱. همزمانی و تعامل بین مدلسازی سازه با نرم افزار تکلا استراکچر Tekla Structure و مدلسازی معماری با نرم افزار رویت Revit و نیاز به یکپارچه سازی و انتقال و لینک اطلاعات حاصل از مدلسازی معماری با سازه با فرمت IFC .

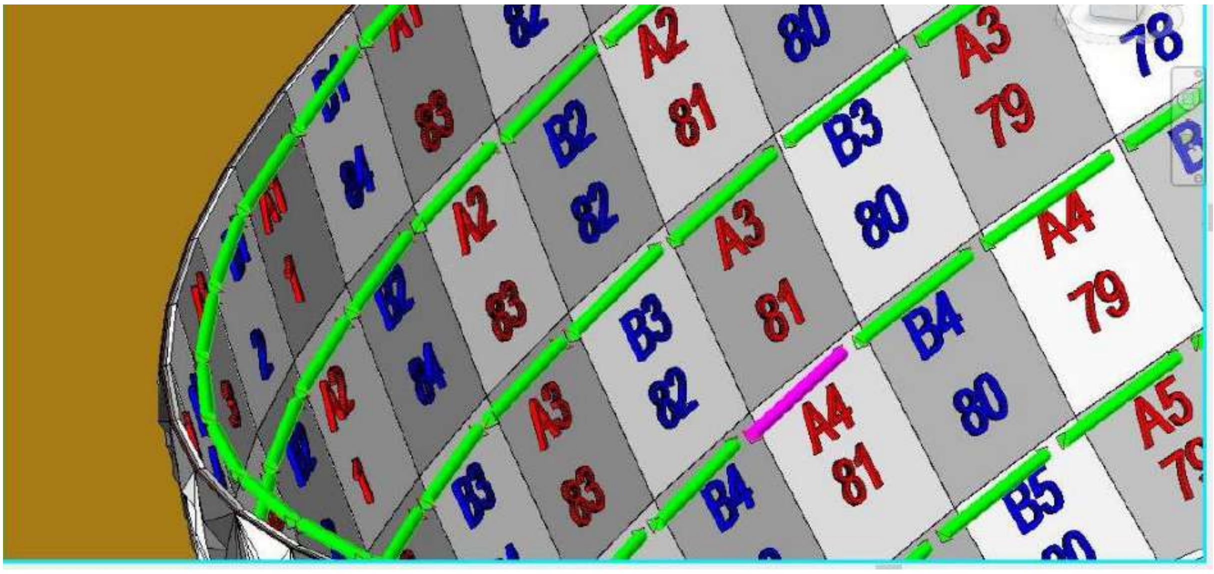
۲. امکان بهینه سازی و یافتن فواصل بهینه بین سازه و نما و جایگذاری مناسب آنها متناسب با اجزاء تعریف شده .

فرمت IFC کمک شایانی به ارتباط و یکپارچگی بین دیسیپلین Disipline های مختلف پروژه های بیم BIM نموده و ارتباطات بین نرم افزاری را تسهیل بخشیده و امکان ایجاد گردش کار را با سرعت و دقت بالاتری مهیا میکند . در تصویر شماره سه صفحه ای از چیدمان پنل های نما که دارای ۱۱ تیپ اصلی بوده و خروجی از نرم افزار Autocad اتوکد می باشد مشاهده کنید .



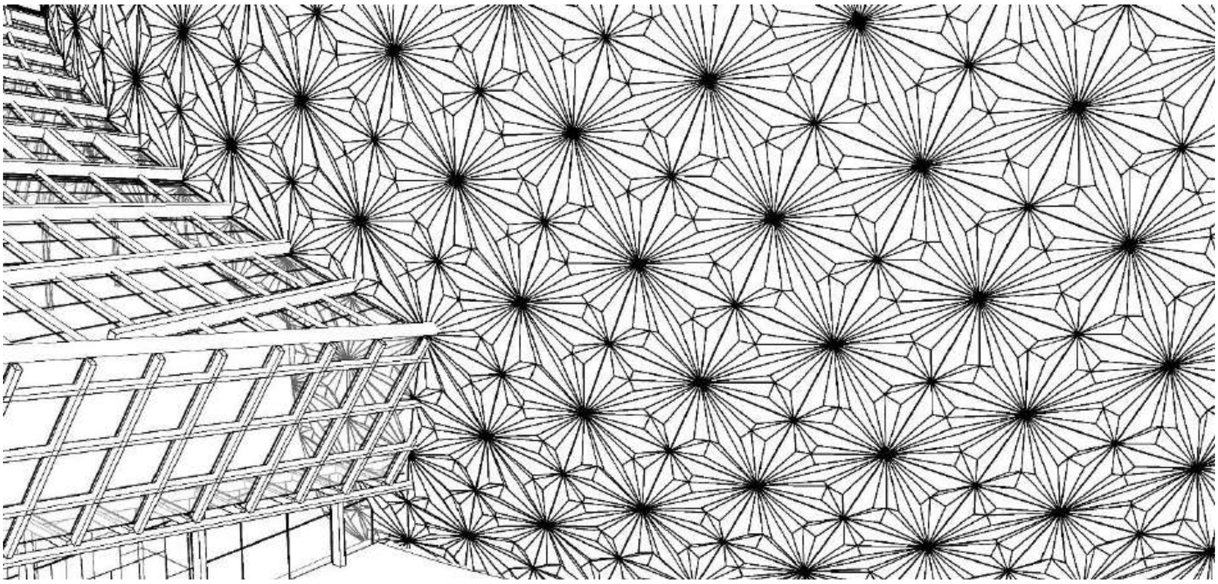
تصویر شماره ۳: جزئیات قطعات نما جهت ساختن بخش های مختلف

استفاده از فمیلی Family در نرم افزار Autodesk Revit Architecture را می توان یکی از مزیت های اصلی به کار برده شده در کار دانست. این مسئله که برای ۷۰۰ قطعه نما پیاده سازی شد، توانست ۲۴ تیپ مختلف این قطعات را به خوبی پوشش داده و متناسب با نیازها به بهترین صورت جانمایی کند. قطعات مورد بحث اندازه ای در حدود ۳/۵ در ۳/۵ متر داشته و بایستی به دقت در مکان خود قرار می گرفت. در تصویر شماره چهار مکان یابی و مختصات دقیق این قطعات در نما را به صورت نقشه های چون ساخت مشاهده می کنید.



تصویر شماره ۴: جایگذاری دقیق قطعات مورد نظر در مکان های مناسب و تهیه نقشه های چون ساخت As Built

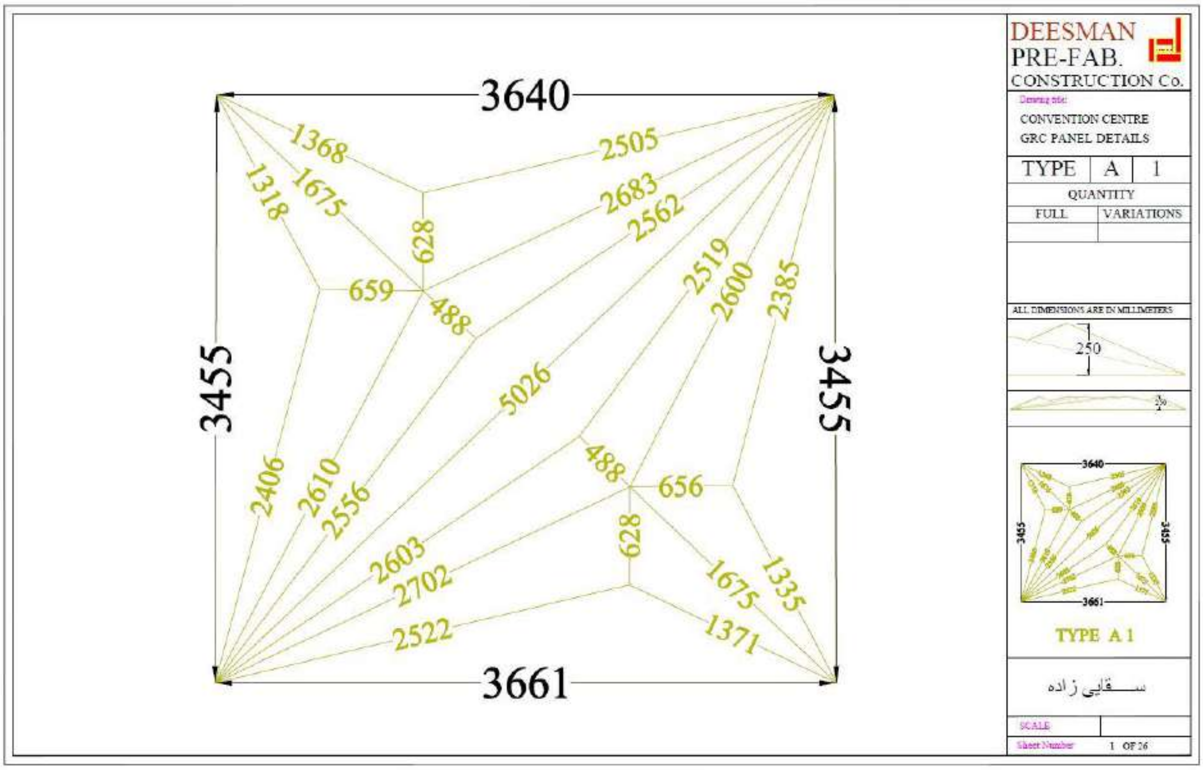
پس از تعریف این مدل ها به صورت مذکور، فواصل بین سازه ساخته شده اولیه با این قطعات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می داد که فضاهای خالی بین نما و سازه اندازه ثابتی نداشته و بر خلاف مدل اولیه که این فاصله را ۳۰ سانتی متر در نظر می گیرد، ۲۷ سانتی متر اختلاف نشان می دهد که به صورت متفاوت در بخش های مختلف سازه به چشم می خورد. به منظور اصلاح این وضعیت تغییر فواصل سازه به اندازه ۲۶ سانتی متر صورت پذیرفت که به این ترتیب فواصل به مقادیر اجرایی مناسب نزدیک گردد. این تغییرات برای تمامی ۷۰۰ قطعه مورد بحث به صورت خودکار و در محیط فمیلی Family در نرم افزار Autodesk Revit Architecture انجام شد.



تصویر شماره ۵: مدل بهینه سازی نما در نرم افزار پس از اصلاحات اعمال شده بر آن.

بخش دوم مشکلات مربوط به ساخت و تولید قطعات اتصال بود . با توجه به ضریب خطای ۲۷ سانت موجود و تنوع پنل های نما هزینه زیادی در تولید و ساخت قطعات اتصال ایجاد می شد . از این رو برای کاهش هزینه و توجیه اقتصادی پروژه قطعات در سه تیپ مختلف طبقه بندی شد و متناسب با اطلاعات موجود قطعه مناسب سفارش و آماده سازی گردید. این مسئله منجر به کاهش فراوان هزینه در پروژه گردید. در صورتی که قطعات اتصال به صورت کلی و با بیشترین اندازه ساخته می شد، مواد و مصالح مورد استفاده با کیفیت مطلوب هزینه های زیادی به پروژه تحمیل می نمود.

با توجه به اینکه بخشی از درخواست سرمایه گذار و کارفرمای پروژه کاهش هزینه های جاری اجرا بود ارائه راهکارهای کاهش هزینه یکی از بخشهای استراتژی تولید مدل بیم بود .



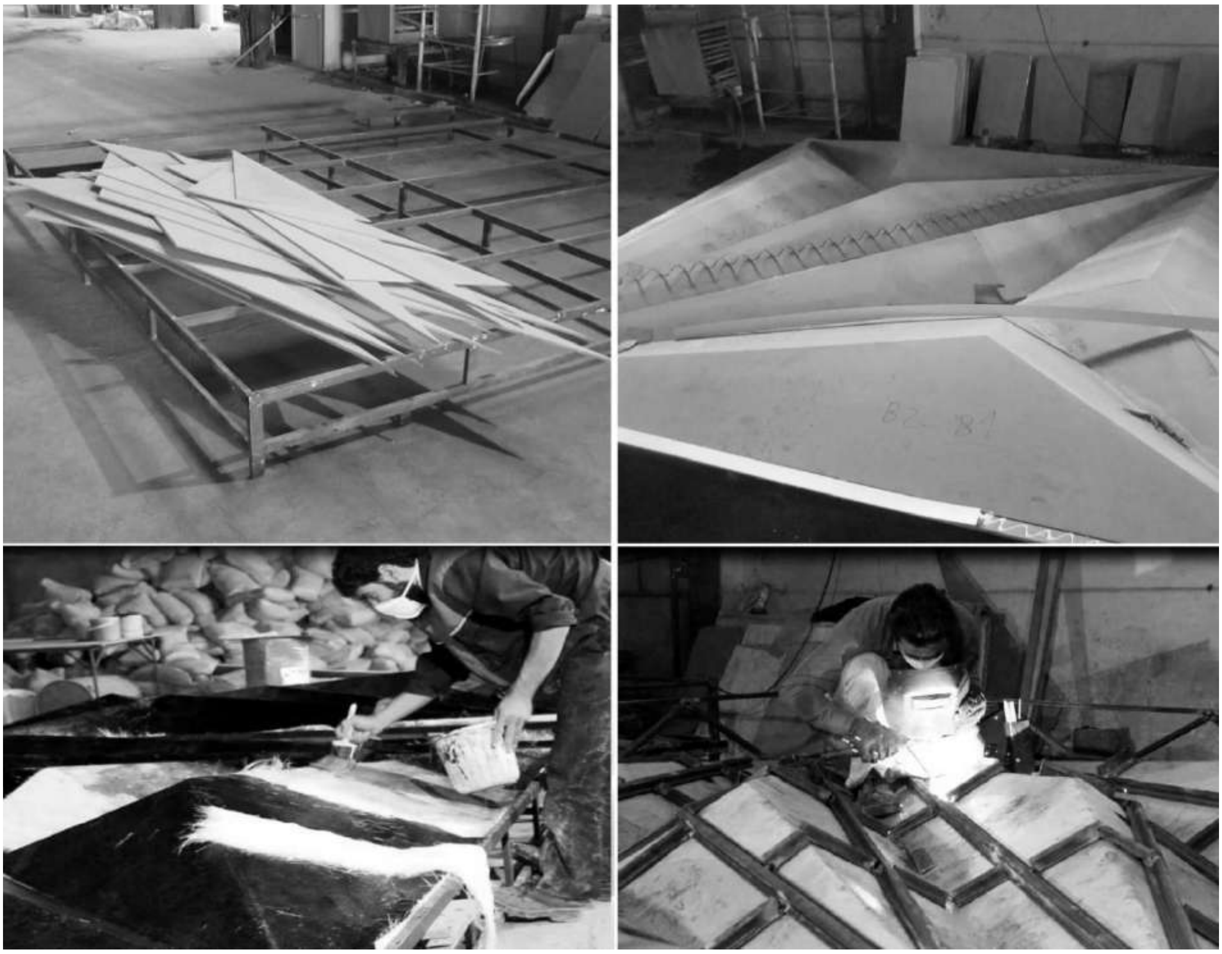
تصویر شماره ۶: بخشی از مدارک ارائه شده جهت ساخت قطعات

استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان در بخش اجرایی طرح پانل ها نیز کاربردی و قابل توجه بود. عمق پانل های طراحی شده که از جنس پنل بتن مسلح فایبر گلس GFRC بود به دلیل مشکلات اجرایی دستخوش تغییرات شد . این تغییر به صورتی همه جانبه می توانست طرح و موفقیت آن را با چالش مواجه سازد. مجری طرح اظهار داشت که عمق مورد نظر بایستی به ۲۵ سانتی متر افزایش یابد و مقدار تعریف شده ۱۵ سانتی متر از نظر ایشان اجرایی نیست. در این مرحله نیز به کمک اطلاعات موجود و قابلیت تغییر در آنها به سادگی تمامی عمق ها اصلاح شده و متناسب با فمیلیFamily تعریف شده به همه مدل تعمیم داده شد که سرعت و دقت نرم افزار رویت Revit در اعمال تغییرات در مدت زمانی بسیار کوتاه منجر به تولید اسناد اجرایی جدید پروژه طبق ویرایش های جدید گردید .

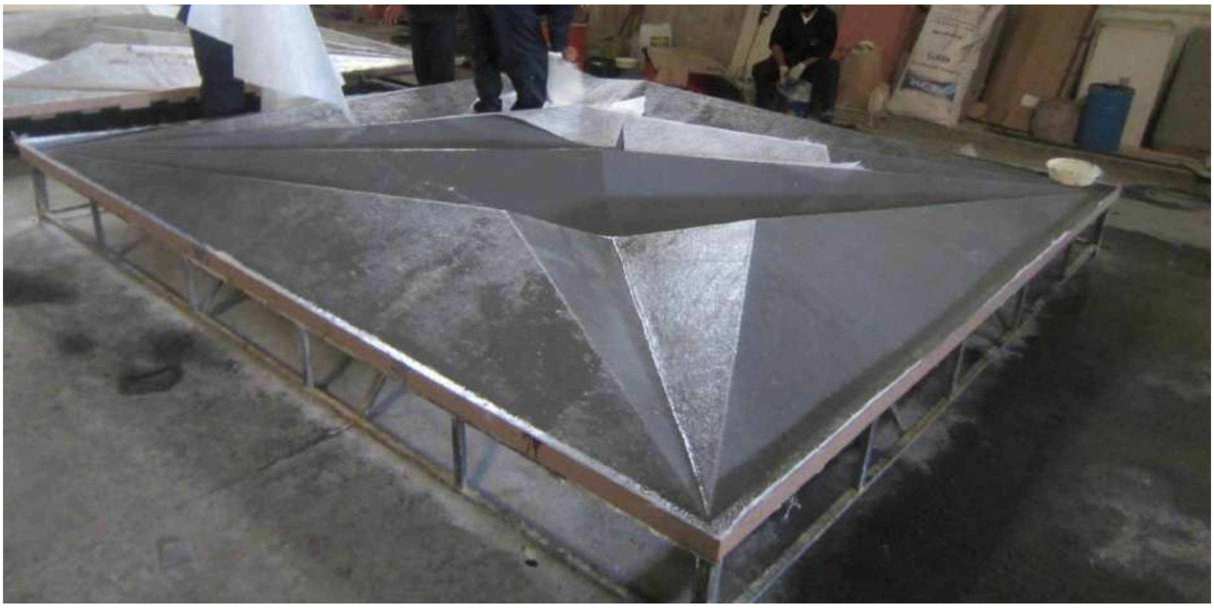
در جدول شماره ۲ به صورت خلاصه لیست نرم افزارهای مورد استفاده و کارایی هر نرم افزار در بخشهای مختلف این پروژه بیان گردیده است .

جدول شماره ۲: لیست نرم افزارهای مورد استفاده در تولید مدل پروژه

نرم افزار	کاربرد
Revit Architecture	تولید پوسته معماری بنا / تولید مدل فمیلی پنل / تکثیر پنل روی مدل / تولید جداول و اسناد
Revit Structure	بررسی سازه مدل شده در تکلا استراکچر و هماهنگی سازه مدل شده با معماری
Tekla Structure	مدلسازی سازه با شرایط و دتایل موجود
Autocad	تولید نقشه های اجرایی دقیق متناسب با اجرا
Civil 3D	تبدیل اطلاعات نقشه برداری شده از مدل سازه موجود به یک مدل سه بعدی برای تکلا استراکچر
Excel	دسته بندی اطلاعات مدل و مدیریت داده



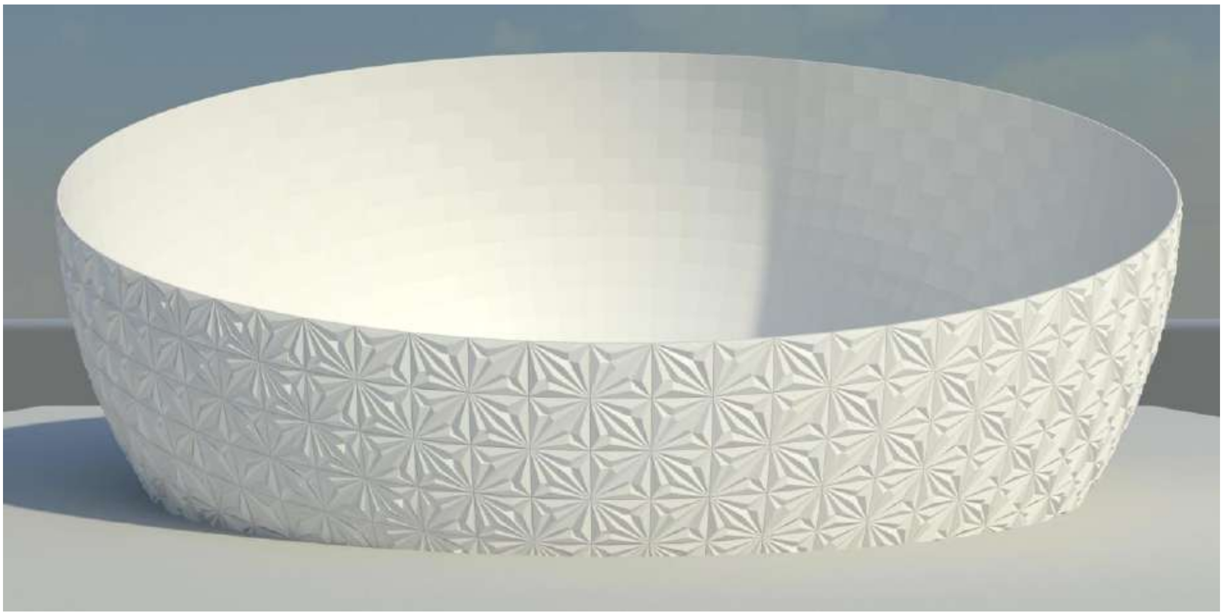
تصویر شماره ۷: آماده سازی قالب ها برای پوشش GFRC



تصویر شماره ۸: فرم قالب در کارگاه جهت قطعات نما

تصویر شماره ۹: یکی از ۷۰۰ قطعه آماده شده نما در محل کارگاه

تصویر شماره ۱۰: نمای نزدیک پنل های نصب شده روی جداره نما



تصویر شماره ۱۱: پوسته چون ساخت بنا

۵- نتیجه گیری

با توجه به تجربه بدست آمده در این پروژه موارد زیر قابل جمع بندی می باشد .

۱. برای انتخاب یک استراتژی مناسب در مدلسازی بیم دریافت درخواست های پروژه و کارفرما و سرمایه گذاران نقش کلیدی دارد .

۲. در بحث انتخاب نرم افزارهای مناسب در مدل های بیم تعامل بین نرم افزارها و امکان کارگروهی و تیمی و اشتراک اطلاعات در انتخاب نرم افزار بسیار حائز اهمیت می باشد .

۳. تیم بیم در پروژه های مشابه که فاصله زمانی بین اجرا و تولید مدل بیم به صورت همزمان و یا با فاصله زمانی کم می باشد باید به صورت بخشی از تیم اجرا و دفتر فنی ایفای نقش نماید تا مدل تولید شده به اجرا نزدیک تر باشد .

۴. تصمیم گیری بدون در اختیار داشتن اطلاعات دقیق و کامل از شرایط موجود پروژه غیرممکن بوده ، لذا یکی از دلایل اصلی مدل های مجازی ساخت قبل از ساخت اخذ تصمیمات مهم مدیریتی و اجرایی می باشد .

افزایش بهره وری و کاهش اتلاف انرژی در ساخت با مدیریت اطلاعات پروژه در سیستم بیم و بهره گیری همه جانبه از راهکارهای تئوری و عملی و نرم افزاری بیم در پروژه های ساخت و ساز راهی روشن را برای فعالان عرصه ساخت و ساز روشن نموده است . یکپارچه سازی اطلاعات و دوری از اطلاعات منفرد ، زبانی مشترک و هماهنگ در کاهش هزینه و زمان و افزایش کیفیت خواهد بود . این زبان مشترک سرعت و دقت پروژه های دولتی و خصوصی با هر کاربری از مقیاس متوسط تا بزرگ را افزایش داده و با در اختیار قراردادن یک دید جامع از امکانات و شرایط موجود امکان تصمیم گیری های حیاتی و دقیق را فراهم می آورد .

امید داریم با یک تلاش جدی از سوی فعالان عرصه ساخت و ساز ، دولت و تیم های فعال بیم در ایران و همچنین با به اشتراک گذاری تجارت گامی موثر در صنعت ساخت و ساز ایران برداشته شود .

منابع و مراجع

[۱] سان، م.، هاوارد، ر. (۱۳۹۵) فناوری اطلاعات (IT) در مهندسی ساختمان و مدیریت پروژه، ترجمه گلابچی، م. و آل نبی، م.، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[2] Bryde D, Broquetas M, Volm JM. (2012) The project benefits of Building Information Modelling (BIM). Int J Proj Manag 2013;31:971–80.

[3] Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. vol. 2.

[4] Eddy Krygiel, Bradley Nies .(2012) .*Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling* .Chicago: Wiley.

[5] East.W . (2009) .Performance Specifications for Building Information Exchange .*Journal of Building Information Modeling*.

[6] Eddy Krygiel, Bradley Nies. (2012) *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling* .Chicago: Wiley.

[7] Energy, U. D. (2003) .*Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EREN .(*Atlanta: Center of Excellence for Sustainable Development.

[8] Lieyun Ding, Ying Zhou , Burcu Akinci. (2014). Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. *Automation in Construction*.

[9] Smith, D. (2007). An Introduction to Building Information Modeling BIM. *Journal of Building Information Modeling*.

بخش دوم

مقالات پوستری

پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز و شیوه های مدیریت پروژه، نقاط مشترک و راهکارها

حامد خاکسار[1،*]

*۱ *- نویسنده مسوول: فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی اصفهان*
(H.khaksar@cv.iut.ac.ir)

چکیده

مدل سازی اطلاعات ساختمان در حال تبدیل شدن به یک روند جامع همکاری در بین قسمت‌های مختلف صنعت ساختمان می‌باشد که با استفاده از ارتباطات موثر رشته‌های مختلف را باهم ادغام می‌کند، سیستم‌های پروژه را برای سازگاری با یکدیگر تحلیل می‌کند، با بهره گیری از برآورد مقادیر به تخمین هزینه و زمان پروژه‌ها می‌پردازد و در نهایت یک تصویر و بانک داده‌ای بزرگ از پروژه به وسیله مدل‌سازی صورت گرفته برای تیم پروژه فراهم می‌سازد. که تمامی این‌ها به شکلی دیگر توسط تیم مدیریت پروژه در طول حیات پروژه انجام می‌گیرد. لیکن با بهره‌گیری از مزایای مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌توان به شکل موثرتری به تحلیل همه جانبه روند ساخت و ساز و دستیابی به بهترین شیوه هدایت پروژه دست یافت. لذا هدف از این مقاله یافتن ارتباط میان مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت پروژه و ساختن تصویری حقیقی از تضادها و نقاط مشترک و تلفیق این دو در یکدیگر جهت حصول بهترین نتیجه در عرصه ساخت و ساز و مسائل و مشکلات پیش روی جهت پیاده سازی آن در صنعت ساخت و ساز می‌باشد.

واژگان کلیدی: مدیریت پروژه، مدل سازی اطلاعات ساختمان، صنعت ساخت و ساز

۱- مقدمه

مستند سازی یک جز ضروری جهت کار پروژه در طول تاریخ بوده است. که یک تغییر اساسی در روند مستند سازی را از سندهای کاغذی به اسناد الکترونیک تجربه کرده است. با این حال صنعت ساخت و ساز مجددا در حال تجربه یک تغییر بنیادین دیگر در شکل مستند سازی اسناد و فرآیندهای مرتبط با آن می‌باشد، که این تغییر به صورت یک محیط مشترک مبتنی بر کامپیوتر به نام مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌باشد.

مدل سازی سه بعدی در اوایل سال ۱۹۷۰ میلادی براساس طراحی با استفاده از کامپیوتر توسط صنایع مختلف توسعه یافت.(Eastman C 2011) که به دنبال آن صنایع ساخت و ساز شروع به پیاده سازی مدل‌های دو بعدی جهت بهره‌گیری از این فناوری نمودند. و برای بهبود و ارتقا مشخصات این روش مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان در اوایل سال ۲۰۰۰ میلادی معرفی گردید (Volk R 2014).

مدل سازی اطلاعات ساختمان به طور کلی به عنوان یک اصطلاح کلیدی برای توصیف انواع فعالیت‌ها در طراحی شی‌گرا با استفاده از کامپیوتر محسوب می‌شود، که به نمایش مشخصات و روابط عناصر ساختمان به صورت هندسه سه بعدی و یا غیر هندسی (عملکردی) می‌پردازد. بنابراین مدل سازی اطلاعات ساختمان به مجموعه‌ای از فناوری‌ها و راه حل‌هایی اتلاق می-شود که کمک به بهبود همکاری بین سازمانی در صنعت ساخت و ساز می‌نماید. و باعث افزایش بهره‌وری در روند طراحی، ساخت و نگهداری پروژه‌ها می‌گردد(Miettinen and Paavola 2014) . از طرفی مدل سازی اطلاعات ساختمان را می-توان به عنوان روشی قابل اعتماد، دیجیتالی، سه بعدی و مجازی که تصویری از پروژه برای تصمیم گیری در زمان طراحی، برنامه‌ریزی ساخت و ساز، برآورد هزینه و نگهداری پروژه‌های ساختمانی می‌سازد، تعریف نمود(Images 2009) . همچنین طبق تعریف کتابچه راهنمای BIM منتشر شده در سال ۲۰۰۸، مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک فناوری مدل سازی با کمک کامپیوتر با هدف مدیریت اطلاعات پروژه ساخت و ساز با تمرکز بر تولید، ارتباط و تجزیه و تحلیل مدل‌های اطلاعات ساختمان مطرح می‌شود.

تغییرات گسترده در فناوری اطلاعات و ارتباطات صنعت ساختمان در بخش‌های معماری، مهندسی و ساخت و ساز[۲۴] در حال گسترش مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان است(Bryde, Broquetas et al. 2013). مدل سازی اطلاعات ساختمان یک سیستم است که وظیفه اصلی آن مدیریت اطلاعات می‌باشد و به همین علت یک موضوع مدیریت پروژه هم به حساب می‌آید. همچنین یک رابطه مدیریتی دو طرفه بین واقعیت مدل سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت پروژه وجود دارد که این رابطه دوسویه بسیار مهم و ضروری می‌باشد (Travaglini, Radujkovic et al. 2014). با این حال هنوز پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در عرصه مدیریت ساخت و پروژه هنوز یک مسئله مشکل‌زا در عمل می-باشد(Hartmann, van Meerveld et al. 2012) از جمله موانع سد راه پیاده‌سازی این سیستم در عمل براساس مطالعات پیشین می‌توان به ساختار آزادنه صنعت ساخت و ساز اشاره کرد (Taylor 2007).

همچنین مدل سازی اطلاعات ساختمان در حال تغییر وسیع در نحوه مدیریت اطلاعات ساخت در عرصه‌های معماری، مهندسی و صنعت ساخت می‌باشد. که نحوه مدیریت اطلاعات یکی از مسائل بحرانی و پیچیده‌ای می‌باشد که خود نیاز به مدیریت بهینه در پروژه‌های ساخت دارد. (Forgues and Boton 2015)

---

[24] AEC

۲- ساختار مدل سازی اطلاعات ساختمان

دراین بخش به بررسی و توضیح جنبه‌های مختلف مدل سازی اطلاعات ساختمان که خود می‌تواند در مدیریت پروژه نقش به سزایی را ایفا کند می‌پردازیم(Lahdou 2011) (Rokooei 2015):

۱. کنترل تداخلات: با استفاده از این قابلیت امکان تشخیص تداخلات و ناهماهنگی‌های سیستم‌های مختلف همانند تاسیسات مکانیکی الکتریکی و سازه و بازبینی مشکلات با بهره‌گیری از مدلی که کلیه قسمت‌ها برروی یکدیگر قرار می‌گیرند امکان پذیر است. همچنین ایرادات ظاهری که می‌تواند منجر به کیفیت ظاهری پایین ساخت منجر شود به راحتی می‌تواند کشف و اصلاح گردد (Eastman C 2011)

۲. تجزیه و تحلیل: کمک به مدیر پروژه، مهندسین و طراحان با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های بیشتر و فراهم سازی روند تصمیم‌گیری از دیگر جنبه‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌باشد. همانند تحلیل انرژی مصرفی ساختمان به وسیله اندازه‌گیری نقاط اوج مصرف انرژی و در نظر گرفتن عایق بندی بهتر جهت جلوگیری از هدر رفت انرژی در طول حیات سازه، آنالیز نور و روشنایی و عایق بندی صدا.

۳. سازگاری: به وسیله قابلیت‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌توان برای تیم‌های مشارکت کننده در پروژه به مرور و مدیریت مشکلات ساخت پرداخت. همچنین ارائه اطلاعات به صورت بصری را می‌توان یک مزیت در جهت مشخص نمودن نقاط مبهم و دارای اشکال در جهت کمک نمودن به بهترین راه حل و کاهش خطرات و ریسک پذیری ساخت در نظر گرفت.

۴. مدل سازی هزینه و زمان: از دیگر قابلیت‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان تخمین مدت زمان و هزینه پروژه می‌باشدکه در اصطلاح به آن مدل سازی چهار بعدی و پنج بعدی گفته می‌شود. و مدیر پروژه را قادر می‌ساز در هرزمان و در هر فازی از پروژه نسبت به برآورد و به دست آوردن یک دید واضح از زمان و هزینه پروژه اقدام نماید. همچنین مدل سازی اطلاعات ساختمان قادر است به وسیله طرح شبیه سازی‌های مختلف به ارائه مدل‌های مختلفی به مدیر پروژه جهت به دست آوردن بهترین تصمیم کمک کند.

۵. همکاری تیم‌های مختلف: قابلیت همکاری عوامل مختلف مشارکت کننده در پروژه از دیگر قابلیت‌های حائز اهمیت مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌باشد که این عامل خود از پارامترهای اساسی و مهم در موفقیت یک پروژه است. که به وسیله آن تمامی متخصصین و مهندسین به طور واحد کار خود را بر روی یک مدل متحد به اشتراک گذاشته شده بین تمامی عوامل انجام می‌دهند.

۶. ارتباطات: به علت ماهیت استفاده از یک مدل متحد جهت مدل‌سازی، آنالیز و تغییر داده-ها در بین تمامی عوامل پروژه من جمله مدیران، مهندسین، طراحان و پیمانکاران، سبب بهبود قابلیت‌های همکاری و ارتباطات بین آن‌ها می‌گردد.

۷. برآورد مقادیر: برآورد مقادیر در عرصه مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند کمک شایانی به تیم مدیریت پروژه و مدیران جهت اتخاذ بهترین تصمیم و به دست آوردن بینش روشن و قابل اعتمادی نسبت به گزینه‌های مختلف در فاز طراحی و یا حتی در فاز اجرای کار داشته باشند.

۳- نظریه‌ها و شیوه‌های مدیریت پروژه براساس استاندارد pmbok در مقابل مدل سازی اطلاعات ساختمان

هدف اصلی راهنمای pmbok تعریف زمینه‌های دانش برای مدیریت پروژه و شناسایی شیوه‌های شناخته شده حرفه‌ای در مدیریت پروژه است. و از آنجایی که فلسفه PMI و برنامه‌های صدور گواهی نامه آن بسیار گسترده است، این راهنما را می-توان غالب در درک کلی این رشته دانست (Morris 2013) .

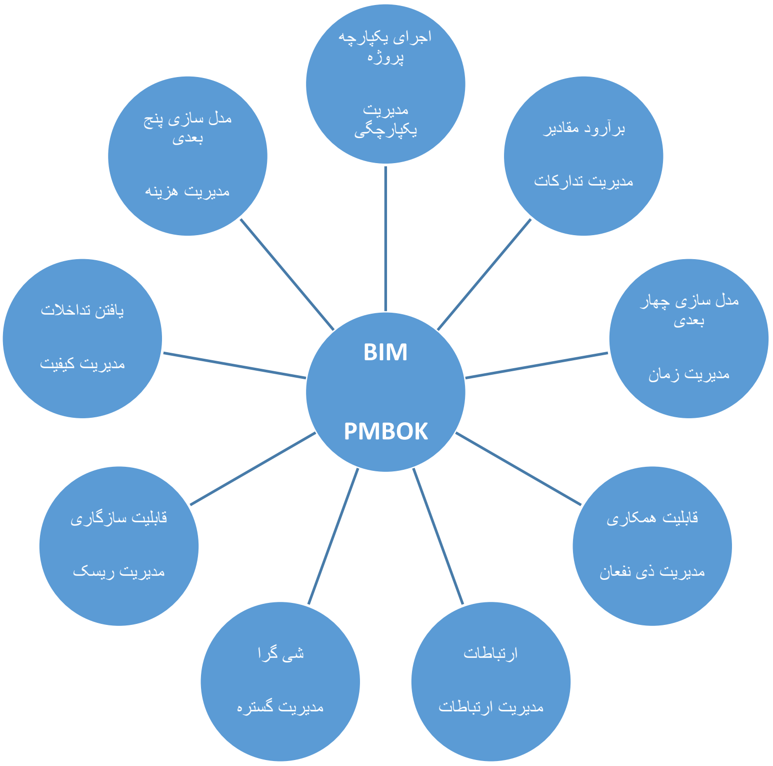
مدیریت یکپارچگی پروژه اولین حوزه استاندار pmbok است، که دارای عملکرد مشابه در مدل سازی اطلاعات ساختمان است که به یکپارچه سازی اسناد، نقشه‌ها، طراحی‌ها و تلاش‌های کلیه عوامل موثر در پروژه می‌پردازد. همچنین مدل سازی اطلاعات ساختمان یک محیط مبتنی بر شی است که می‌تواند به دسته بندی عناصر مختلف یک ساختمان و تجزیه آن به گروه‌های مختلف همانند آنچه در حوزه مدیریت یکپارچگی پروژه اتفاق می‌افتد مبادرت نماید(Rokooei 2015). از دیگر نقاط حائز توجه در این زمینه قابلیت مدل سازی اطلاعات ساختمان در مدیریت هزینه و زمان که به عنوان مدل چهار بعدی (مدیریت زمان) و پنج بعدی (مدیریت زمان و هزینه) اشاره کرد که در استاندار pmbok در حوزه مدیریت زمان و حوزه مدیریت هزینه به آن پرداخته شده است. قابلیت همکاری و مدیریت تیم پروژه به عنوان حوزه مدیریت منابع انسانی پروژه، توانایی مدل سازی اطلاعات ساختمان در مشخص نمودن نقاط تداخل به عنوان حوزه مدیریت کیفیت و برآورد دقیق و ساختارمند مصالح در مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان مدیریت تدارکارت در میان حوزه‌های دانش استاندارد pmbok را می‌توان نام برد. که این‌ها خود گواه از انطباق کامل میان استاندارد pmbok و مدل سازی اطلاعات ساختمان خبر می‌دهد.

مقایسه نظیر به نظیر برنامه ریزی پروژه براساس pmbok و پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های ساخت مطابقت کامل با حوزه‌های دانش استاندار PMBOK دارد. که ماهیت و جایگاه هر کدام از حوزه‌ها شبیه به یکدیگر است. بنابراین مدل سازی اطلاعات ساختمان را می‌توان یک ابزار تاثیرگذار و قدرتمند در عرصه مدیریت پروژه‌ها در صنعت ساختمان قلمداد کرد (Rokooei 2015).

جدول ۷ مقایسه طرح پروژه PMBOK و محتویات برنامه اجرای BIM

	طرح پروژه بر اساس استاندارد PMBOK	اجرای پروژه بر اساس مدل سازی اطلاعات ساختمان
اطلاعات پروژه	دیدگاه مدیریت پروژه	اطلاعات پروژه
	مدیریت تدارکات	استراتژی‌های تحویل/ قرارداد
	گستره پروژه	اهداف پروژه/ کاربران BIM
	Milstone	تحویل پذیری پروژه
منابع و برنامه‌ریزی	برنامه‌ریزی خطوط مبنا و WBS	ساختار مدل
	منابع	زیرساخت‌های فناوری موردنیاز
	مدیریت کیفیت	کنترل کیفیت
	مدیریت پرسنل و منابع انسانی	نقش سازمانی/ کارکنان
	مدیریت برنامه‌ریزی	برنامه ریزی برای تحویل
	مدیریت ریسک	مدیریت ریسک
	مدیریت هزینه	
قابلیت همکاری و تبادل	مدیریت تغییرات	روش‌های همکاری
	مدیریت ارتباطات	مخاطبین اصلی
	تبادل مدیریت ارتباطات	تبادل اطلاعات BIM
	مدیریت تدارکات	طراحی فرآیند BIM

همچنین جهت درک بهتر همخوانی کامل مابین حوزه‌های دانش استاندارد PMBOK و جوانب مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌توان مقایسه نظیر به نظیری از هر یک از فرآیندها و جوانب هر دو به شکل زیر ارائه نمود.



۴- جایگاه و مسئولیت‌های مدیران مدل سازی اطلاعات ساختمان

هر شرکتی از چارت سازمانی و سلسله مراتب خود در مدیریت پروژه استفاده می‌کند، اما طرح اجرایی مدل سازی اطلاعات ساختمان از تاکید خاصی بر مسئولیت‌های مدیران مدل سازی اطلاعات ساختمان دارد (Forgues and Boton 2015). از دیدگاه نظری این مسئولیت‌ها عمدتا به مدیریت محتوای مدل، کنترل کیفیت و هماهنگی مدل‌های سه بعدی مربوط می‌شود که در عمل شرکت‌های معماری و تاسیساتی بازیکنان اختصاص داده شده برای این نقش را در شرکت‌های خود تعیین کرده-اند. همچنین به نظر می‌رسد مدیر مدل سازی اطلاعات ساختمان که توسط شرکت مهندسی مسئول طراحی سازه تعیین شده است می‌تواند نقش کلیدی‌تری را به عنوان مدیر اصلی مدل سازی اطلاعات ساختمان که در ارتباط با مدیر پروژه است را ایفا کند (Forgues and Boton 2015).

همچنین در واقعیت نقش مدیران مدل سازی اطلاعات ساختمان از یک رشته به رشته دیگر (سازه، معماری، تاسیسات مکانیکی و تاسیسات الکتریکی) متفاوت است. برای مثال مدیری که توسط شرکت معماری تعیین شده است دارای نقش مدیریتی و فنی است. او مسئولیت بارگذاری هفتگی مدل‌های معماری و ادغام آن را با مدل‌های دیگر را عهده‌دار است. علاوه براین وی به بررسی تداخل عناصر بین رشته‌های مختلف و درون رشته خود را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. و پیگیر کنترل کیفیت از جانب هریک از طراحان رشته‌های مختلف در طول هفته بر روی مدل معماری می‌باشد. از آن سو شرکت طراح تاسیسات مکانیکی و الکتریکی به علت ماهیت متفاوت طراحی خود سلسله مراتبی متفاوت و پیچیده‌تر دارد. مدیر مدل سازی اطلاعات ساختمان تعیین شده در این شرکت به همراه یک مدیر مدل سازی اطلاعات ساختمان اختصاص داده شده به هریک از شاخه‌های تهویه مطبوع، تاسیسات الکتریکی، لوله‌کشی و... به سازماندهی کار برای کل تیم پروژه مشغول می‌باشد و به بررسی مدل‌های سه بعدی قسمت های مختلف می‌پردازد. همچنین مسئولیت پیگیری تداخلات و مدیریت تداخل تاسیسات را در مدل ساخته شده در نرم‌افزار را هم عهده‌دار است.

مدیری که از طرف شرکت طراح سازه منصوب می‌شود نقش کلیدی‌تری نسبت به دو مدیر دیگر دارد. او باید با مدیر پروژه برای تعامل با مهندسان طراح سازه و هماهنگی آن‌ها با مدیر پروژه همکاری داشته باشد. و کیفیت مدل دوبعدی مفهومی ارائه شده توسط طراحانش را برای انطباق با مدل سه بعدی تضمین کند. همچنین پیمانکار نیز می‌باید دو مدیر مدل سازی اطلاعات ساختمان را برای هدایت جنبه‌های چهار بعدی و پنج بعدی پروژه اختصاص دهد(Forgues and Boton 2015).

۵- پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت

پیاده سازی مدل اطلاعات ساختمان در عرصه صنعت ساختمان وعده بهبود ارتباطات و روابط تیم‌های مشارکت کننده در پروژه و کلیه ذینفعان را از طریق قابلیت‌های همکاری و به اشتراک گذاری بیشتر اطلاعات پروژه را می‌دهد(Hardin 2009) هرچند برای پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در این صنعت کلیه مشارکت کنندگان می‌باید نسبت به پیکربندی و تهیه ابزار و بستر نرم‌افزاری مبتنی بر این روش جهت کلیه فرآیندهای کار پروژه و مدل‌های کسب و کار اقدام نمایند(Hartmann 2009) که در حال حاضر اطلاعات عملی اندکی جهت حمایت از این عرصه وجود دارد. و برای غلبه بر مشکلات پیش رو محققان متعددی به گسترش دیدگاه‌های مختلفی برای پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان جهت کمک به جنبه‌های متفاوت این زمینه برای مشارکت کنندگان مبادرت نموده‌اند. که برخی از این حنبه‌ها عبارتند از:

- ابعاد فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان مثال طبقه‌بندی اجرای مدل سازی اطلاعات ساختمان با توجه به نرم‌افزار یا سخت‌افزار آن(Jung and Joo 2011)
- تاثیرات بر کسب و کار ساخت، اینکه چه ساز و کاری جهت پیاده سازی می‌باید در زمینه یک پروژه ساختمانی یا یک شرکت عمرانی انجام پذیرد (Arayici, Coates et al. 2011)
- پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در ابعاد صنعتی، اینکه آیا پیاده سازی این روش در سطح صنعت یا شرکت یا پروژه رخ می‌دهد یا خیر(Jung and Joo 2011)
- بررسی ابعاد بلوغ و پیشرفت مدل سازی اطلاعات ساختمان، مطالعه پیاده سازی عادی و پیشرفته این روش (Succar 2009)
- مقررات و استاندارهای مرتبط با پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان (Succar 2009)

در طی تحقیقی که در سال ۲۰۱۲ جهت بررسی جوانب پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان بر روی دو پروژه از دیدگاه مدیریت ریسک و برآورد هزینه صورت پذیرفت(Hartmann, van Meerveld et al. 2012) اطلاعات گردآوری شده بیانگر این مطلب بودند که شیوه‌های مدیریت پروژه به خوبی می‌توانند راهنمایی مفید برای درک و پشتیبانی از پیاده سازی ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان در سطح عملیاتی یک سازمان باشند و علاه برآن با تمرکز بر روی شیوه‌های مدیریت پروژه موجود در سازمان محققان قادر به اجرای فن آوری‌های مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان به شیوه‌ای قابل درک برای مدیران پروژه در پروژه‌ها گردیدند. همچنین به دست آوردن درک عمیق از رویه‌های کارهای پروژه به صورت محلی برای محققان این امکان را فراهم آورده که به طور خاص تکنولوژی‌های موجود مدل سازی اطلاعات ساختمان را با توجه به نیازهای آن پروژه‌ها اختصاصی سازی کنند.

از طرفی برای پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در کشور با فضای موجود حاکم بر صنعت ساختمان من‌جمله رکودی که در چند سال اخیر بر این صنعت عظیم که می‌توان آن در زمره صنایع حائز اهمیت در چرخه اقتصادی کشور دانست سایه افکنده، براساس مطالعات انجام شده موانع بسیاری پیش رو است، من جمله عدم حمایت و انگیزه از سوی بازیکنان اصلی این صنعت، نبود دانش کافی، تجربه اجرا در پروژه‌ها و مقاومت در مقابل تغییر در ساختار سازمان‌ها (شاکری، اقبال و خشایار اسدی بروجنی،۱۳۹۵) نام برد. از سوی می‌توان عواملی دیگر چون عدم توانایی مدیران صنعت ساختمان در راضی نمودن کارفرمایان برای استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان جهت پروژه‌ها (نوابی و یوسفی خو، ۱۳۹۵) را هم در نظر گرفت.

سایر عوامل تاثیر گذار را نیز که باعث روند کند پذیرش مدل سازی اطلاعات ساختمان در کشور شده است را می‌توان به شرح زیر عنوان نمود(ستوده بیدختی, امیرحسین؛ حسین بهرامی و احسان اثنی عشری، ۱۳۹۴):

- در نظر گرفتن پروژه‌های عمرانی به صورت فازهای مجزا از هم
- عدم آموزش متناسب با سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان
- شیوه تقسیم‌بندی خدمات سازمان نظام مهندسی ساختمان و جداسازی طراحی، نظارت و اجرا
- عدم تعریف زبان مشترک بین ذینفعان پروژه و چگونگی همکاری در سیستم یکپارچه
- فرهنگ اقتصادگرایی در بین مدیران ایرانی و عدم تمایل اشتراک اطلاعات پروژه

۶- نتیجه گیری

در این مقاله علاوه بر بررسی جنبه‌های تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان و قابلیت‌های آن من جمله مزایای که استفاده از این تکنولوژی برای پروژه‌های ساخت فراهم می‌سازد، به بررسی تقابل و همراهی آن با شیوه‌های مدیریت پروژه و روش‌های پیاده سازی آن در پروژه‌های ساخت و مزایا و مشکلات پیش رو چه در موارد عملی و چه موانع پیش رو در کشور پرداخته شد. این نکته حائز اهمیت است که در نهایت این روش می‌باست توسط یک شخص مورد استفاده قرار گیرد، که بهترین نقش در یک پروژه برای بهره‌گیری از آن کسی غیر از مدیر پروژه نمی‌باشد. به این علت که شباهت‌های فراوانی بین مسئولیت‌های یک مدیر پروژه و یک مدیر مدل سازی اطلاعات ساختمان وجود دارد. که این امر مدل سازی اطلاعات ساختمان را بیش از آن که یک ابزار تکنولوژی و یا ابزاری که صرفا با استفاده از چند نرم‌افزار اقدام به مدل سازی یک ساختمان توسط چند اپراتور مسلط به نحوه استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط از تمامی جنبه‌ها می‌نماید، جلوه دهد به عنوان یک روش مدیریتی بیان می‌نماید. البته مزایای مدل سازی اطلاعات ساختمان تنها متوجه مدیر پروژه نمی‌باشد، بلکه به خاطر مزایایی که این روش به دنبال پیاده سازی خود برای پروژه به همراه می‌آورد، نتایج مثبت آن متوجه تمامی ذینفعان پروژه می‌گردد.

البته جهت بهره‌گیری از این روش در صنعت ساخت و ساز نیاز به پیش‌نیازهایی همچون هزینه و زمان جهت آموزش نیروی کار متخصص و یا مقاومت این صنعت در مقابل تغییر در روش‌های کار به طور عمومی و در کشور عدم همت مسئولین و سیاست گذاران اصلی این صنعت از زمره مهم‌ترین موانع پیش رو می‌باشد، که امید است با درک بیشتر و ارائه هر چه بهتر این روش نوین توسط محققین و سایر دست اندرکاران صنعت ساختمان شاهد شکوفایی هرچه بیشتر آن در آینده نزدیک در عرصه صنعت ساخت و ساز باشیم.

منابع و مراجع

[۱] شاکری, اقبال و خشایار اسدی بروجنی، ۱۳۹۵، بررسی وضعیت کنونی مدلسازی اطلاعات ساختمان در کشور ایران جهت پیاده سازی و پذیرش آن در صنعت ساخت و ساز کشور،*چهارمین کنگره بین المللی عمـران ، معمـاری و توسـعه شـهری*، تهـران، دبیرخانـه دایمـی کنفرانس، دانشگاه شهید بهشتی

[۲] نوایی, ابوالفضل و زهره یوسفی خو، ۱۳۹۵، راهکارهای توسعه فنـاوری مدلسـازی اطلاعـات سـاختمان BIM در صـنعت سـاختمان کشور، *چهارمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معمـاری و مـدیریت شـهری*، تهـران، دانشـگاه صـنعتی خواجـه نصیرالدین طوسی

[۳] ستوده بیدختی, امیرحسین؛ حسین بهرامی و احسان اثنی عشـری، ۱۳۹۴، مـروری بـر مطالعـات مدلسـازی اطلاعـات سـاختمان در ایران، *دومین کنفرانس بین المللی ابزار و تکنیکهای مدیریت*، تهران

[2] Arayici, Y., et al. (۲۰۱۱). "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice." Automation in Construction ۲۰(۲): .۱۹۵-۱۸۹

[3] Bryde, D., et al. (۲۰۱۳). "The project benefits of Building Information Modelling (BIM)." International Journal of Project Management ۳۱(۷): .۹۸۰-۹۷۱

[4] Eastman C, T. P., Sacks R, Liston K (۲۰۱۱). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey, USA, John Wiley & Sons.

[5] Forgues ,D. and C. Boton (۲۰۱۵). BIM projects. Is it the end for the Construction Project Manager?

[6] Hardin, B. (۲۰۰۹). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, Wiley.

[7] Hartmann, T., Fischer, M & Haymaker (۲۰۰۹). "Implementing information systems with project teams using ethnographic-action research." Advanced Engineering Informatics ۲۳: .٦٧-٥٧

[8] Hartmann, T., et al. (۲۰۱۲). "Aligning building information model tools and construction management methods." Automation in Construction۲۲ (Supplement C): .٦۱۳-٦۰٥

[9] Hartmann, T., et al. (۲۰۱۲). "Aligning building information model tools and construction management methods." Automation in Construction ۲۲: .٦۱۳-٦۰٥

[10] Images, W. (۲۰۰۹). Building Information Modeling: Understanding and Operating in a New Paradigm, The Foundation of Wall and Ceiling Industry, Falls Church.

[11] Jung, Y. and M. Joo (۲۰۱۱). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation.

[12] Lahdou, R. Z., D., (۲۰۱۱). BIM for Project Managers, Chalmers University of Technology.

[13] Miettinen, R. and S. Paavola (۲۰۱٤). "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling." Automation in Construction ٤۳: .۹۱-۸٤

[14] Morris, P. (٢٠١٣). "Reconstructing Project Management Reprised: A Knowledge Perspective." Project Management Journal ٤٤(٥): .٢٣-٦

[15] Rokooei, S. (٢٠١٥). "Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes." Procedia - Social and Behavioral Sciences ٢١٠(Supplement C): .٩٥-٨٧

[16] Succar, B. (٢٠٠٩). Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholers.

[17] Taylor, J. (٢٠٠٧). "Antecedents of successful three-dimensional computer-aided design implementation in design and construction networks." Journal of Construction Engineering and Management ١٣٣: ٩٩٣–.١٠٠٤

[18] Travaglini, A., et al. (٢٠١٤). Building Information Modelling (BIM) and Project Management: a Stakeholders Perspective.

[19] Volk R, S. J., Schultmann F (٢٠١٤). "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — literature review and future needs." ٣٨(Autom Constr .١٢٧-١٠٩ :(٢٠١٤

مروری بر ساخت مدل سه‌بعدی ساختمان به کمک لیزر اسکنرهای سه‌بعدی

وحید شاه‌حسینی[۱،*]، اقبال شاکری[۲]، افسانه عسکری[۳]

*۱ و *- نویسنده مسوول: استادیار، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (shahhosseini@aut.ac.ir)*

۲- استادیار، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (eshakeri@aut.ac.ir)

۳- دانشجو، کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (aaskari@aut.ac.ir)

چکیده

با توجه به گسترش استفاده از مدل‌های سه‌بعدی ساختمان در بخش‌های مختلف مدیریت پروژه، در اختیار داشتن این مدل سه‌بعدی حائز اهمیت است. امروزه در ساختمان‌های جدید، اغلب؛ این مدل سه‌بعدی در مرحله طراحی پروژه، با استفاده از نرم افزارهایی همچون رویت آماده می‌شود که می‌توان از آن برای مدیریت منابع پروژه استفاده کرد، امّا ساختمان‌هایی که در گذشته ساخته شده‌اند فاقد چنین مدل‌های دیجیتالی هستند و حتی ممکن است هیچ نقشه دوبعدی نیز به عنوان مستندات آنها موجود نباشد، در چنین مواردی لزوم استفاده از تکنولوژی‌های جدیدی همچون اسکنرهای لیزری سه‌بعدی مفید خواهد بود. در این مقاله، فرآیند تبدیل مختصات سه‌بعدی خروجی دستگاه لیزر به المان‌های سازه‌ای با معنا همچون دیوار، بصورت گام به گام بر اساس مقالات و پژوهش‌های صورت پذیرفته تاکنون بیان شده‌است.

واژگان کلیدی: مدلسازی، مدل سه‌بعدی، اسکن لیزری

۱- مقدمه

یکی از بخش‌های مهم مدیریت پروژه، کنترل پیشرفت آن می‌باشد. برای کنترل پیشرفت یک پروژه باید وضعیت واقعی پروژه تعیین و با وضعیت مرحله طراحی، مقایسه شود و در صورت عقب بودن مراحل انجام شده، از وضعیت برنامه‌ریزی شده، لازم است اقدامات اصلاحی، صورت پذیرد. خوشبختانه امروزه با توسعه مفهوم مدلسازی اطلاعات ساختمان (بیم)[۲۵] می‌توان به صورت یکپارچه تمامی فعالیت‌های مربوط به مدیریت و کنترل پروژه را براحتی انجام داد. با توجه به وجود نرم افزارهایی قدرتمند در حوزه مدلسازی اطلاعات ساختمان، معمولاً مدل سه‌بعدی ساختمان در همان گام طراحی ایجاد می شود، امّا به دلایلی از جمله تغییرات جزیی و یا حتی کلی در ساختمان در مرحله اجرا، اغلب برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه نمی‌توان به این مدل‌های سه‌بعدی اعتماد کرد، از این روی داشتن مدل سه‌بعدی چون ساخت، ضروری به نظر می‌رسد. در حال حاضر اغلب ساختمان‌هایی که در واقعیت وجود دارند حتی فاقد نقشه‌های دوبعدی مربوط به مرحله طراحی هستند و این خود مشکلاتی را در مرحله تعمیر، نگهداری و بازسازی ساختمان ایجاد می‌نماید، بنابر این همانطور که پیشتر نیز اشاره شد، تشکیل مدل سه‌بعدی ساختمان‌های موجود می‌تواند کمک شایانی به متخصصان صنعت ساخت و ساز نماید. تحقیقات نشان داده است که برای تشکیل یک مدل سه‌بعدی از ساختمان موجود می‌توان از داده‌های لیزر اسکنرهای سه‌بعدی استفاده نموده و پس از مقایسه مدل چون ساخت با مدل فاز طراحی، می‌توان کار کنترل پروژه را به خوبی انجام داد.

هدف اصلی در این پژوهش، مروری بر مراحل مدلسازی سه‌بعدی به صورت گام به گام و در هر گام؛ بررسی و جمع‌بندی پژوهش‌هایی که در این زمینه تا به امروز انجام شده‌است، می‌باشد، اما در ابتدا لازم است مفاهیمی پیرامون مدلسازی اطلاعات ساختمان وکنترل پروژه، هر چند بطور مختصر، بیان شده و در ادامه توضیحاتی در خصوص تکنولوژی اسکن لیزری سه‌بعدی ارائه گردد.

۲- تعریف مدلسازی اطلاعات ساختمان (بیم)

بیم به‌عنوان نرم افزارهای شی‌گرا شناخته می‌شود و شامل اجزای پارامتریکی هست که ساختمان را تشکیل می‌دهند (وانگ[۲۶]و یانگ[۲۷]، ۲۰۱۰)، در نتیجه بیم، نمایشی دیجیتالی، پارامتریک، هوشمند، سرشار از داده[۲۸] و شی محور[۲۹] است به‌نحوی که کلیه دیدگاه‌های کاربران براساس نیاز آنها از این مدل قابل استخراج و تحلیل می‌باشد (وینبرگ[۳۰]و دالفیس[۳۱]، ۲۰۱۰). بیم توانایی فراهم آوردن کلیه اطلاعات مورد نیاز در چرخه حیات پروژه اعم از ارتباطات فضایی[۳۲]، اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی، کمیت و مشخصات اعضای ساختمانی، تخمین هزینه، فهرست مصالح و زمان‌بندی پروژه را فراهم می‌آورد (عظر[۳۳]و هین[۳۴]، ۲۰۰۸).

---

[25] Building Information Modeling (BIM)
[26] Wong
[27] Yang
[28] Data-Rich
[29] Object Based
[30] Winberg
[31] Dahlqvist
[32] Spatial Relatonship
[33] Azhar

۳- معرفی پویش لیزری[35]

لیزراسکنر در واقع یک توتال استیشن روباتیک است که به همراه دوربین فتوگرامتری برد کوتاه، بدون نیاز به رفلکتور[36] می‌تواند با سرعتی بالا و باور نکردنی نقاط محیط اطراف خود را برداشت نموده و توسط کامپیوتر هدایت شود. میدان دید اسکنر به دلیل عدم استفاده از رفلکتور دقیقاً مانند چشم انسان می‌باشد. بدین معنی که اگر انسان به جای لیزر اسکنر روی ایستگاه مربوطه ایستاده باشد، هر چیزی را که انسان قادر به دیدن آن است توسط اسکنر برداشت می‌شود. دستگاه‌های اسکن لیزری دارای سه نوع هوایی، زمینی و خودرو[37] هستند.

۴- مزایای استفاده از لیزر اسکنرهای سه‌بعدی

دراین بخش برتری‌ها و مزایای استفاده از لیزر اسکنر بصورت مختصر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱) در مدت زمان بسیار کوتاهی قادر به برداشت میلیون‌ها نقطه است، بنابراین مهم‌ترین برتری این ابزار، سرعت بالای آن در برداشت نقاط و کاهش دادن حجم عملیات میدانی می‌باشد.

۲) با اینکه تکنیک‌های مبتنی بر عکس فرآیند بسیار ساده‌ای برای کسب اطلاعات دارد اما این روش‌ها در ثبت اطلاعات سطوح پیچیده محدودیت دارند. در مقابل، شکل سطوح محدودیتی را در روش لیزر اسکنر موجب نمی‌شود. لیزر اسکنر در تاریکی و نور کم نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و از سایه‌ها یا کنتراست[38] روشنایی اثر نمی‌پذیرد.

۵- معایب و مشکلات استفاده از لیزر اسکنرهای سه‌بعدی

دراین قسمت به بررسی برخی از مشکلاتی که در استفاده از اسکنرهای لیزری سه‌بعدی وجود دارد، پرداخته می‌شود:

۱) یکی از عوامل محدود کننده کیفیت اسکنرها خاصیت بازتابشی سطح شی است. نوع انعکاس بستگی به نوع بافت و ساختار سطح مورد نظر دارد. چنانچه سطح براق باشد به عنوان مثال از جنس طلا و یا سنگ مرمر، لیزر به درستی بازتاب پیدا نخواهد کرد و در نتیجه داده‌های XYZ ناصحیحی به دست خواهد آمد. اشیای شفاف مانند شیشه نور را منکسر کرده و اطلاعات سه‌بعدی نادرستی را به دست می‌دهند. بنابراین لازم است در هنگام برداشت نقاط به‌وسیله‌ی لیزر اسکنر، حتماً شیشه‌ها با پودر و یا طریقی دیگر پوشانده شوند (لِرما[39]و وَن‌جِنِکتِن[40]، ۲۰۰۸).

۲) بازتابش غلط ممکن است در نتیجه مرطوب بودن سطح نیز رخ دهد. بنابراین از اسکن کردن هنگام بارندگی یا پس از آن تا حد امکان باید اجتناب شود. نور شدید آفتاب نیز می‌تواند مشکلاتی را برای برخی از اسکنرهای زمینی ایجاد نماید.

۳) استفاده از لیزر اسکنر بسیار پر هزینه بوده و نیازمند اپراتورهایی با مهارت بالا و پردازش‌های زمان‌بر بعدی در جایی که ویرایش داده‌ها برای تولید نتایج معنی‌دار و صحیح دشوار است، می‌باشد.

---

34 Hein
35 Laser Scanning
36 Reflector
37 Mobile
38 Contrast
39 Lerma
40 Van Genechten

۴) علاوه بر تمام موارد ذکر شده، مجموعه عظیم ابر نقطه نیاز به پردازش بیشتر و فیلتر کردن نقاط غیر مرتبط[۴۱]، به عنوان مثال اشیای متحرک مانند مردم و پرندگان دارد در نتیجه میزان انرژی و زمان برای تولید یک مدل دقیق و بدون اشتباه از پروژه چند برابر زمانی است که برای اسکن کردن پروژه مورد نیاز است.

۶- ساخت مدل سه‌بعدی

تا اینجا مقدمات و تعاریفی پیرامون اسکن لیزری به همراه مختصری از مزایا و معایب آن بیان گردید، در این بخش از مقاله، پس از تعریف مفاهیمی همچون ابر نقاط، مراحل تکمیل مدل سه‌بعدی بصورت گام به گام بیان شده‌است.

۶-۱- ابر نقاط[۴۲]

اغلب پروژه‌هایی که قرار است پویش شده و مدل سه‌بعدی آنها ساخته شود دارای پیچیدگی در طرح بوده و مبلمان، وسایل و تجهیزات موجود در محل، مانعی در برابر پرتو لیزر بوده و باعث می‌شوند بخش‌هایی از بنا که در پشت مانع قرار دارد به خوبی پویش نشوند؛ برای آنکه بتوان تمام بخش‌های یک اتاق را اسکن کرد، لازم است دستگاه پویشگر لیزری در موقعیت‌های مختلفی در یک اتاق قرار گرفته و کل فضا را پویش نماید، البته ذکر این نکته ضروری به‌نظر می‌رسد که هر یک از بخش‌های بنا باید در حداقل یک موقعیت قرارگیری دستگاه لیزر اسکنر، پویش شود. لازم است ابر نقاطی که پس از قرارگیری دستگاه لیزر اسکنر در موقعیت‌های مختلف به‌صورت مجزا به‌دست آمده اند با یکدیگر ادغام شده و ابرنقاط نهایی که حاصل عملیات ادغام است حاصل شود، قبل از فرآیند ثبت و تلفیق ابرهای نقاط، از آنجایی که ابرنقاط به‌دست آمده معمولاً بر اساس یک مختصات محلی می‌باشد، لازم است برای ایجاد هماهنگی بین تمام ابرهای نقاط، اصلاح اولیه مربوط به مختصات انجام شود (یو[۴۳]و ژانگ[۴۴]، ۲۰۱۷).

برای ادغام ابرهای نقاط روش‌های نقاط مختلفی وجود دارد، کیان یو[۴۵] و هِلمهولز[۴۶] (۲۰۱۷) فرآیند ادغام ابرهای نقاط را به‌صورت دستی با استفاده از نرم افزار پردازش ابر نقاط سه‌بعدی سایکلون لایکا[۴۷] انجام داده و خروجی را در فرمت دی ایکس اف[۴۸] در کَد استخراج نمودند. همانطور که اشاره شد این پژوهشگران ثبت ابر نقاط را به روشی دستی انجام دادند، اما در مقابل گل‌پرورفرد و همکاران (۲۰۱۱) به جای ادغام ابرهای نقاط به‌صورت دستی، در زمان اسکن محیط از هدف‌های منعکس کننده نور استفاده کردند، تا بتوان فرآیند ثبت و ادغام ابر نقاط را به کمک الگوریتم اختصاصی شرکت لایکا که برای لیزر اسکنرهای شرکت خود تولید کرده است؛ به‌صورت خودکار ظرف مدت ۱۰ ثانیه انجام داد.

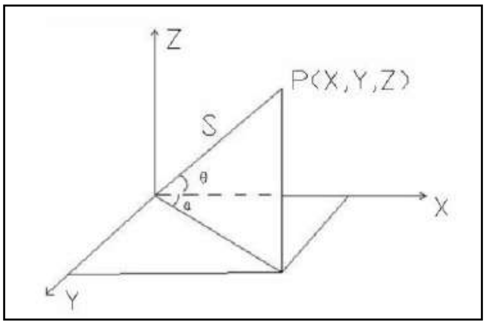
۶-۲- مختصات سه‌بعدی

هر دستگاه اسکن لیزری سه‌بعدی دارای یک مختصات تعریف شده می‌باشد که بر طبق آن می‌توان برای هر نقطه، مقدار سه مولفه فضایی را به‌صورت (x, y, z) به‌دست آورد. برای آنکه یک آشنایی اولیه در مورد نحوه محاسبه مختصات ایجاد شود، در

---

[41] Clutter
[42] Points Cloud
[43] Yu
[44] Zhang
[45] Qian Yu
[46] Helmholz
[47] Leica Cyclone 3D point cloud processing software
[48] AutoCAD DXF, Drawing Interchange Format, or Drawing Exchange Format (DXF)

ادامه روابط ساده هندسی مربوطه بیان می‌شود. همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد، اگر فاصله لیزر اسکنر تا نقطه اسکن شده برابر با S، زاویه امتداد پالس لیزر با صفحه XY برابر با Θ و زاویه تصویر امتداد S بر روی صفحه XY با محور X برابر با α باشد، آنگاه برای محاسبه مختصات سه‌بعدی هر نقطه روابط ۱، ۲ و ۳ برقرار است (یو و ژانگ، ۲۰۱۷):



شکل (۱) سیستم مختصات داخلی لیزر اسکنر سه‌بعدی (یو و ژانگ، ۲۰۱۷).

$$x = S.\cos\alpha.\cos\theta \quad (۱)$$

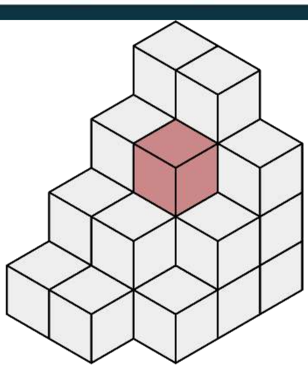
$$y = S.\sin\alpha.\cos\theta \quad (۲)$$

$$z = S.\sin\theta \quad (۳)$$

۶-۳- واکسِلایزِیشِن[۴۹]

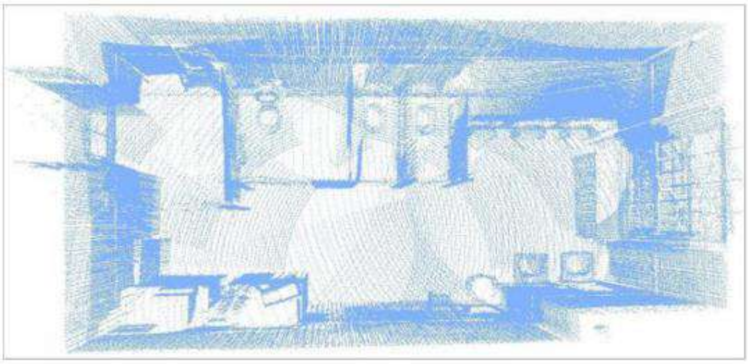
به کوچکترین جز ساختاری یک تصویر سه‌بعدی واکسل یا وکسل[۵۰] گفته می‌شود (پرینس[۵۱]و لینکس[۵۲]، ۲۰۰۶). از این لحاظ، وکسل مشابه سه‌بعدی یک پیکسل است. یک واکسل مقداری را بر روی یک مختصات معین در فضای سه متغیره نشان می‌دهد. واکسل‌ها موقعیت و مختصاتی از خودشان ندارند و موقعیت یک واکسل براساس موقعیتش در ارتباط با دیگر واکسل‌ها استباط می‌شود. در برخی روش‌ها ابر نقاط را به‌صورت مجموعه‌ای از واکسل‌ها در نظر می‌گیرند که هر نقطه در مرکز مکعب‌های کوچکی که در شکل ۲ نشان داده شده‌است، واقع می‌شود، با این کار می‌توان فضای سه‌بعدی را به‌صورت مجموعه‌ای از مکعب‌های کوچک در نظر گرفت. در عمل تعریف واکسل‌ها به دلیل کاهش پراکندگی در چگالی ابرنقاط انجام می‌شود (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).

---
49 Voxelization
50 Voxel
51 Prince
52 Links



شکل (۲) نمایش واکسل‌های سه‌بعدی

همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، هابر[۵۳] و همکاران در سال ۲۰۱۱ ابر نقاط به‌دست آمده را به‌صورت یک ساختار داده واکسل، کُد گذاری کردند (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل (۳) ایجاد شبکه‌ای از واکسل‌ها بر روی ابرنقاط (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).

۶-۴-تشخیص سطوح[۵۴]

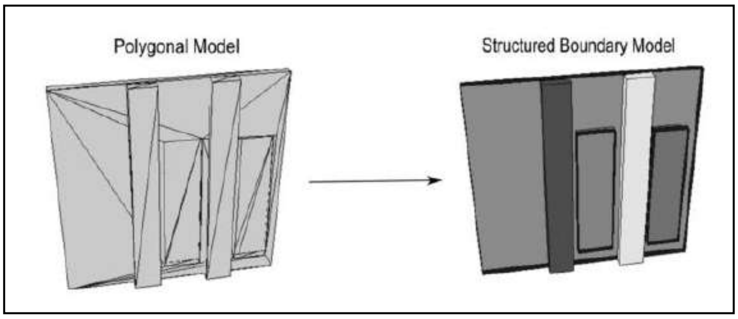
همانطور که در بخش پیشین اشاره شد پس از آنکه ابرنقاط به‌دست آمده از موقعیت‌های مختلف قرارگیری دستگاه لیزر اسکنر، با یکدیگر ادغام شدند، لازم بود با حذف نقاطی که به‌صورت اضافه برداشت شده و به بنای اصلی ارتباطی ندارند، فایل ابرنقاط جهت گام‌های بعدی سبک تر شود. در مرحله بعد ابر نقاط به بخش‌های مجزایی تقسیم می‌شود و با استفاده از روش‌هایی که در ادامه بیشتر توضیح داده خواهد شد تلاش می‌شود بر ابر نقاط بهترین صفحه ممکن برازش شود. به‌عنوان مثال فرض نمایید که یک اتاق بسیار ساده شامل چهار دیوار به همراه سقف و کف به‌وسیله‌ی دستگاه لیزر اسکنر، پویش شده باشد، در این مرحله مجموعه ابر نقاطی که در اختیار است فاقد نقاط اضافی مربوط به مبلمان، تجهیزات و وسایل اتاق اسکن شده می‌باشد. (در خصوص شناسایی و حذف کلاترها در ادامه توضیحات تکمیلی آورده شده است.)

در این حالت مجموعه ابرنقاط به‌دست آمده را می‌توان به شش زیر مجموعه اصلی که مربوط به چهار دیوار بعلاوه سقف و کف می‌باشد، تقسیم کرد[۵۵]. حال مجموعه نقاط یکی از دیوارها را در نظر بگیرید، کیان یو و هِلمهولز (۲۰۱۷) در مقاله‌ای، به

---

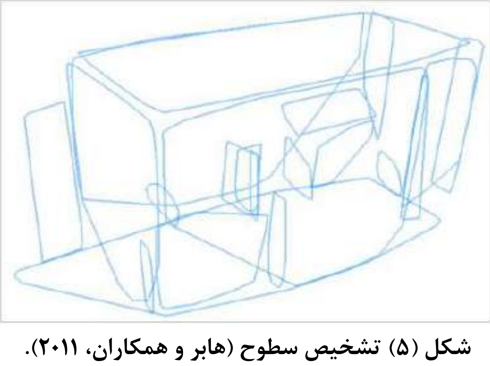
[53] Huber
[54] Path Detection

کمک یک مجموعه از قواعد تعریف شده، ابتدا بر روی ابرنقاطی که در سه راستای X و Y و Z بخش‌بندی شده اند، همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود؛ مجموعه‌ای از مثلث های مجاور هم ساختند، پس از آن مثلث‌های کنار یکدیگر به هم ملحق شده و تشکیل چند ضلعی‌هایی را داده، سپس صفحه‌ای از کنار هم قرارگرفتن چندضلعی‌ها ساخته شده و در گام بعد برای صفحات تشکیل شده روابطی از جمله؛ موازی، مجاور و متقاطع، جهت ایجاد مدل سه‌بعدی، در نظر گرفته می‌شود (کیان یو و هِلمهولز، ۲۰۱۷).



شکل (۴) ساخت مدل مرزی ساختاری پس از مدل چند ضلعی (کیان یو و هِلمهولز ، ۲۰۱۷).

زوکین یو و تاو ژانگ (۲۰۱۷) نیز با انجام کاری مشابه پس از تشکیل شبکه نامنظم مثلثی بر روی ابرنقاط توانستند مرز صفحات مربوط به سازه را به‌دست آورند. شی پو[56] و جورج واسِلمَن[57] (۲۰۰۶) ابتدا با استفاده از الگوریتم رشد سطوح صاف[58]، ابر نقاط را به گروه‌هایی مجزا تقسیم کردند. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، هابر و همکاران (۲۰۱۱) نیز به کمک الگوریتم رشد سطوح صاف توانستند سطوح موجود را بخوبی شناسایی نمایند.

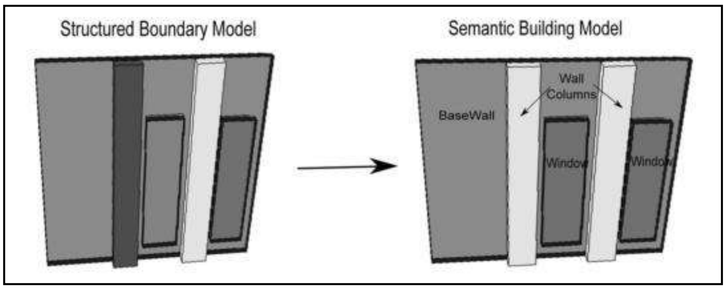


شکل (۵) تشخیص سطوح (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).

55 Segmentation
56 Shi Pu
57 George Vosselman
58 Planar Surface Growing Algorithm

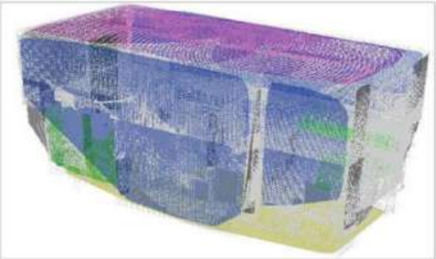
۶-۵- طبقه‌بندی سطوح[۵۹]

پس از آنکه سطوح شناسایی شد، لازم است این سطوح طبقه‌بندی شده و به‌صورتی متفاوت از یکدیگر نمایش داده شوند، به عنوان مثال دیوارها، سقف، کف، درها و پنجره‌ها توسط برچسب گذاری و یا ایجاد رنگ‌های متفاوت برای آنها مشخص شوند. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود،کیان یو و هِلمهولز (۲۰۱۷) برای تفکیک پنجره‌ها و دیوارها در گام ایجاد مدل سه‌بعدی معنادار، با تعریف مجموعه‌ای از قوانین قادر به طبقه‌بندی سطوح موجود در بنا بوده‌اند، که در اینجا به جزییات آن اشاره نمی‌شود.



شکل (۶) ساخت مدل معنادار از مدل مرزی ساختاری (کیان یو و هِلمهولز، ۲۰۱۷).

هابر و همکاران (۲۰۱۱) نیز پس از تبدیل ابرنقاط به شبکه‌بندی ساخته شده از واکسل‌ها و تشخیص سطوح موجود، به کمک الگوریتم طبقه‌بندی مبتنی بر محتوا[۶۰] همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود توانستند سطوح را در ابتدا طبقه‌بندی و سپس با استفاده از مدل یادگیری ماشینی[۶۱] (به عنوان مثال سطوحی که در صفحه مربوط به یک دیوار قرار گرفته‌اند و خیلی شبیه به دیوار هستند، به احتمال زیاد یک دیوار می‌باشند، در حقیقت مدل معرفی شده به‌عنوان یک مدل تصادفی شرطی[۶۲] شناخته می‌شود.) به تفکیک رنگ از یکدیگر متمایز نمایند به این ترتیب که رنگ بنفش مربوط به سقف، آبی مربوط به دیوارها، زرد مربوط به کف و سبز مربوط به کلاترها می‌باشد.



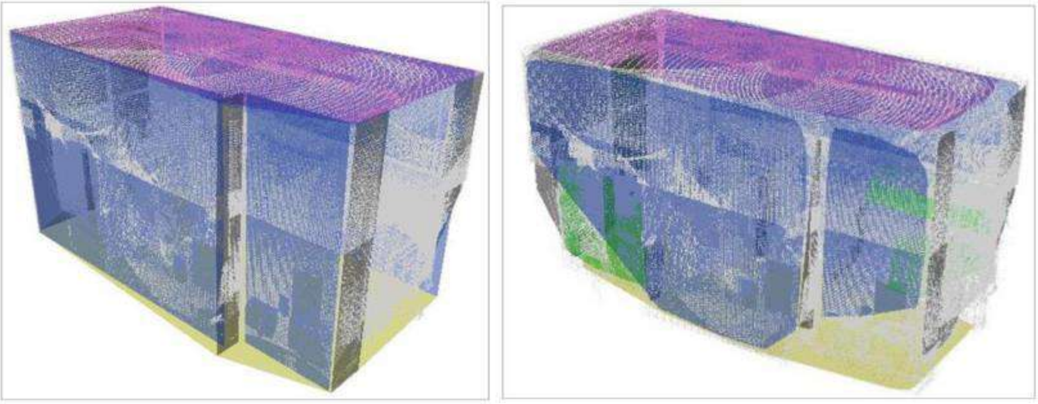
شکل (۷) طبقه‌بندی سطوح شناسایی شده به کمک رنگ (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).

59 Path Classification
60 Context-Based Classification Algorithm
61 Machine Learning Model
62 Conditional Random Fields (CRF)

۶-۶- اشیای نامرتبط [۶۳]

برای ایجاد درک بهتر، توضیحات این بخش با یک مثال ساده آغاز خواهد شد، یک آشپزخانه را در نظر بگیرید که قرار است مدل سه‌بعدی شش وجه آن با استفاده از داده‌های لیزر اسکنر سه‌بعدی ساخته شود، به همین منظور دستگاه لیزر اسکنر در آشپزخانه مستقر شده و شروع به پویش محیط می‌نماید، خروجی این مرحله یک ابرنقطه خواهد بود که نقاط مربوط به کابینت‌ها و سایر وسایل آشپزخانه را نیز شامل می‌شود، در حالیکه برای ساخت مدل هیچ نیازی به این نقاط نبوده و این نقاط فرآیند ساخت مدل سه‌بعدی را با چالش روبرو خواهند کرد. در حقیقت کابینت مقابل دیوار آشپزخانه و مواردی شبیه به آن از اسکن شدن دیوار آشپزخانه جلوگیری کرده و عملاً بخشی از نقاط مربوط به دیوار، برداشت نشده است، یک روش کارآمد باید به‌صورت خودکار این کلاترها را در گام اول شناسایی[۶۴] و در گام دوم حذف[۶۵] نماید.

در اکثر قریب به اتفاق مقالات به اهمیت و لزوم حذف کلاترها از مجموعه ابرنقاط اشاره شده است، اما به روش دقیق و یا الگوریتم‌های مورد استفاده در این بخش اشاره‌ای نکرده‌اند. در این بخش به عنوان نمونه همانطور که در شکل ۸ ملاحظه می‌فرمایید نمونه‌ای از فرآیند شناسایی و حذف کلاترها آورده شده است، مدل بخش راست شامل نقاط اضافی برداشت شده نیز می‌باشد که با رنگ سبز مشخص شده‌اند و در ادامه شکل بخش چپ مدل ساختار یافته و خروجی حذف کلاتر را بخوبی نمایش می‌دهد (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل (۸) حذف نقاط مربوط به اشیای نامرتبط (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).

۶-۷- نواحی پنهان[۶۶]

پیدا کردن واژه‌ای فارسی که بتواند بخوبی بیانگر این مفهوم باشد، شاید کار ساده‌ای نیست، در این مقاله به جای کلمه نواحی پنهان از همان کلمه آکلوژِن استفاده می‌شود چرا که معادل فارسی مناسبی برای این مفهوم یافت نشد. زمانی که

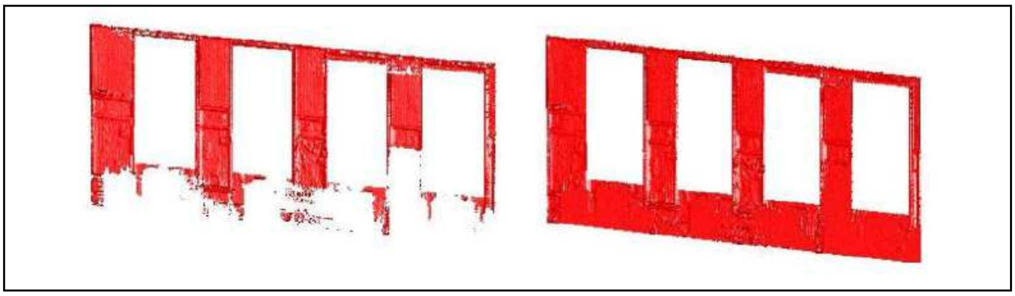
---

[63] Clutter
[64] Clutter Detection
[65] Clutter Removal
[66] Occlusion

دستگاه اسکن لیزری برای پویش یک بنا در موقعیت‌های مختلف جانمائی می‌شود، به دلیل وجود مبلمان، ابزارآلات، تجهیزات و ماشین آلاتی که احتمالاً در محیط پیرامونی لیزر اسکنر قرار گرفته‌اند؛ که پیشتر از آنها تحت عنوان کلاتر[۶۷] یاد شد، پرتو لیزر به مانع پیرامونی برخورد کرده و به‌عنوان مثال دیوار پشت یک کابینت در آشپزخانه در این مرحله اسکن نمی‌شود. در مواردی اگر بتوان با قرار دادن دستگاه لیزر اسکنر در موقعیت دیگری که مثلاً دیوار پشت یک مبل قابل دسترس باشد، می‌توان اثر این مانع را از بین برد، اما همانطور که اشاره شد در مواردی دستگاه لیزر اسکنر هرچقدر هم که جابجا شود نمی‌تواند بخشی از بنا که مورد نظر است را پویش نماید. الگوریتم استفاده شده باید قادر به شناسایی این بخش‌ها بوده و در مواردی که این قسمت‌های خالی به دلیل وجود کلاترها ایجاد شده باشد، سطوح مورد نظر باید به‌صورت خودکار بازسازی[۶۸] شوند.

۶-۸- بازسازی نواحی پنهان[۶۹]

تا به این مرحله مشخص شد که به دلیل وجود اشیای نامرتبط در بخش‌هایی از ابرنقاط هیچ نقطه‌ای برداشت نشده است و اگر قرار باشد در مرحله ساخت مدل سه‌بعدی دیواری تشخیص داده شده و مدل شود، این دیوار یکپارچه نخواهد بود، بنابر این لازم است آکلوژن‌هایی که مربوط به بازشدگی نیستند؛ پس از شناسایی، بازسازی شوند تا بتوان یک دیوار را بطور یکپارچه، همانطور که در واقعیت وجود دارد مدل کرد، به همین منظور هابر و همکاران در سال ۲۰۱۱ همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود به کمک الگوریتم پر کردن حفره[۷۰]، قادر به بازسازی آکلوژن‌ها بوده‌اند (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).



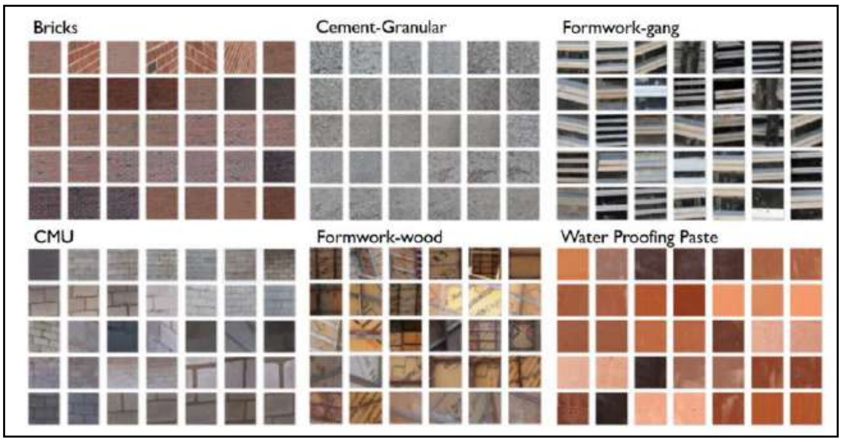
شکل (۹) بازسازی نواحی پنهان (هابر و همکاران، ۲۰۱۱).

۷- محدودیت‌های مدل[۷۱]

در پیشرفته‌ترین حالت ممکن؛ مدل باید رنگ، بافت سطحی، جنس مصالح به‌کار رفته و ضخامت دیوار اسکن شده را بدرستی تشخیص دهد، اما مدل‌های بررسی شده تا به حال چنین قابلیت‌هایی را نداشته‌اند مگر در مواردی که در کنار برداشت ابرنقاط توسط لیزر اسکنر، از تصاویر دیجیتال نیز استفاده شده باشد، مشابه کار پژوهشی هان[۷۲] و گل‌پرورفرد (۲۰۱۷) که با تعریف مجموعه‌هایی تشکیل شده از تصاویر مربوط به مصالح مختلف که در شکل ۱۰ قابل ملاحظه است، پایگاه دانشی تعریف نموده و سپس با استفاده از روش پردازش تصویر قادر به شناسایی جنس مصالح استفاده شده در المان‌های مختلف

[67] Clutter
[68] Reconstruction
[69] Occlusion Reconstruction
[70] Hole-Filling Algorithm
[71] Model Limitations
[72] Han

سازه‌ای بوده‌اند، البته این محققان به عنوان محدودیت کار خود، کوچک بودن مجموعه مصالح تعریف شده را عنوان کرده و کار پربار نمودن این مجموعه را به سایر محققان پیشنهاد نموده‌اند.



شکل (۱۰) مجموعه‌ای از تصاویر طبقه‌بندی شده مصالح ساختمانی (هان و گل‌پرورفرد ، ۲۰۱۷).

به عنوان سایر محدودیت‌ها می‌توان به تشخیص نادرست دیوار در مواردی که دیوار کج بوده (یعنی صفحه دیوار کاملاً عمود بر صفحه کف قرار نگرفته باشد) و یا دارای انحنا باشد، اشاره کرد (آمبروش و کِلیچی[۷۳]، ۲۰۱۷) و حتی تشخیص نادرست درب‌هایی که در زمان اسکن محیط بسته بوده نیز از محدودیت‌های مدل ساخته شده می‌باشد (هابر و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از تصاویر در کنار ابرنقاط می‌تواند به برطرف شدن این محدودیت‌ها کمک نماید، که البته استفاده از روش‌های پردازش تصویر خود زمان و انرژی زیادی می‌طلبد.

۸- جمع‌بندی

امروزه در جهان، فرآیند کنترل پیشرفت پروژه با استفاده از تکنولوژی‌هایی نوظهور همچون لیزر اسکنرهای سه‌بعدی؛ براحتی و با صرف حداقل زمان ممکن، با دقتی قابل قبول انجام می‌شود. از طرف دیگر، موضوع ساخت مدل سه‌بعدی از ساختمان‌های موجود در کلانشهرهایی همچون تهران که به‌عنوان نمونه در حال حاضر در آن حدود ۲۵۰ ساختمان بلند مرتبه وجود دارد، که هیچ نقشه‌ی دوبعدی نیز به عنوان مستندات آنها در دسترس نمی‌باشد، بخوبی اهمیت این موضوع را نشان می‌دهد.

در این مقاله تلاش شده‌است تا فرآیند ساخت مدل سه‌بعدی ساختمان به دقت بررسی شود. به همین منظور در ابتدا مقدمات و مفاهیمی پیرامون مدلسازی اطلاعات ساختمان و کنترل پروژه بیان شده و در ادامه به تفصیل به معرفی تکنولوژی اسکن لیزری سه‌بعدی پرداخته شده است. در نهایت نیز به‌جهت بررسی پیشینه تحقیقاتی استفاده از داده‌های لیزر اسکنر سه‌بعدی برای ساخت مدل‌های معنادار سه‌بعدی، مراحل ساخت این مدل‌ها گام به گام بیان شده و در هر گام به پژوهش محققان به‌صورت جزئی‌تر اشاره شده است.

---

[73] Claici

منابع و مراجع

[1] Ambruş, R., Claici, S. and Wendt, A., 2017. Automatic room segmentation from unstructured 3-d data of indoor environments. IEEE Robotics and Automation Letters, 2(2), pp.749-756.

[2] Azhar, S. and Hein, M., 2008. Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges. *ASC National Conference*, Auburn.

[3] Golparvar-Fard, M., Bohn, J., Teizer, J., Savarese, S. and Peña-Mora, F., 2011. Evaluation of image-based modeling and laser scanning accuracy for emerging automated performance monitoring techniques. Automation in Construction, 20(8), pp.1143-1155.

[4] Huber, D., Akinci, B., Oliver, A.A., Anil, E., Okorn, B.E. and Xiong, X., 2011, January. Methods for automatically modeling and representing as-built building information models. In *Proceedings of the NSF CMMI Research Innovation Conference*.

[5] Han, K. and Golparvar-Fard, M., 2017. Crowdsourcing BIM-guided collection of construction material library from site photologs. *Visualization in Engineering*, *5*(1), p.14.

[6] Lerma García, J.L., Van Genechten, B. and Santana Quintero, M., 2008. 3D Risk Mapping. Theory and Practice on Terrestrial Laser Scanning. Training Material Based on Practical Applications. *Universidad Politecnica de Valencia, Spain*.

[7] Prince, J.L. and Links, J.M., 2006. Medical imaging signals and systems. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

[8] Pu, S. and Vosselman, G., 2006. Automatic extraction of building features from terrestrial laser scanning. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36(5), pp.25-27.

[9] Winberg, A. and Dahlqvist, E., 2010. BIM-the Next Step in the Construction of Civil Structures.

[10] Wong, J. and Yang, J., 2010. Research and application of building information modelling (BIM) in the architecture, engineering and construction (AEC) industry: a review and direction for future research. In Proceedings of the 6th international conference on innovation in architecture, engineering & construction (AEC) (Vol. 1, pp. 356-365). Loughborough University, UK.

[11] Yu, Q., Helmholz, P. and Belton, D., 2017. Semantically Enhanced 3D Building Model Reconstruction from Terrestrial Laser-Scanning Data. Journal of Surveying Engineering, 143(4), p.04017015.

[12] Yu, X. and Zhang, T., 2017, June. Application of terrestrial 3D laser scanning technology in spatial information acquisition of urban buildings. In Image, Vision and Computing (ICIVC), 2017 2nd International Conference on (pp. 1107-1111). IEEE.

موانع پیاده سازی فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان کشور ایران

محسن پارسا[1،*] ، مهدی کفایتی ملک آباد[2]

۱و*- *نویسنده مسوول: کارشناس ارشد معماری دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد*
(mparsa57@gmail.com)

۲ - *کارشناس ارشد مهندسی مکانیک دانشکده مهندسی دانشگاه بیرجند*
(Kefayati.mahdi@yahoo.com)

چکیده

فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان یکی از پیشرفت های بسیار موثر و انقلابی در صنعت ساختمان در دهه اخیر است که به سرعت در سراسر دنیا در حال توسعه است. از سویی صنعت ساختمان کشور ایران، صنعتی حیاتی و محرک توسعه ولی ناکارآمد و توسعه نیافته است. با اینکه مدلسازی اطلاعات ساختمان می تواند بر کارآمدی این صنعت اثری بزرگ داشته باشد ولی موانع بسیاری بر سر راه آن وجود دارند و جریان به کارگیری آن را در صنعت ساختمان کشور کند کرده است. شناسایی این موانع در حوزه های مختلف و با توجه به شرایط بومی صنعت ساختمان کشور از اهداف اصلی این مقاله بوده است. برخی از این موانع ریشه در کاستی های تکنیکی سیستم بیم دارند ولی بسیاری نیز از ماهیت و خصوصیات صنعت ساختمان و روابط و کارکردهای آن نشات می گیرند. برای موفقیت در پیاده سازی این سیستم پیشرفته و کارآمد و بهره مندی از مزیت های آن، باید این موانع با توجه به خاستگاه آنان شناسایی و بررسی شود و راه حلهای مناسب طرح شود تا این فرآیند با سرعت بیشتری جاری گردد.

واژگان کلیدی: مدلسازی اطلاعات ساختمان، پیاده سازی، موانع، راه حل ها، صنعت ساختمان ایران

۱- مقدمه

صنعت ساختمان یکی از صنایع گسترده، غیر متمرکز و به شدت بومی هر کشوری است و در بسیاری از کشورها شاخصه ای برای رشد و توسعه و یا رکود اقتصادی به حساب می آید. این صنعت در کشور ایران در حال حاضر دچار ناکارآمدی فراوانی است که یکی از دلایل اصلی آن عدم رشد در حوزه تکنیکی و فنی است. مدلسازی اطلاعات ساختمان به عنوان یکی از فناوریها و شیوه های جدید در صنعت ساختمان تا حدودی از این مشکلات می کاهد و هزینه های تولید محصولات ساختمانی را پایین می آورد. ولی پرسشی وجود دارد و آن اینکه چرا با وجود گذشت نزدیک به یک دهه از معرفی این فرآیند به صنعت ساختمان کشور و ورود نرم افزارهای مربوط به آن، و بر خلاف تلاش بسیاری از متخصصان صنعت ساختمان در این خصوص، هنوز این فرآیند وارد سیستم صنعت ساختمان ایران نشده است؟ به عبارت دیگر چرا صنعت ساختمان در مقابل پذیرش و پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان یا بیم (Building Information Modeling – BIM) مقاومت می کند؟ و چه موانعی در مقابل بر سر راه این تغییرات وجود دارد؟

برخی از این موانع جهانی و عمومی اند ولی برخی با توجه به خصوصیات بومی صنعت ساختمان در هر کشوری متفاوت اند. در این مقاله سعی شده است بیشتر بر موارد بومی و مختص صنعت ساختمان در کشور ایران پرداخته شود، چه موارد عمومی در منابع کشورهای صنعتی و پیشرو در زمینه پیاده سازی بیم بسیار مورد بررسی قرار گرفته اند.

موانع موجود در پذیرش و پیاده سازی فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان کشور ایران

فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان بیش از ۸ سال است که به صنعت ساختمان کشور ایران معرفی شده و هم اکنون هم در حال رشدی سریع و همه گیر است. این فرآیند از یک سو به دلیل حوزه وسیع کارکردی خود که از ایده پردازی و طراحی اولیه تا طراحی اجرایی، ساخت، بهره برداری، و حتی تخریب یک ساختمان را در تمام چرخه عمر آن در بر می گیرد، دارای ابعاد بسیاری است و تقریبا اکثر بخشهای صنعت ساختمان را تحت تاثیر خود قرار می دهد؛ و از سویی دیگر با توجه به جوان بودن این سیستم، پیاده سازی کامل آن در صنعت ساختمان حتی در کشورهای پیشرو و صنعتی به صورت کامل صورت نگرفته است.

در خصوص نحوه پیاده سازی فرآیند بیم و موانع موجود بر سر راه آن مقالات و کتابهای بسیاری در کشورهای صنعتی چون آمریکای شمالی، کشورهای جنوب شرقی آسیا، اروپا و استرالیا نگاشته شده است که در اینجا مجال پرداختن به آنها وجود ندارد. باید به یاد داشت که صنعت ساختمان به دلیل عدم امکان صدور یا ورود محصول نهایی از کشوری به کشوری دیگر، یک صنعت بومی است و در هر منطقه و کشوری بنا بر شرایط گوناگون همچون اقلیم، اقتصاد، فرهنگ و مانند آنها، خصوصیات، روشها و ابزارهای خاص خود را دارد و می توان نتیجه گرفت که فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان، نحوه پیاده سازی، به کار گیری، و موانع بر سر راه آن بسته به بستر آن در هر منطقه متفاوت خواهد بود.

در این مقاله سعی شده است بیشتر به جنبه های مربوط به شرایط بومی صنعت ساختمان کشور پرداخته شود که مسلما بررسی و یافتن راه حل برای آنها کاربری تر و موثرتر خواهد بود.

موانع موجود در راه پذیرش و پیاده سازی بیم در صنعت ساختمان کشور از چهار دیدگاه مختلف مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت. این تفکیک بر پایه ساختار و کارکرد این صنعت و برای پوشش همه جانبه موضوعات آن انجام شده است. چهار حوزه ای که موانع و مقاومتها در مقابل پیاده سازی بیم در آنها ریشه دارد عبارت اند از:

۱- *ساختارهای قانونی و حقوقی حاکم بر صنعت ساختمان کشور*
۲- *ساختارها و روابط غیر رسمی رایج در این صنعت*
۳- *زیرساختهای موجود در صنعت ساختمان*
۴- *موضوعات فنی و تکنیکی*

موضوعات این مقاله با استناد به برداشتهای میدانی، پرسشنامه ها و مصاحبه های انجام شده با متخصصان و دست اندرکاران صنعت ساختمان و نیز تجربیات نویسندگان در مسیر معرفی و پیاده سازی این فرآیند گردآوری و تدوین شده اند.

۱- موانع نشات گرفته از ساختارهای قانونی و حقوقی حاکم بر صنعت ساختمان کشور ایران

از آنجا که تکنولوژی مدلسازی اطلاعات ساختمان یک روش و فلسفه نوین در صنعت ساختمان به حساب می آید، نمی تواند بدون ایجاد تغییراتی اساسی در ساختارهای قانونی، به صورتی موثر جریان یابد. موانعی که ریشه در ساختارهای قانونی و حقوقی کنونی حاکم بر صنعت ساختمان کشور دارند در سه بخش مجزا بررسی شده اند:

۱-۱- موانع ناشی از چارچوب قراردادها

که به نوع قراردادها و روشهای آنان در فرآیند طراحی و ساخت ساختمان مربوط است. قراردادهای رایج در کنونی اغلب به سه صورت طرح-مناقصه-ساخت، طرح-ساخت، و یا مدیریت ساخت در ریسک هستند. این چارچوب های قراردادی مراحل مختلف طراحی و ساخت ساختمان را از هم تفکیک می کنند و نیز تقریبا هیچ کاری به مرحله بهره برداری از ساختمان ندارند؛ در حالی که یکی از پایه های اصلی سیستم بیم، یکپارچگی هرچه بیشتر مراحل مختلف ایجاد یک ساختمان است. چارچوبهای قراردادی که مراحل مختلف طراحی، ساخت و بهره برداری از ساختمان را از هم جدا می کنند، به ویژه چارچوب طرح-مناقصه-ساخت، مانعی بزرگ بر سر راه پیاده سازی و اجرای بیم در صنعت ساختمان خواهند بود، چرا که تولید اطلاعات در مراحل مختلف پروژه توسط گروه های متخصص متفاوت تفکیک کرده و ارتباطات این گروه ها را نیز در حداقل ممکن تعریف کرده است. با توجه به ماهیت و اهداف فرآیند بیم، تولید، گردآوری و مستند سازی اطلاعات ساختمان باید در یک روند یکپارچه و مداوم و با تعامل تمام دست اندرکاران و ذینفعان آن و با توجه به تمام مراحل چرخه عمر ساختمان انجام گیرد. ایجاد تغییر در این چارچوب ها و خلق قراردادهای جدید در صنعت ساختمان همانند چارچوب «انجام یکپارچه پروژه» یا «آی.پی.دی» (Integrated Project Delivery – IPD) می تواند این مانع را از سر راه بردارد. قرارداد های آی.پی.دی. توزیع مسئولیتها و منافع را به گونه ای تعریف می کند که تمام گروه های درگیر در ساختمان، در منافع و یا ضررهای مالی ساختمان سهیم شوند. مثلا اگر ساختمان کمتر از بودجه پیشبینی شده هزینه صرف کند، اضافه آن تحت مکانیزم خاصی بین طراحان و پیمانکاران تقسیم می شود و گاه تا ۲ برابر دستمزد آنان را افزایش می دهد. برای اطلاع بیشتر می توان به فصل ۹ از کتاب مدلسازی اطلاعات ساختمان نوشته چاک ایستمن و همکاران مراجعه کرد.

۲-۱- موانع نشات گرفته از شیوه توزیع مسئولیت ها

که در ساختارهای قانونی حاکم بر صنعت ساختمان با فرآیند بیم ناسازگار است. در سیستم بیم هر کس مسئول اطلاعاتی است که در روند ایجاد ساختمان تولید، بررسی و یا تایید می کند. آیا چارچوبهای قانونی کنونی نیز همین مسئولیت رو بر دوش دست اندرکاران می گذارد؟ چارچوب های کنونی به صورتی سازمان یافته اند که افراد به راحتی می توانند از زیر بار تصمیم گیری های خود بگریزند. به عنوان مثال زمانی که تغییر سایز یک کانال باعث ایجاد تداخل در سیستم سازه، معماری و تاسیسات تهویه مطبوع یک ساختمان می شود و این تداخل وارد مرحله ساخت شده و زیاد مالی هنگفتی را به پروژه تحمیل می کند، چه کسی پاسخگو است؟ طراحان با درج جمله معروف «پیمانکار موظف است تمامی اندازه ها را در نقشه ها کنترل کند» از زیر بار این اشتباه شانه خالی می کنند و پیمانکاران نیز ممکن است دعوی حقوقی به پا کنند. اما سیستم بیم ساختاری دارد که در آن اطلاعات به صورت شفاف در اختیار تمام افراد متخصص و گروه های کاری پروژه قرار می گیرد و آنها را ملزم به تعامل، بررسی و تایید این اطلاعات می کند. بنابراین هر کس مسئولیت کنترل اطلاعات و اسناد مربوط به خود را دارد و عواقب اشتباهات گریبانگیر تمام افراد خواهد شد.

۳-۱- موانع ناشی از شیوه توزیع دستمزدها

همانطور که توزیع مسئولیت ها در چارچوب های قراردادی رایج در صنعت ساختمان با فرآیند بیم ناسازگار است، نحوه توزیع دستمزدها نیز پیاده سازی بیم را با مشکل مواجه می کند. در حال حاضر آنچه به گروه ها و متخصصان طراحی یک ساختمان تعلق می گیرد، کمتر از ۲ ٪ از هزینه ساخت یک ساختمان است. این رقم برای بخشی که قرار است تمام اطلاعات ساختمان را برای تمام چرخه عمر آن تولید و سازماندهی کند بسیار ناچیز به نظر می رسد. از این رو به کارگیری سیستم بیم در بخش طراحی برای مشاوران طراح توجیه اقتصادی ندارد. یکی از مشاوران معروف و با تجربه سیستم های تاسیساتی در برابر اصرار نگارنده بر پیاده سازی سیستم بیم در شرکت خود اظهار داشت: « چرا من باید هزینه های پیاده سازی سیستمی را متحمل شوم که پیمانکار و کارفرمای پروژه از آن به تنهایی منتفع می شوند؟!»

۲- موانع نشات گرفته از ساختار و روابط غیر رسمی رایج در صنعت ساختمان ایران

خلا های قانونی، بروکراسی، و تمایل به کاهش هزینه و زمان در روند ایجاد یک ساختمان مواردی هستند که باعث می شوند در کنار یک چارچوب رسمی ناقص، روشها و ساختارهای غیر قانونی و غیر رسمی شکل گیرند. تقریبا همه دست اندرکاران صنعت ساختمان در ایران با این موضوع در مقیاسهای بزرگ مانند شهرداری ها و نظام مهندسی ساختمان و مقیاس های کوچک مانند روابط درونی یک پروژه آشنا هستند. قراردادهای صوری، امضا فروشی، مغایرت نقشه های اجرایی با نقشه های شهرداری ساختمان، و مانند اینها همه مثالهایی از این چارچوبهای غیر رسمی رایج هستند. این چارچوب های غیر رسمی نیز به نوبه خود مسئولیت ها و دستمزد ها را باز توزیع می کنند. این امر باعث می شود که موانعی پنهان بر سر راه پیاده سازی بیم به وجود آید. برای حل این مشکل باید این چارچوب های غیر رسمی را شناسایی کرد و ساختارهای قانونی را به شکلی تغییر داد که علاوه بر سازگاری با فرآیند بیم، این ساختارهای غیر قانونی را نیز در بر گیرد.

۱-۲- عدم شفافیت در منابع مورد نیاز

یکی دیگر از موانع پیاده سازی سیستم بیم در صنعت ساختمان کشور است. یکی از دلایل اصلی این عدم شفافیت، عدم وجود اطلاعات دقیق از احجام، مقادیر و خصوصیات اجزا و مصالح مختلف یک ساختمان است. به همین دلیل در کشور تقریبا نمی توان ساختمانی را یافت که هزینه ساخت آن از قبل پیشبینی شده باشد و انحراف از بودجه نداشته باشد. این آسیب چندان وخیم است که گاه انحراف از بودجه به بیش از ۵۰ درصد نیز می رسد. از سویی دیگر این عدم شفافیت بستری برای ایجاد فساد، رانت و منافع نامشروع می شود که ذینفعان این جریان خود در مقابل سیستم بیم که مبتنی بر شفافیت و قطعیت کامل است به شدت مقاومت می کنند.

۲-۲- تغییر نقشها و مسئولیتها

نیز یک مساله دیگر است. پیاده سازی فرآیند بیم باعث می شود نقشها و حوزه نفوذ آنها در پروژه تغییر کند و مسلما گردش مالی و توزیع منافع را نیز باز تعریف می نماید. به عنوان مثال نقش اپراتورهای ترسیم کننده کاهش می یابد و در عوض به مهندسان طراح بیشتری نیاز است. استخراج مقادیر و احجام پروژه تقریبا به صورت اتوماتیک توسط رایانه صورت می گیرد و حجم کار متخصص متره و برآورد بسیار کاهش می یابد. در دفتر فنی کارگاه نیز به تعداد کمتری نیروی انسانی نیاز خواهد بود. این قبیل تغییرات باعث مقاومت متخصصان صنعت ساختمان در مقابل بیم برای حفظ جایگاه شغلیشان می شود.

۳- موانع برآمده از زیرساخت های موجود در صنعت ساختمان کشور

این موانع را می توان در دو دسته عدم وجود نیروی انسانی آموزش دیده و عدم امکان قطعه سازی صنعتی در صنعت ساختمان کشور جای داد و بررسی نمود.

۱-۳- عدم وجود نیروهای آموزش دیده

فرآیند بیم نیازمند ابزارهای نوین است. نرم افزارهای و فرمت های نرم افزاری تولید، ذخیره سازی و انتقال اطلاعات در این سیستم به گونه ای متفاوت از گذشته صورت می گیرد. نرم افزارهایی که در حال حاضر در صنعت ساختمان به کار گرفته می شوند، بر پایه کد (Computer Aided Design – CAD) هستند و قادر به پیوند دادن و یکپارچگی اطلاعات هندسی و غیر هندسی اجزای ساختمان نیستند. به عنوان مثال در بسیاری از این نرم افزارها نمی توان اطلاعات قیمتی یک جزء را به اطلاعات یا فرم هندسی آن اتصال داد. عدم وجود نیروهای انسانی که بتوانند با نرم افزارهای سازگار با سیستم بیم کار کنند یکی از موانع بزرگ پیاده سازی سیستم بیم است. در حال حاضر پلتفرم ها و نرم افزارهای قدرتمند بر پایه بیم مانند رویت (Revit)، آرشیکد (ArchiCAD)، تکلا (Tekla)، و مانند آنها توسعه داده شده اند و با توجه به عدم وجود قانون کپی رایت در کشور دستیابی به آنها بسیار آسان و تقریبا رایگان است. ولی باید کل سیستم و هزاران متخصص مختلف صنعت ساختمان آن ابزارهای را پذیرفته و آموزش ببینند با فرصت پیاده سازی فرآیند بیم در صنعت ساختمان ایران فراهم شود.

۲-۳- عدم امکان قطعه سازی

ساخت بیشتر قطعات ساختمان ها در محل کارگاه پروژه و عدم اقبال مجریان به استفاده از قطعات پیش ساخته در ساختمان یکی از معایب بزرگ و آسیب زا در صنعت ساختمان کشور است. این امر باعث افزایش هزینه و زمان اجرا، تعمیر و نگهداری ساختمان و پایین آمدن ایمنی و کیفیت آن می شود.

در فرآیند بیم قطعات و اجزای ساختمان با دقتی بسیار زیاد طراحی می گردد به صورتی که می توان ابعاد و شکل دقیق آنها را استخراج نمود و خارج از کارگاه سفارش ساخت داد و مطمئن بود که در جای خود به درستی نصب می گردند. ولی متاسفانه به دلیل عدم وجود کارخانه های قطعه سازی حرفه ای در صنعت ساختمان ایران، این مزیت سیستم بیم از دسترس خارج است و یکی از بزرگترین انگیزه های پیاده سازی سیستم بیم را از بین می برد.

۴- موانع برآمده از مشکلات فنی و تکنیکی

تکنولوژی بیم سعی دارد ساختمان را با تمام اجزاء، روابط و عملکردش در تمام مراحل طراحی، اجرا، و بهره برداری به صورت کلی یکپارچه تعریف کند. اما صنعت ساختمان صنعتی پراکنده، بومی، و از نظر همکاری های گروهی و تخصصی کوتاه مدت و منقطع است. علاوه بر این محصول نهایی آن منحصر به فرد است و قابلیت تولید انبوه را ندارد. جوامع انسانی تا کنون در مقابل روند تولید انبوه ساختمان به شدت مقاومت کرده است و پروژه های ساختمانی تولید انبوه به موفقیتهای چشمگیری دست نیافته اند و انتظار می رود تا آینده ای دور همین روند ادامه یابد. منحصر به فرد بودن محصول در صنعت ساختمان باعث عدم رشد تکنولوژی در آن شده است. برای اثبات این سخن می توان رشد فنی صنایع تولید انبوه مانند اتومبیل سازی را با صنعت ساختمان مقایسه کرد.

ورای این موضوعات، هنوز از نظر تکنیکی مشکلات بسیاری در سیستم بیم و ابزارهای آن وجود دارند که باید به تدریج حل شوند. این مشکلات جهان شمول بوده و فرآیند پیاده سازی بیم را در تمام جهان با کندی مواجه کرده است:

۴-۱- بزرگی فایل ها و ناتوانی پردازنده ها

از آنجا که سیستم بیم به دنبال گردآوری تمام اطلاعات ساختمان است، به تدریج که فرآیند طراحی و ساخت پیش می رود، حجم اطلاعات افزایش یافته و داده های هندسی و غیر هندسی آن قدر زیاد می شوند که پردازش آنها در آن واحد برای رایانه های رایج چالشی بزرگ به حساب می آید.

۴-۲- کنش پذیری (Iteroperability):

به تعامل و انتقال دوطرفه اطلاعات میان گروه های کاری یک پروژه مربوط می شود. در سیستم بیم تمام اطلاعات باید در میان تمام گروه های کاری و ذینفعان پروژه جریان یابد و به اشتراک گذاشته شود تا اطلاعات مختلف هر یک از اجزای ساختمان به هم پیوند یابند. این به معنای امکان دیدن و بررسی هر واحد داده برای هر یک از دست اندرکاران پروژه است (البته با اولویت ها و تعریف های دسترسی به اطلاعات). با توجه به استفاده از نرم افزار و فرمتهای نرم افزاری مختلف گاه ناسازگار با هم، در وهله نخست این امر غیر ممکن به نظر می رسد. ولی پیشرفتهای قابل توجهی صورت گرفته است. ایجاد پلتفرم های نرم افزاری قدرتمند، فرمتهای بین المللی دیجیتالی مانند آی.اف.سی. (Industry Foundation Classes – IFC)[۷۴] و مانند آن ها از این گونه است. با وجود تمام این پیشرفت ها، هنوز کمبودها و دشواری هایی در موضوع تعامل و کنش پذیری اطلاعاتی میان گروه های کاری پروژه های ساختمانی وجود دارد که پیاده سازی آن را در صنعت ساختمان با کندی مواجه کرده است.

[74] BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors / Chuck Eastman . . . [et al.]. — 2nd ed.

۴-۳- سلسله مراتب دسترسی و کار گروهی

یکی از اهداف سیستم بیم، قرار دادن تمام گروه های کاری پروژه در کنار هم و انجام کار مشترک و تعاملی توسط آنان بر روی پروژه است. این سازماندهی جدید در تولید، توزیع و دسترسی به اطلاعات بخش های مختلف پروژه را در پی دارد. یکی از چالشهای پیاده سازی بیم، تعیین نحوه دسترسی، حوزه های کاری، و قابلیت خواندن و نوشتن و اصلاح اطلاعات توسط هر فرد یا گروه کاری است. اینکه اصلاحات توسط چه کسی اعمال شود، چه کسی حق بررسی و اظهار نظر دارد و چه کسی باید اطلاعات را تایید کند.

۴-۴- گرد آوری اطلاعات

در فرآیند بیم، هر جزء ساختمانی باید دارای اطلاعات کاملی باشد که شامل داده های هندسی مربوط به فرم و ابعاد و داده های غیر هندسی مربوط به قیمت، نحوه اجرا، نحوه نصب، زمان، داده های سازه ای، اطلاعات مربوط به انرژی، شیوه نگهداری و مانند آنها است و بسته به نوع هر جزیی نیز متغیر اند. آیا برای هر جزء و ماده ساختمانی فایل دیجیتالی کاملی حاوی این اطلاعات وجود دارد؟ مسلما خیر؛ اطلاعات در واقع وجود دارند ولی به صورت پراکنده و در فرمتهای دیجیتالی یا کاغذی مختلف مانند نقشه ها، کاتالوگها، صورت جلسات کارگاهی و مانند آن. عدم وجود فایل های دیجیتالی یکپارچه حاوی تمام اطلاعات لازم از اجزاء و مواد ساختمانی یکی از موانع بر سر راه استفاده و به کارگیری راحت سیستم بیم در صنعت ساختمان است.

۵- نتیجه‌گیری

فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان یا به اختصار بیم، پدیده ای نوظهور است که صنعت ساختمان را با تحولاتی عظیم روبرو می کند و کارآمدی آن را به صورتی چشمگیر افزایش می دهد. پیاده سازی این سیستم در صنعت ساختمان نیازمند تغییراتی ساختاری است چرا که این فرآیند، در واقع یک روش و رویکرد جدید است و علاوه بر ابزارهای خاص خود، گردش کاری را نیز در این صنعت تغییر می دهد. متاسفانه علی رغم تلاشهای بسیاری که متخصصان و محققان پیشرو در صنعت ساختمان کشور ایران انجام داده اند، تا کنون این فرآیند وارد صنعت ساختمان نشده و مقاومتها و موانع بسیاری بر سر راه آن وجود دارد. با اینکه ابزارهای این سیستم در دسترس همگان است و بخشی از دست اندرکاران صنعت ساختمان آنها را به کار می گیرند، ولی آن چه به عنوان سیستم بیم شناخته می شود در پروژه های ساختمانی جریان نمی یابد. بسیاری از این موانع ریشه در خصوصیات ذاتی صنعت ساختمان کشور و ساختار های رسمی و غیر رسمی آن دارد. برخی موانع از ایرادات فنی و تکنیکی سیستم بیم نشات می گیرند و بخشی هم مربوط به زیرساخت های نرم افزاری و سخت افزاری صنعت ساختمان ایران است. با توجه به بررسی ها و تحلیل های انجام شده در قبل می توان نتیجه گرفت که برای پیاده سازی سریع و موثر بیم در صنعت ساختمان کشور، علاوه بر ورود تکنولوژی های این سیستم باید ساختارها و چارچوب های قانونی، روابط و ساختارهای غیر رسمی، و زیر ساخت های صنعت ساختمان داخل کشور نیز به تدریج تغییر یافته و اصلاح شوند تا بستر این موضوع آماده گردد. این کار نیازمند مشارکت تمام بخش های درگیر در صنعت ساختمان اعم از مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی، سازمان های قانون گذار و شرکت های مشاور و پیمانکار دولتی و خصوصی است.

منابع و مراجع

[۱] BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors / Chuck Eastman . . . [et al.]. — 2nd ed.

دو پارادایم و یک آینده؛ نقش BIM و PMBOK در تحول صنعت ساختمان

فرشاد آقاحسینی[۱] ، بهنام فیض آبادی[۲] ، حمید ترابی[۳]، نیما حقوقی نیا[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد EMBA سازمان مدیریت صنعتی
(Aghahosseini.pm@gmail.com)

۲- عضو هیئت علمی سازمان مدیریت صنعتی
(bfaizabadi@gmail.com)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
(hamid.torabi.n@gmail.com)

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
(nimahoghoghi@gmail.com)

چکیده

دانش مدیریت در هر حوزه ای نقش اول را در اجرایی شدن و موفقیت پروژه ها بر عهده دارد. به عبارتی دقیق تر می توان مدیریت پروژه را عامل اصلی عبور از طرح های انتزاعی به کالبد های معمارانه کارآمد دانست. بنابراین مدیر یک پروژه ساختمانی خواه معمار، خواه فردی متخصص در سایر دیسیپلین های دخیل در صنعت ساختمان باید به اصول مدیریتی و الزامات آن پایبند باشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان در قامت یک روش طراحی تکامل یافته که علاوه بر معماری، سازه و تاسیسات و مدیریت پروژه را در تمام چرخه زیست یک پروژه (مطالعات امکان سنجی، طراحی و اجرا، بهره برداری) به کار می گیرد، نیازمند هم نشینی با مفاهیم تاثیرگذار در مدیریت است. PMBOK نیز به عنوان مجموعه ای از اصول مدیریت اجرایی که دارای نقاط مشترک با ارکان BIM است می تواند نقشی مکمل در گذار صنعت ساختمان به سوی توسعه یافتگی بازی کند. گذر از روش های سنتی مدیریت کارگاه و ساخت نیازمند نوعی تحول ساختاری (paradigm shift) در زیرساخت های اجتماعی و اقتصادی است که هر دو گفتمان BIM و PMBOK با این چشم انداز و هدف به وجود آمده اند تا با یکپارچه سازی وجوه نظری، فنی و اجرایی منجر به ارتقا سطح کیفی پروژه های عمرانی شوند.

واژگان کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان، PMBOK، صنعت ساختمان، معماری، مدیریت پروژه

۱- مقدمه

مدل سازی اطلاعات ساختمان روشی جدید در طراحی و یک پارادایم نوین در اجرای معماری پارامتریک و پایدار است. این متدولوژی عامل تحقق طراحی تعاملی است که اجازه می دهد تمام دست اندکاران یک پروژه از مطالعات فاز صفر تا اجرا، در وجوه مختلف فنی و مهندسی (معماری، سازه و تاسیسات) به صورت یکپارچه عمل کنند. این از نگاه اجرایی به معنی کاهش فعالیت های موازی و خطاهای طراحی در نتیجه بهینه شدن چرخه ساخت و ساز است. از منظر میان رشته ای نیز مدل سازی اطلاعات ساختمان قابل بررسی است. این پارادیم با اقتصاد در ارتباط نزدیک است. مدلسازی اطلاعات ساختمان مدعی طراحی فراتر از سه بعد است. ابعاد ۴ و ۵ هزینه و زمان است که امکان تخمین آن ها در این متدولوژی فراهم است. بعد ششم مبحث چالش برانگیز انرژی است و آخرین بعد طراحی تحت پارادایم مدل سازی اطلاعات ساختمان مدیریت تسهیلات است که فعالیت های معماری را تا بعد از بهره برداری امتداد می بخشد. در نگاهی گسترده تر مدلسازی اطلاعات ساختمان را می توان شکل تخصصی شده شبکه های اجتماعی (تعامل افراد در طراحی و ساخت) و استفاده هدفمند از واقعیت مجازی (شبیه سازی پروژه قبل از ساخت) دانست. بر اساس همین ویژگی های متدولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان نقش یک هماهنگ کننده در تحقق تمام و کمال آن برجسته می شود. پژوهش حاضر تلاش می کند با بررسی دقیق وجوه متمایز یک پروژه ساخت و ساز و کارکرد دانش های حوزه مدیریت به شفاف سازی نقش مدیر پروژه در ساختار صنعت ساختمان بپردازد که عاملی مهم است برای اجرایی و فراگیر شدن مدلسازی اطلاعات ساختمان.

۲- بررسی ادبیات تطبیقی BIM[75] و PMBOK[76]

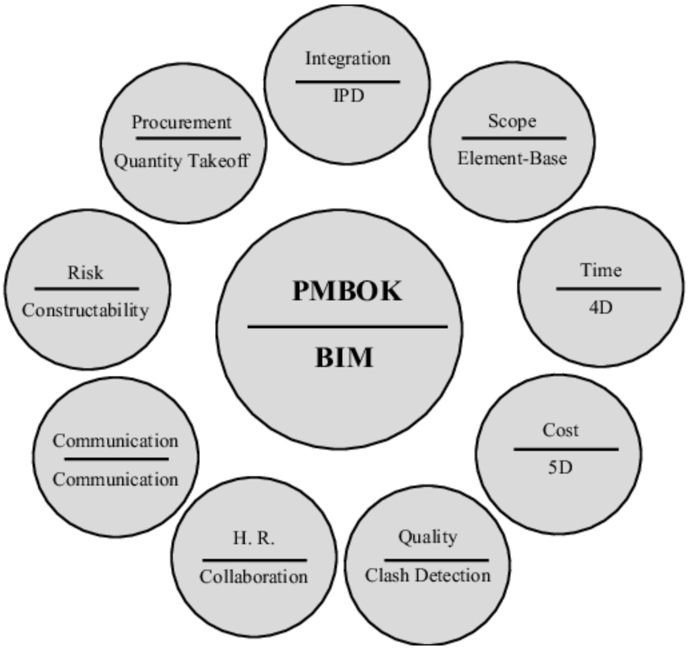
صنعت ساختمان در ایران به عنوان یک حوزه کم تحرک با استاندارهای صلب و قدیمی نیازمند بازنگری مجدد است در ساختار بروکراتیک و تصمیم گیرنده، همچنین بخش خصوصی به عنوان بازوی اجرایی اصلی این صنعت نیازمند ایجاد تغییر در نحوه ساخت و ساز است. در چنین شرایطی نقش مدیریت پروژه و ساخت اهمیت پیدا می کند تا با نگاهی فراخ تر از سایر دست اندکاران صنعت ساختمان به تصمیم سازی استراتژیک، تاکتیکی و عملی بپردازد و هسته مرکزی عملیات را یکپارچه کند (Travaglini A., Radujkovic M., Mancini M., 2014). این شکل از نقش پذیری مدیر پروژه موجب توسعه کسب و کار (به طور ویژه دفاتر معماری) و گسترش تعامل در ساخت و ساز و مدیریت تسهیلات ساختمان می شود. پژوهش روی ۲۰ شرکت فعال در صنعت ساختمان کشور کلمبیا نشان می دهد پس از سال ۲۰۰۶ که مدلسازی اطلاعات ساختمان توسط دفاتر معماری کوچک پذیرفته شد، سطح حمایت مدیریتی و فرهنگ سازمانی این بنگاه های اقتصادی ارتقا یافته است. از سایر دلایل فراگیری این پارادیم در دفاتر نوپای معماری می توان به شفافیت در روابط درون سازمانی نسبت به مهندسین مشاور باسابقه، کارایی فرآیند ها و حذف بروکراسی های دست و پاگیر و روش های تصمیم سازی نوین اشاره کرد (Florez M, et al, 2013).

وابستگی مدیریت پروژه به ساختار سازمان از اصولی است که موسسه PMI[77] به آن اشاره می کند. بر اساس همین ساختار سازمان در تعریف PMBOK؛ برنامه ریزی، سامان دهی، نظارت و کنترل پروژه برای تحقق اهداف پروژه در زمان معین با هزینه بهینه و براساس معیار عملکرد صورت می گیرد (PMBOK,2016). مفهوم یکپارچگی از اصول و الزامات PMBOK

---

75 Building Information Modelling
76 Project Management Body of Knowledge

نقطه مشترک اصلی با مدل سازی اطلاعات ساختمان به حساب می آید. تعریف روابط و وابستگی های سیستم با فرد، فرد با فرد و سیستم با سیستم برای یکپارچه سازی فرآیندهای مدیریت پروژه الزامی است(Antunes, 2015) . یکپارچگی به معنای ایجاد توازن در تاثیرگذاری عرصه های دانش است در طول چرخه عمر پروژه. PMBOK علاوه بر حوزه های مشترک با BIM نظیر زمان، هزینه، کیفیت، نیروی انسانی و تعاملی بودن، سلسه مراتب عملکردی سیستم را تعیین می کند. مدیر پروژه وظیفه شناسایی فعالیت، تعیین عملکرد، تصویب اقدام (تغییر، اصلاح، جایگزینی، طراحی و یا تعدیل) و در نهایت نظارت بر انجام فعالیت را بر عهده دارد. ادبیات مشترک میان اعضای سیستم در این جا اهمیت می یابد. PMBOK به عنوان یک روش و رویکرد مدیریتی که دربرگیرنده نگاه استراتژیک به صنعت است با BIM به عنوان یک متدولوژی نوین در عرصه طراحی و ساخت و ساز نقاط مشترک مفهومی و ساختاری دارند. اگر چه نباید از تمایز این دو روش غافل شد. در ادامه بر اساس دیاگرام ذیل به شرح هم ارزی وجوه و ابعاد متکثر BIM و PMBOK خواهیم پرداخت.



دیاگرام ۱ – زمینه های دانش PMBOK در مقابل نقش BIM در مدیریت پروژه ساخت و ساز (Rokooei S., 2015)

Integration/ IPD[78]: همان طور که پیش تر هم گفته شد یکپارچگی نقطه اتصال اصلی دو پارادایم مذکور در این نوشتار است، یکی در مدیریت و دیگری در معماری. پیوستگی یک سیستم تجاری (سامانه کسب و کار) و یکپارچگی و سازگاری عناصر درصنعت ساختمان (معماری، سازه و تاسیسات) هر دو به پویایی و کارآمدی بیشتر ختم می شود. یکپارچگی به معنای به کارگیری تمام دیسیپلین[۷۹] های متکثر در یک ساختار است بدون تداخل و تعارض هر یک از عناصر آن. شناسایی اهداف

---

77 Project Management Institute
78 Integrated Project Delivery
79 Discipline

پروژه، تعریف پروژه، تلفیق و یکی کردن فعالیت های همسان و تعریف نحوه تعامل نیروی انسانی را می توان منشور پروژه دانست که توجیه پذیری پروژه را تایید می کند. پروسه هدایت، پایش و کنترل پروژه نیازمند نگاه یکپارچه است. همچنین باید توجه داشت ذیل عنوان یکپارچگی نمی توان از مفهوم مدیریت دانش در سیستم و یک پلتفرم ویژه غافل شد. تجمیع و پایش دانش و روایی پردازش داده ها در صورت تحقق یکپارچگی امکان پذیر خواهد شد. Scope/ Element base: مدلسازی اطلاعات ساختمان مفهومی وابسته به داده و پردازش داده است. داده ورودی به سیستم نرم افزاری باید ویژگی های متعددی داشته باشد تا اطلاعات حاصل از پردازش آن دارای اعتبار باشد. مفهوم محدوده پروژه بر گرفته از PMBOK تلاش می کند به جمع بندی انتظارات ذینفعان و سهام داران هر پروژه برسد. همین انتظارات و خواسته ها به انضمام الزامات قانونی و قراردادی اولین نمونه داده های ورودی به یک سامانه هستند که پردازش آن اهداف، چشم انداز و سیاست های اجرایی یک پروژه را شکل می دهد.(Travaglini A., Radujkovic M., Mancini M., 2014) همان طورکه نقطه بحرانی پروژه ساختمانی محل تلاقی سازه و معماری است. هم پوشانی محدوده های مدیریت پروژه هم از نقاط مهم در هدایت یک پروژه است. برنامه ریزی مدیریت محدوده، تعیین ابزارها و تکنیک ها، اصلاح ساختار شکست کار و تعیین ادبیات پروژه به روشن شدن چارچوب اجرایی خواهد انجامید. اقلام قابل تحویل یکی دیگر از مفاهیم درگیر با محدوده پروژه است که با توجه به LOD[80] و BIM EP[81] مشخص می شود.

Time and Cost/ beyond 3D: ادعای طراحی فراتر از سه بعد در مدل سازی اطلاعات ساختمان با تخمین صحیح زمان و هزینه هر فعالیت امکان پذیر می شود که نیازمند شناخت جامع و کامل از کلیه ی اقداماتی است که در پروژه ساخت و ساز صورت می گیرد. زمان و هزینه در راه اندازی کسب و کار نیز یک عامل مهم است.

Quality/ Clash detection: تشخیص تداخلات، موازی کاری ها و تعدیل هم پوشانی فعالیت ها و همچنین کلیه دوباره کاری ها منجر به اتلاف زمان تحت سامانه های نرم افزاری مدل سازی اطلاعات ساختمان شناسایی و برطرف می شوند. بخشی از این وظیفه بر عهده مدیر پروژه است. مدیر پروژه تنها نقطه مسئولیت برای دستیابی به هدف یک پروژه است که با رویکرد PMBOK امکان مدیریت فعالیت ها را پیدا می کند و با تعیین معیار سنجش عملکرد، کیفیت ساخت و ساز را ارتقا می دهد. ممیزی و ارزیابی شاخص های عملکردی در تضمین کیفیت، مفهومی هم ارز تشخیص تداخلات عملکردی در BIM است.

Human Resource/ Collaboration: منابع انسانی در یک سازمان از مهم ترین و چالش برانگیز ترین موضوعات موثر بر تصمیم سازی است. PMBOK از طریق تعریف فعالیت ها، تخمین منابع مورد نیاز به تدوین برنامه مدیریت منابع انسانی می رسد (Antunes, 2015). برآیند این مسیر به ترتیب تشکیل تیم، توسعه تیم و مدیریت تیم در فاز اجرا خواهد بود. کار تیمی، هم افزایی، همکاری و تعامل در BIM از بنیادهای اصلی است. به همین دلیل گزینش نیرو از اهمیت ویژه برخوردار است و نمی توان دست به آزمون صحیح و خطا زد. در این جا نقش رهبری مدیر پروژه برای تحقق وجه تعاملی BIM و PMBOK پررنگ می شود. کلید واژه های PMBOK در این زمینه ماتریس مسئولیت، ساختار شکست مسئولیت، ساختار شکست منابع، شبکه سازی، سیستم ارزیابی عملکرد و مدیریت تعارض است. مترادف این واژگان و عبارات در BIM را می توان به میزان اختیارات افراد در تغییر و اصلاح، تعیین نقش هر عنصر عملیاتی در پروژه و مشخص کردن نحوه تعامل افراد

[80] Level of Detail/ Development
[81] BIM executive plan

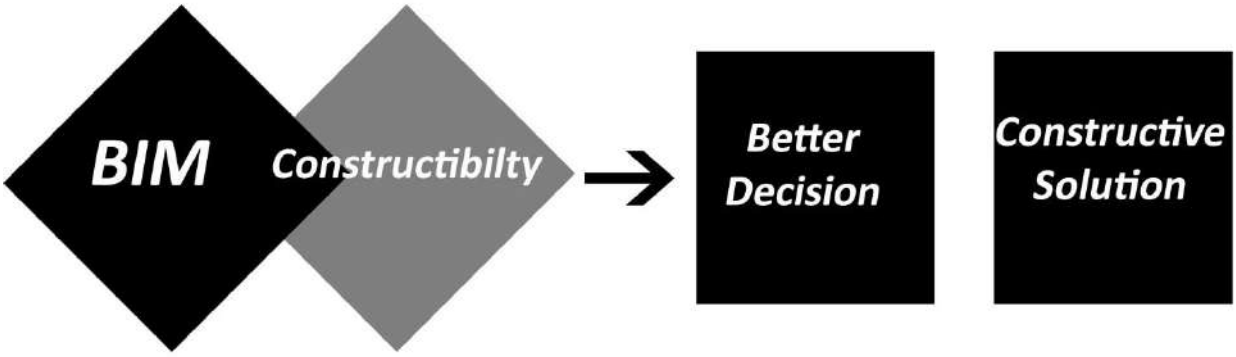
درون سیستم تعبیر کرد. این مفاهیم که منجر به پویایی سیستم ساخت و ساز می شوند به صورت خلاصه در جدول زیر صورت بندی شده تا در فاز ها و مراحل مختلف طراحی تا اجرا نقش هر نیروی انسانی مشخص باشد.

	نهاد های مشاور	مدیر ساخت	مهندسین مشاور	معمار/ طراح	مالک/ کارفرما
ایده پردازی/ برنامه ریزی نیازها	ارائه بازخورد در مورد پیش نیاز های آغاز پروژه	ارائه بازخورد در مورد هزینه اولیه ساخت، برنامه ریزی و سازگاری	ارائه بازخورد در مورد اهداف و الزامات عملکرد اولیه ساختمان	گزینش گرایش طراحی براساس اطلاعات سایت	الزامات مربوط به فرم، عملکرد، هزینه و برنامه
طراحی شماتیک	اصلاح شرایط لازم برای راه اندازی	بازنگری در طراحی و ادامه بازخورد در مورد هزینه، برنامه ریزی، و سازگاری	بررسی مدل های توسعه آتی و برنامه ریزی تجهیز فضای کار	زمان بندی و فازبندی فعالیت ها، بر اساس ایده ها و مشاوره مدیر ساخت و مهندسین مشاور	بررسی طراحی برای اصلاح نیازهای طراحی بیشتر
طراحی اجرایی جزئیات	بررسی مدل طراحی برای همه حوزه ها	ساخت مدل ساختاری برای شبیه سازی، هماهنگی، برآورد و برنامه	ایجاد مدل های اجرایی خاص برای طراحی	اصلاح مدل طراحی، معرفی مدل مشاوران و هماهنگی مدل ها	تصویب نهایی طرح و معیارهای سنجش پروژه
اجرا و تهیه نقشه As Built	بررسی مدل های طراحی در تمام حوزه ها	ارتقاء مدل ساخت و ساز و انجام تخمین نهایی و برنامه ساخت و ساز نهایی	مدلهای خاص طراحی	مدل نهایی طراحی، اسناد ساخت و ساز و مشخصات	
تدارکات و نهاد های بالادستی		مدیریت خرید ها و تدارکات پروژه و درخواست اطلاعات پیش از ساخت	دریافت و توافق و پذیرش برنامه های اجرایی و هزینه ای و پاسخ به درخواست های اطلاعات ساخت	دریافت و توافق و پذیرش برنامه های اجرایی و هزینه ای و پاسخ به درخواست های اطلاعات ساخت	اعطای حق مذاکره، خرید و ساخت به مهندسین مشاور
ساخت	مشاهده پروسه ساخت و ارائه مشاوره های ویژه.	مدیریت ساخت و تعامل با پیمانکاران، تامین کنندگان مصالح و اعمال تغییرات طرح در اجرا	هماهنگ سازی مدل های حوزه های مختلف طراحی	اجرای مدیریت پیمان و اعمال تغییرات و اصلاحات احتمالی	رصد و کنترل پروسه ساخت ، تامین منابع
مدیریت تسهیلات				تبادل اطلاعات بین طراحان و مدیر خدمات	ایجاد ارتباط بین گروه معماری با کاربر و مدیر خدمات

جدول۱ – ساختار وظایف و اختیارات (Antunes, 2015)

Communication/ Communication: می توان گفت موفقیت یک سیستم در دنیای کسب و کار امروز، در سطح استراتژیک یک سازمان علاوه بر وابستگی به قابلیت های فنی است در گرو بهره وری، هوشمندی کسب و کار و ویژگی های مدیریتی آن است که به شدت تحت تاثیر ارتباطات قرار دارد. اهمیت ارتباط و یا به تعبیری صحیح تر علم ارتباطات در پارادایم نوین مدیریتی PMBOK و متدولوژی BIM غیر قابل انکار است، از شکل بدوی ارتباط، کلام و زبان بدن، تا سطوح پیچیده تر و تاویل پذیر آن به انضمام ابزار های متعدد ارتباطی نظیر شبکه های اجتماعی و رسانه ها. همچنین فرآیند، برنامه ریزی و مدیریت ارتباطات بین فرد با سیستم (نرم افزار) و فرد با فرد برای محقق شدن ایده آل های BIM اهمیت ویژه دارد. در این میانه وجود یک رابط بین اجزای سیستم برای ارزیابی، ممیزی و تشکیل زیرساخت تعامل میان رشته ای در یک پروژه نقش حیاتی پیدا می کند. این وظیفه مهم در متدولوژی BIM بر عهده BIM Coordinator/ Manager است، فردی مسلط به تمامی دیسیپلین های دخیل در صنعت ساختمان با روحیه مدیریتی و راهبری قدرتمند.

Risk/ Constructability: براساس دیاگرام قیاسی BIM و PMBOK (دیاگرام ۱) دو وجه مدیریت خطر و امکان پذیری ساخت هم ارز یکدیگر فرض شده اند. برنامه ریزی مدیریت ریسک در PMBOK با پیش فرض وقوع اختلال در سیستم صورت می گیرد (Antunes, 2015). شناخت نوع و جایگاه اختلال و اولویت بندی اقدامات اصلاحی از مباحث مهم در مدیریت ریسک است که در BIM با شعار ساختن پیش از اجرا (شبیه سازی تمام پروسه ساخت و ساز) امکان پذیری ساخت را پیش از ورود به سایت پروژه انجام می دهد.



دیاگرام ۲- نسبت مدیریت ریسک با تصمیم سازی بهتر

مدیریت ریسک در BIM منجر به اتخاذ تصمیمات منطقی و ارائه راه حل های اجرایی در ساخت می شود(دیاگرام دو). تلفیق مدل سازی اطلاعات ساختمان با علم مدیریت منجر به ساخت و ساز با بهره وری و سودآوری بیشتر می شود.

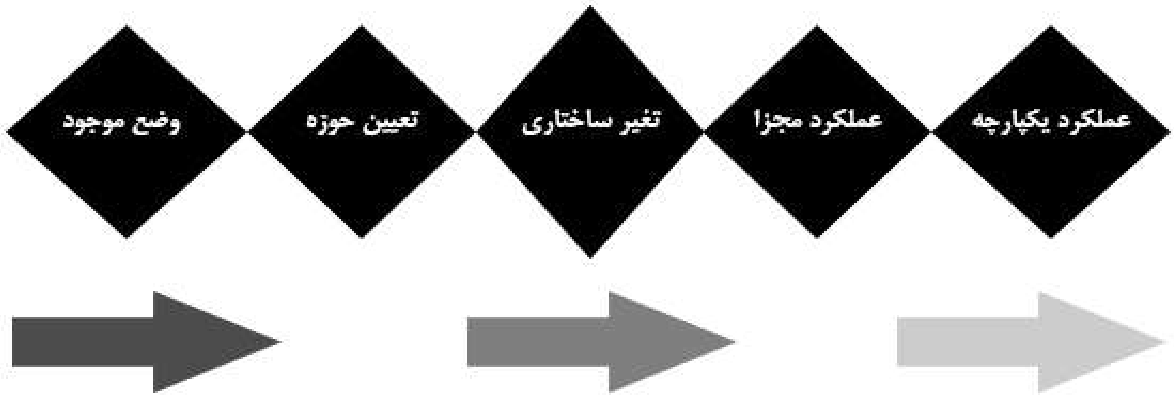
Procurement/ Quantity take off: کاهش مقادیر (Quantity take off) را می توان تعریفی برای مدیریت تدارکات دانست. تدارکات بر اساس تعریف PMBOK بخشی از مقادیر اقلام، خدمات و کالاهایی است که قرار است بیرون از پروژه و به صورت (Outsource) تامین شود. این بخش بیش از هر وجه دیگری با ابعاد مدیریتی درگیر است تا معماری و سازه. برنامه ریزی و گزینش پیمانکاران، عقد قرارداد، ارزیابی مستمر عملکرد پیمانکاران و مدیریت تامین کنندگان همگی در صورت صحیح انجام گرفتن منجربه تعدیل مصرف و جلوگیری از اتلاف زمان، هزینه و انرژی خواهد شد.

بررسی ادبیات تطبیقی BIM و PMBOK نشان می دهد، علم، صنعت و هنر پس از سال ها شعارزدگی و نفی یکدیگر به نقطه ای مشترک و سطحی از پراگماتیسم (عملگرایی) رسیده اند که حداقل در ادبیات به یکدیگر نزدیک شده اند تا معماری پایدار، مدیریت یکپارچه و تعدیل اتلاف انرژی و زمان محقق شود.

۳-تجربه اجرای PMBOK و لزوم نیل به فراگیری BIM

موسسه PMI اولین بار در سال ۱۹۹۶ راهنمای پیکره دانش مدیریت پروژه را تحت عنوان اختصاری PMBOK منتشر کرد. این راهنما به عنوان الزامات علمی و عملی مدیریت پروژه برای فراگیر کردن و افزایش مقبولیت این دانش به عنوان یک

حرفه منتشر شد (سایت[۸۲] PMI). ویرایش های این کتاب از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ روز به روز از یک مانیفست انتزاعی به سمت اجرایی و عملیاتی شدن پیش رفته است. تجربه PMBOK نشان می دهد گفتمان نوین BIM در صنعت ساختمان می تواند ایده را بر اجرا منطبق کند. علاوه بر مباحث نظری، که در بخش اول مقاله به آن پرداخته شد، این دو پارادایم در فاز اجرا هم نیازمند بررسی و تطبیق هستند. تعریف شفاف و دقیق از همه الزامات و گام های اجرایی در مراحل انطباق و به کارگیری یک متدولوژی جدید در صنعت مهم است. وقوع این اتفاق در صنعت ساختمان به عنوان یک صنعت چند نظمی (MULTIDISIPLINARY) به شدت سخت است. به تعبیری صریح تر گذار به شرایط ایده آل نیاز به تغییر ساختاری را بیش از پیش نمایان می سازد. نگارش پروتکل مدل سازی اطلاعات در صنعت ساختمان نیازمند نگاهی جامع است به وضعیت موجود که حاصل فاکتورهای متعدد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی است. ذیل این مبحث به بررسی پیش نیازهای فراگیری مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان می پردازیم.



دیاگرام ۳- مدل گذار به پارادیام جدید در صنعت ساختمان

ساختمان در صنعت، معماری و ساخت در برگیرنده ۵ سرفصل اصلی است. چک لیست پلان اجرایی، اطلاعات ساختمان (شناسنامه پروژه)، اهداف پروژه، فعالیت های تعاملی و منابع و الزامات پروژه. تجمیع این سرفصل ها به صورت یک راهنما (guideline – handbook) مبنای کار قرار می گیرد و اختیارات افراد را در قبال اطلاعات و گزارش های پروژه تعیین می کند. اگرچه سرفصل ها را می توان به صورت ثابت در نظر گرفت اما بنا به تعریف PMBOK هر پروژه در ساختار سیستماتیک خود راهنمای متفاوتی دارد و اجزای سیستم عملکرد های مختلفی دارند. استراتژی کسب و کار در صنعت ساختمان بر مبنای فاکتور های برنامه و بودجه، تجهیزات و مصالح، نیروی انسانی، مدیریت پروژه و کنترل کیفیت، مدیریت ریسک و شناسایی مسیر پیشرفت پروژه طراحی می شود. بر اساس همین استراتژی های بر آمده از PMBOK می توان مدل

---

[82] http://www.pmi.org/

گذار به BIM را برگرفته از مدل مراحل توسعه SIGPRO[83] که یک مدل تغییر در سامانه فناوری تکتولوژی است ترسیم کرد(Trindade L,. et al, 2016).

این مدل شامل پنج مرحله است. اولین گام مختص شناخت وضع موجود است و شناخت اختلالات سیستمی. در گام بعدی باید دانست که چه چیزی می خواهیم. بنابراین باید نیازها و انتظارات (scope) خود را از سیستم جدید مشخص کنیم. تعیین دسترسی به سیستم عملکردی، قواعد کسب و کار، منطق اطلاعات و زبان مشترک درون ساختاری گام دوم است. تغییر ساختاری به عنوان گام سوم نه اقدام نهایی بلکه یک ابزار انتزاعی و مفصل اصلی است که برای عبور از مرحله سوم باید در ذات سیستم رخ دهد. پیدا کردن راه حل بهینه تکنولوژیک، تزریق نگاه اجرایی به گروه و تعیین ساختار تجاری فعالیت های این مرحله هستند. در گام چهارم می بایست فعالیت های زیر سیستم ها را به صورت مجزا رصد کرد، گزارش گیری کرد و داده ها را به صورت مبسوط ثبت کنیم. اما یکپارچگی به عنوان هدف نهایی دو پارادایم BIM و PMBOK با جانمایی و تعیین دقیق فعالیت های فردی و گروهی ممکن می شود (Trindade L,. et al, 2016).

مدل سازی اطلاعات ساختمان فرآیندی است از دفتر طراحی تا سایت اجرایی پروژه که در آن از تیم بازرگانی (امکان سنجی اقتصادی) تا طراحان (گروه معماری، سازه و تاسیسات)، مجریان و پیمانکاران به انضمام تمام صنایع خرد درگیر هستند (Florez M, et al, 2013). حاصل مدیریت یک پروژه ساختمانی با بهره گیری از BIM و PMBOK را می توان به صورت زیر صورت بندی کرد.

- اطلاعات قابل اعتمادتر و درست تر از سایت
- تقویت شفافیت در پروسه انجام فعالیت ها
- افزایش پایبندی به تعهدات استراتژیک و عملیات
- تصور صحیح از شیوه های برنامه ریزی برای مدیریت سطوح کاری
- تضمین موعد برنامه ها، CONTRACTUAL MILSTONE
- کاهش هزینه های بازانجام یا برنامه ریزی مجدد

همانطور که در مباحث مختلف این مقاله مطرح شد، فراگیری BIM و PMBOK نیاز مند تحول ساختاری است؛ از فرهنگ سازمانی تا وجوه اقتصادی- اجتماعی. جست و جوی عنوان مدل سازی اطلاعات ساختمان و ویژگی های آن نشان می دهد صنعت ساختمان جهان در حال گذار به سوی این گفتمان و پارادیم جدید است. (Suwal S., Javaja P., Porkka J.2013) شاهد این مدعا را می توان مجموعه مقالات علمی پژوهشی دانست که با عناوین مشابهی اعم از چالش ها، مزایا و ویژگی های به کارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای مختلف منتشر شده است. نکته حائز اهمیت دیگر که پیش تر در مقدمه و بخش قبلی به آن اشاره شد وجه اجتماعی آن است. کشورهای بزرگ صنعتی همگی فراتر از استانداردسازی مدلسازی اطلاعات ساختمان، الزام بهره گیری از این متدولوژی را به قانون تبدیل کرده اند. وقتی پدیده ای تخصصی از دل صنعت تبدیل به قانون می شود یعنی تمام وجوه و زیرساخت های اقتصادی و اجتماعی آن آماده بوده است. پژوهش هایی در کشورهای در حال توسعه هند، برزیل و کلمبیا که از منابع این پژوهش هستند به نکات مهمی اشاره می کند که می توان از آن ها برای اجرایی شدن مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایران بهره گرفت. نکته اول آن که هر سه این کشور

---

[83] Sistema Integrado de Gestao de Projetos

ها در دوره رکود صنعت ساختمان این تغییر و گذار تکنولوژیک را انجام داده اند. کما این که به گواه آمارهای رسمی ساخت و ساز در ایران هم دیگر سود آوری دهه ۸۰ را ندارد. بازار رقابتی، تقاضای کیفیت، سودآوردی اقتصادی، تولید (ساخت) بهتر و سریع تر و تکنولوژی های نوین همگی دلایل و یا به تعبیری اقتصادی نیازهای بازار هستند برای نیل به مدل سازی اطلاعات ساختمان که پتانسیل بازنمایی نیاز به تغییر درونی و فرهنگی را در صنعت ساختمان دارد (Trindade L,. et al, 2016).

کلید واژه این مبحث تخمین هزینه و زمان است که به عنوان ابعاد چهارم و پنجم مدل سازی اطلاعات ساختمان شناخته می شوند و به تعبیری صریح تر عامل تعدیل اتلاف هستند. براساس گزارش های شورای تدارکات ساخت و ساز استرالیا تاثیر گذاری مدلسازی اطلاعات ساختمان در این صنعت چشم گیر بوده است. این پارادایم با افزایش رقابتی کردن بازار در سال های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ روند اتلاف درچرخه زندگی ساختمان از طراحی و ساخت تا بهره برداری و نگه داری به صرفه جویی ۳.۱ میلیارد دلاری سالانه تبدیل شده است. این به معنی آن است که صنعت ساختمان از وضعیت ضرر ده به وضعیت سودآوری خالص و نه تورمی نیل کرده است.

سودآوری اقتصادی اگر مهم ترین دلیل برای اجرایی کردن BIM نباشد اما قطعا اولین دلیل برای این تحول به حساب می آید. ضمن اینکه همگام بودن با ابزارهای ارتباط جمعی و تکنولوژی های نو درعصر ارتباطات لازمه دوام و فراگیری پارادایمی در حوزه صنعت است. BIM با بهره گیری از پتانسیل های فناوری واقعیت مجازی و استفاده از تجربه های دانش مدیریت تبدیل به یک متدولوژی جهش یافته شده است برای بهبود ضعیت ساخت و ساز.

۴- نتیجه گیری

مدل سازی اطلاعات ساختمان به اقتصاد، جامعه و بازار گره خورده است. این متدولوژی با برجسته سازی مفاهیمی کلیدی نظیر تعامل و یکپارچگی، نقاط اشتراک خود را با سایر دیسیپلین ها و علوم نمایان می کند. مدل سازی اطلاعات ساختمان در واقع حاصل انباشت تمام تجربه های پس از عصر صنعتی شدن است که به کمک دانش مدیریت خلاء های اجرایی معماری را پوشش می دهد. BIM به انضمامPMBOK تلاش می کند با نگاهی جامع نیاز کارفرما، ایده معمار و مجری و خواسته های تمامی ذینفعان یک پروژه ساختمانی را به تناسب تامین کند، به همین واسطه با مدیریت اجرایی قرابت اصولی دارد و به الزامات آن پایبند است. BIM با تعیین جایگاه هر فرد ضمن اعطای استقلال عمل، اختیارات یک فرد در سیستم را معین می کند تا نقش هیچ یک از عناصر عملیاتی تحت الشعاع توانایی های عضو دیگری از سیستم قرار نگیرد و اختلالی در سیستم پدید نیاید. بهینه سازی تعامل افراد با یکدیگر در سیستم و افراد با سیستم نقش اصلی یک مدیر پروژه است. براساس آنچه گفته شد، نیل به فراگیری BIM در صنعت ساختمان الزامی است اما نیازمند یک تغییر بنیادین در ساختار های اجتماعی و اقتصادی است. بخش خصوصی قدرتمند، بروکراسی کارآمد و استانداردهای به روز شده عامل اصلی گذار به عصر مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ایران است.

منابع و مراجع

[1] BIM Guidelines & Standards for Architects, Engineers, and Contractors, Indiana university, Architect Department
http://www.iu.edu/~vpcpf/consultant-contractor/standards/bim-standards.shtml

[2] Suwal S., Javaja P., Porkka J., *Social BIM perspective*, Proceedings of the 30th CIB W78 International Conference - October 9-12, 2013, Beijing, China

[3] Florez M., Guevara J., Ozuna A., Vargas H., *The Process Of Implementing Project Management and BIM In The Colombian AEC Industry*, Conference: Proceedings of the VII Elagec, At Universidad de los Andes, Volume: (Suwal, 2013)

[4] Bruno Miguel Claudino Antunes, 2015, *BIM Execution Plan Proposal; Synergies with PMBOK*, Thesis to obtain the Master of Science Degree in Civil Engineering, Lisboa Tecnico University

[5] Burakale A., Patil M., 2017, *A Statistical Analysis of Building Information Modeling in Project Management*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 04 Issue: 08 | Aug -2017

[6] Travaglini A., Radujkovic M., Mancini M., 2014, *Building Information Modelling (BIM) and Project Management:a Stakeholders Perspective*, organization, technology and management in construction an international 1058 journal · 6(2)2014

[7] Rokooei S., 2015, *Building Information Modeling in Project Management: Necessities,Challenges and Outcomes*, 4th International Conference on Leadership, Technology, Innovation and Business Management

[8] Trindade L., Salles C., Marveis L., Santos E., 2016, *Building Information Models as the Basis of Business Strategy: A Case Study of an Integrated BIM-Based System for Construction Management*, Proc. of the 33rd CIB W78 Conference 2016, Oct. 31st – Nov. 2nd 2016, Brisbane, Australia

[9] Project Management Body of Knowledge, Book by Project Management Institute, 5th edition 2016

(بررسی تاثیرات پیاده سازی BIM و HSE در فاز اجرایی پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندرانزلی)

حسین مکانی[1]

۱- مسئول HSE شرکت مهندسی الکتریکوم

کارشناسی ارشد عمران – سازه (دانشگاه آزاد بندر انزلی) , مکانیک سیالات

چکیده

عدم تطابق هزینه های واقعی با هزینه های برآوردی، پراکندگی کارهای دردست اجرا و مشخص نبودن سیاست های بهره برداری، عدم وجود یک راهکار اساسی برای مقابله با بحران ها و حوادث , در زمره مشکلا ت و تنگناهای عمده تهیه و اجرا و توسعه طرح ها و پروژه ها در کشورمان است که یکی از دلایل اصلی ایجاد این مشکلات, فقدان یک نگرش صحیح نسبت به سیستم های مدیریتی همچون مدل سازی اطلاعاتی ساختمان و طرح ایمنی و بهداشت است . در BIM برای بررسی اصولی تر , چرخه عمر ساختمان را به سه قسمت طراحی , اجرا و بهره برداری تقسیم میکنیم. در این مقاله سعی کردیم با بررسی یک مثال عملی نشان دهیم اجرای HSE و BIM در فاز اجرای پروژه چگونه میتواند تاثیرات مثبتی در مدت زمانی کوتاه از خود بر جای بگذارد. بدین منظور در ابتدا پس از بررسی نقش آموزش و فرهنگ سازی و بیان برخی الزامات قانونی , نشان می دهیم اجرای توأم سیستم های مدیریتی HSE و BIM که هر دو بر مبنای جمع آوری اطلاعات و همدلی اعضای ذی نفع در پروژه عمل میکنند چگونه توانست به حفظ محیط زیست, افزایش ایمنی, اجرای فاز بندی و رفع تداخلات اجرایی , تجهیز اصولی کارگاه با کمترین هزینه , کاهش هزینه های ناشی از حادثه و مستند سازی به وسیله مولتی روتر (ربات پرنده) , تهیه یک سیستم نظارتی و شناسایی خطرات و... در پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی شهرستان بندر انزلی که توسط شرکت مهندسی الکتریکوم در حال اجراست کمک کند.

واژگان کلیدی : طرح ایمنی و بهداشت , مدلسازی اطلاعات ساختمان , مستند سازی و پایش , تجهیز کارگاه , مولتی روتر , ربات پرنده

۱- مقدمه

مدل سازی اطلاعات ساختمان رابطه تنگاتنگی با طرح ایمنی وبهداشت محیط دارد و هر دو برای کاهش و مدیریت صحیح در هزینه ها و زمان از داده های اطلاعاتی و ایجاد هماهنگی بین طراحان و مجریان بهره میگیرند. از آنجاییکه در کشور عزیزمان به این دو مقوله کمتر توجه شده است سعی کردیم در یکی از پروژه های در دست احداث شرکت الکتریکوم میزان تاثیرات اجرای این دو سیستم مدیریتی روز را بررسی نماییم. با توجه به قرار گرفتن شهرستان بندر انزلی در منطقه آزاد تجاری , صنعتی و وجود گمرک و اداره بنادر , این شهرستان از دیر باز مورد توجه بوده , از طرفی فقدان یک بیمارستان خصوصی و یا دولتی با امکانات ویژه و تخصصی در این شهر همیشه احساس میشد. پروژه احداث پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی با هدف تامین نیازهای بخش درمان و سلامت مردم شهر و نیز بالا بردن کیفیت خدمت رسانی به کمک مسئولین این شهرستان شروع به کار نمود. ساختمان جدید پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی در محل کلینیک قدیمی تامین اجتماعی (با نام قدیم دریا) ساخته میشود. به دلیل کمبود مراکز درمانی در بندرانزلی ,تخریب و از سرویس خارج کردن کامل کلینیک قدیمی برای ساخت ساختمان جدید و محوطه سازی پلی کلینیک تخصصی تامین اجتماعی توسط شرکت مهندسی الکتریکوم امکان پذیر نبود. از طرفی نزدیکی به یک میدان و مدرسه ابتدایی به جهت ایجاد بار ترافیکی و عدم وجود یک سیستم دفع پسماند شهری از دیگر مشکلات پیش رو در ساخت این پروژه میباشد. مشخصات عمومی پروژه ، اهداف و ملاحضات ویژه پروژه مورد مطالعه بدین صورت می باشد :

نام پروژه : عملیات اجرایی کارهای ساختمانی و تاسیساتی پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی

شهر محل احداث : بندر انزلی واقع در استان گیلان با جمعیت در حدود ۱۷۰ هزار نفر

پیمانکار اصلی : شرکت مهندسی الکتریکوم

کارفرما : شرکت مدیریت طرح و اجرای خانه سازی ایران

زمان تخمینی اتمام پروژه : ۲۰ ماه

نوع اسکلت : بتنی قاب خمشی

نوع فونداسیون : یکپارچه بتنی با تحکیم بستر

سیستم سرمایش و گرمایش : چیلر و فن کوئل

تعداد طبقات و متراژ پروژه : دو طبقه و به مساحت ۲۲۰۰ متر مربع فضای درمانی و با احساب مشاعات و محوطه سازی ۳۵۰۹ متر مربع

۲- بررسی نقش فرهنگ سازی و آموزش در HSE و BIM

اغلب مشکلات پیش آمده برای اجرای کامل یک سیستم مدیریتی در غالب یک فرهنگ رفتاری ناقص شکل میگیرد.ایجاد یک دید جمعی و کامل برای تیم اجرایی و طراحی پروژه که BIM [1] و HSE [2] را به عنوان یک فرهنگ سازمانی و کاری باور دارند بسیار مهم است. مهمترین مرحله در فرایند مدلسازی اطلاعات ساختمان نشر و کنترل اطلاعات و فرایند ها

برای بازدهی بیشتر و بهتر عملیات اجرایی میباشد.آموزش برای تمامی عوامل دخیل در پروژه متناسب با وظیفه محوله و در یک بازه زمانی مشخص , برای باور پذیری قوانین و افزایش راندمان اهمیت خاصی دارد. جوامع پیشرفته با گذر از نگرش سنتی وارد فاز جدیدی از احترام و توجه به سیستم های مدیریتی مورد مبحث شده اند .البته باید این موضوع که آنها برای رسیدن به چنین طرز تفکری هزینه های بسیاری مانند حادثه چرنوبیل که به علت وجود یک فرهنگ ایمنی ضعیف و عدم آموزش صحیح پرداخته اند نیز باید مد نظر ما باشد. برای اجرای هرچه صحیح تر یک طرح ایمنی و بهداشت بهتر است آن را در زمان طراحی پروژه و قبل از شروع فاز اجرایی مد نظر قرار داد . طرح ایمنی و بهداشت نیز بهتر است طوری تدوین شود که هر سه فاز را مورد پوشش قرار دهد. از آنجا که این طرح ها قابلیت انعطاف و بروز رسانی فراوانی دارند میتوانند مرتبا مورد ویرایش و بازنگری توسط عوامل تیم اجرایی و طراحی قرار گیرد. پس میتوان دریافت رویکردهای متعارف در HSE به خصوص ایمنی فردی قادر به ایجاد سطحی قابل قبول از ایمنی نمیباشد و نیاز به یک باور قلبی و همدلی در تمامی سطوح پروژه از مدیریت تا کارگران ساده میباشد.

۳- برخی الزامات قانونی در رابطه با اجرای قوانین HSE

حسب ماده ۹۵ قانون کار مسئولیت اجرای مقررات و ضوابط فنی و بهداشت کار بر عهده کارفرما یا مسئولین واحدهای موضوع ذکر شده در ماده ۸۵ این قانون خواهد بود. هر گاه بر اثرعدم رعایت مقررات مذکور از سوی کارفرما یا مسئولین واحد، حادثه ای رخ دهد، شخص کارفرما یا مسئول مذکور از نظر کیفری و حقوقی و نیز مجازات های مندرج در این قانون مسئول است .

همچنین یکی از اهداف ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه مندرج در آیین نامه اجرایی استاندارد های اجرایی، سرعت در اجرای پروژه ها و پرهیز از دوباره کاری و صیانت از نیروی انسانی , حفظ محیط زیست و توجه به سلامت روانی شاغلین است.از طرفی طبق اصل ۴۴ قانون اساسی موارد زیر از طرف رهبر جمهوری اسلامی جهت اجرا بلاغ شده است :

- تغییر نقش دولت از مالکیت ومدیریت مستقیم بنگاه به سیاستگذاری و هدایت و نظارت
- آماده‌سازی بنگاه‌های داخلی جهت مواجهه هوشمندانه بـا قواعـد تجـارت جهـانی در یـک فراینـد تـدریجی و هدفمند
- توسعه سرمایه انسانی دانش پایه و متخصص.

توسعه و ارتقاء استانداردهای ملی و انطباق نظام‌های ارزیابی کیفیت با استانداردهای بین‌المللی تدوین ضوابط، آیین نامه ها، دستورالعمل ها و روش ها طبق آیین نامه استانداردهای اجرایی از سال ۱۳۵۱ تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفته است اما در گزارش های مختلف گروه های برنامه ریزی چه در هفت برنامه اجرا شده قبل از انقلاب اسلامی و چه در چهار برنامه اجرا شده و در دست اجرای بعد از انقلاب اسلا می، کمبود آمار، بی مهری نسبت به محیط زیست ,عدم بکار گیری نیروی متخصص و ذی صلاح , عدم وجود یک سیستم شفاف , توجه یک طرفه بخش سود دهی در پروژه ها حتی به هزینه از دست دادن سلامت روحی و روانی افراد , نارسایی های قانونی، عدم تطابق هزینه های واقعی با هزینه های برآوردی، پراکندگی کارهای دردست اجرا و مشخص نبودن سیاست های بهره برداری، عدم وجود یک راهکار اساسی برای مقابله با بحران ها و حوادث , در

زمره مشکلات و تنگناهای عمده تهیه و اجرا و توسعه طرح ها و پروژه ها بوده است. دو سیستم مدل اطلاعات ساختمانی و مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی را میتوان با کمک دیگر قوانین تکمیلی تصویب شده توسط دولت مانند " آیین نامه بکارگیری مسئولین ایمنی " میتوان در راستای حل نواقص و مشکلات ذکر شده ارائه نمود و امید داشت با اجرای هرچه بیشتر و کاملتر آن ها ریسک سرمایه گذاری توسط بخش خصوصی و دولتی را کاهش داد و پویایی اقتصادی را به جامعه بازگرداند.

اصل ۵۰ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران در مورد محیط زیست بیان میدارد:

«در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو بـه رشـدی داشـته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌شود. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریـب غیـر قابـل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است.»

رسول خدا(صلی‌الله‌علیه‌وآله‌وسلم) نیز پیرامون آلوده کردن محیط زیست فرمودند:

«ثلاث ملعونٌ فی فعلینّ: المتغوط ظلّ النزال و المانع الماء المتناب و سادّ الطریق الملوک»؛

سه گروهند که در اثر سه کار ناروا مورد لعنت خداوند هستند:

۱. کسی که مکان عمومی، سایه‌بان‌ها، پارک‌ها، محل نزول مسافران و ... را آلوده کند؛
۲. کسی که آب نوبه‌ای را به غصب ببرد؛ یعنی رعایت نوبت نکند؛
۳. کسی که سدّ مَعْبر کند و مانع عبور عابران شود.

با توجه به مسائل موجود در بسیاری از نقاط کشور مانند دریاچه ارومیه, ورود ریز گردها و... میتوان دریافت با اینکه در قانون اساسی و احادیث دینی به محیط زیست توجه ویژه ای شده است ولی متاسفانه این موضوع مورد بی مهری دولتمردان و هم میهنانمان قرار گرفته است.

برای نشان دادن بهتر تاثیر اجرای HSE و BIM بر روی پروژه مورد مطالعه باید کارگاه و عوامل دخیل در آن را مثل یک سیستم که مرتبا در حال تغییر است در نظر بگیریم و نشان دهیم HSE و BIM چگونه میتوانند با هم پوشانی نقاط ضعف پروژه, به اجرای بهتر و صحیح تر و کم حادثه تر آن کمک کنند.

در اینجا به چند مورد از تاثیرات مثبت اجرای همزمان HSE و BIM در پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی شهرستان بندر انزلی توسط شرکت الکتریکوم شاره میکنیم :

۴- برنامه‌ریزی تجهیز کارگاه

در تعریف " تجهیز کارگاه" به استناد بند ج ماده ۱۲ شرایط عمومی قراردادهای پیمانکاری و نشریه شماره ۴۳۱۱ سازمان برنامه و بودجه داریم : تجهیز کارگاه، عبارت از عملیات، اقدامها و تدارکاتی است که باید به صورت موقت برای دوره اجرا انجام شود، تا آغاز کردن و انجام دادن عملیات موضوع پیمان، طبق اسناد و مدارک پیمان، میسر شود.

تجهیز کارگاه از نوع عملیات، اقدام ها و تدارکات می باشد پس با کمک این تعریف در می یابیم با تهیه و نصب یک سری ماشین آلاتِ لازم جهت اجرای پروژه کارگاه تجهیز نمی شود و برای تجهیز کارگاه می بایست کلیه کارها و اقدامات لازم برای

شروع پروژه انجام شود , به طور مثال اخذ مجوز از سازمان مراتع و جنگل ها و سازمان محیط زیست برای پروژه ای که در نزدیکی جنگل ها و اراضی ملی انجام میشود جزو تجهیز کارگاه می‌باشد.

به کمک BIM، مدیر پروژه و پیمانکار می‌توانند در مورد بررسی مسائل موجود در سایت و یا مسائل پیش رو مانند : هزینه های تجهیز فیزیکی کارگاه با کمترین خطا,تعیین مسیرهای دسترسی،روش‌های تخلیه کارگاه در مواقع بروز خطر،تهیه وسائل امدادی و اطفاء حریق و نصب آن در محل صحیح و برخی مسائل اجرایی مانند: برنامه‌ریزی گود برداری و شمع بندی،تعیین موقعیت جرثقیل و بالابرها، تعیین محل‌های دپوی مصالح، نحوه جمع‌آوری آب سطحی و... تصمیم‌گیری کنند. برای این کار، تعدادی سناریو در نظر گرفته شده و در صورت تأیید یکی از آنها، پیمانکار نتیجه کار را به اطلاع دست اندر کاران پروژه و در صورت لزوم، همسایه‌های پروژه خواهد رساند.یکی از مراحل تجهیز کارگاه استقرار آمبولانس در سایت میباشد , با توجه به اینکه در مجاورت سایت کارگاه شرکت الکتریکوم , مرکز درمانی تامین اجتماعی وجود دارد نیازی به استقرار آمبولانس در سایت احساس نشد.

۵- کاهش هزینه های ناشی از بروز حادثه

اغلب مردم جهان بیش از یک سوم عمر خود را در محیط های کاری سپری میکنند و طبق آخرین آمار منتشر شده توسط سازمان بین المللی کار حدود دو میلیون نفر سالیانه جان خود را در محیط های کاری از دست میدهند. هزینه های ناشی از بروز حوادث به دو دسته هزینه های مستقم مانند (هزینه درمان,هزینه صدمه به ماشین -آلات,هزینه تعطیلی کارگاه و...) و هزینه های غیر مستقیم (کاهش کیفیت و کمیت محصول,زمان مورد نیاز برای آموزش مجدد کارگر جدید ...) تقسیم میشود.

صنعت ساخت و ساز در ایران به دلیل ماهیت پیچیده تر و پویایی بیشتر و حضور تعداد زیادی از پیمانکاران خرد در یک پروژه دارای بیشترین نرخ حوادث فوتی و حدود ۶۰ هزار نفر در سال است. متاسفانه با توجه به ابلاغ آیین نامه ها و دستورالعمل های گوناگون جهت ارتقای ایمنی و بکارگیری مسئوولین ایمنی در کارگاه ها,به دلیل عدم وجود ضمانت اجرایی کافی و کمبود نظارت دلسوزانه سازمان هایی مثل سازمان های نظام مهندسی و شهرداری ها, همچنان صنعت ساخت و ساز در رتبه نخست و دارای ۴۶ درصد حوادث مرگبار کشور است.

یکی از دلایل عدم توجه پیمانکاران و سرپرستان به مسائل ایمنی و آموزش ایمنی به کارگران را میتوان در موقت بودن کار کارگران در یک کارگاه دانست , بدین ترتیب پیمانکار صرف وقت و هزینه را برای آموزش مسائل ایمنی به کارگر را نوعی اتلاف هزینه و زمان میداند,در صورتی که طبق تحقیقاتی که صورت گرفته است ۴۶ درصد کارگران در طی ۵ سال حداقل در سه پروژه با یک کارفرما کار کرده اند.

البته متاسفانه گاها پیمانکاران با توجه به عدم آگاهی , اجرا و پیاده سازی سیستم های مدیریتی را یک نوع هزینه مضاعف و گاها یک هیجان زود گذر در جامعه تلقی میکنند و با تکیه بر تعهدات بیمه مسئوولیت خود از انجام اقدامات پیشگیرانه و تشویق کارگران به استفاده از لوازم حفاظت فردی و انجام بازرسی های منظم و تجهیز کارگاه سر باز میزنند. بیمه ها ممکن است بخشی از هزینه های مستقیم مربوط به حادثه را جبران کنند ولی محال است بتوانند هزینه های غیر مستقیم و یا هزینه نگهداری از شخصی که دچار ضایعه نخاعی شده است را تا آخر عمر جبران نمایند.فشار های روانی نگهداری از افرادی که موقتا یا دائما در اثر حوادث ناشی از کار دچار معلولیت شده اند در بسیاری از موارد بنیان خانواده را از هم میپاشد و این موضوع سطح سلامت روانی جامعه را به شدت پایین می آورد.

با وجود تمام موانع در این راه همچنان میتوان با آموزش صحیح و پیاده سازی یک سیستم مدیریتی برای کنترل و پیشگیری از حوادث و به اشتراک گذاشتن تجربیات گذشته و ایجاد همدلی برای اجرای مبانی ایمنی و زیست محیطی , به کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم حوادث امیدوار بود. در کارگاه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی,شرکت الکتریکوم موارد زیر را جهت کاهش حوادث و کنترل عوامل زیان آور اجرا نموده است :

- بکارگیری افسر HSE در راستای اجرای آیین نامه بکارگیری مسئوولین ایمنی در کارگاه ها مصوب مجلس شورای اسلامی
- تهیه HSE Plan واجرای ارزیابی ریسک به صورت مداوم و دوره ای
- همکاری با بازرسین کار و برگزاری جلسات ماهانه و مکتوب نمودن خروجی این جلسات جهت ابلاغ به دیگر کارگاه های این شرکت
- تهیه لوازم حفاظت فردی استاندارد متناسب با شغل هر کارگر و آموزش کارگران
- پایش و نظارت سریع عملیات پیمانکاران و کارگران در سایت با استفاده از مولتی روتر (ربات پرنده) و مستند نمودن عملیات اجرایی
- تنظیم آیین نامه انضباطی داخلی کارگاه (تشویق و تنبیه)

۶- تهیه یک بانک اطلاعاتی جامع برای مواقع بروز بحران و امکان اجرای بهتر پدافند غیر عامل

بحث امداد و نجات برای شرایط بحرانی یکی از دغدغه های اصلی تمامی مسئولین,علی الخصوص در کلانشهرهاست.ایجاد یک سامانه پایش ایمنی حداقل برای ساختمان های عمومی شهرها الزامیست. از طرفی اصلی ترین وظیفه BIM تشکیل یک بانک اطلاعاتی کامل از ساختمان ها و زیر ساخت های شهری است که در صورت وقوع بحران , تمامی مسیرهای ورود و خروج اضطراری , محل عبور لوله های تاسیساتی , شناسایی محل تجمع افراد, محل جمع آوری پسماندها و... از قبل مشخص باشد و عوامل امدادی بتوانند بدون اتلاف وقت و با تعیین اولویت به کمک حادثه زدگان بشتابند.

به علت حساسیت زیاد مراکز درمانی که تقاضا برای خدمت رسانی آن در مواقع بحران بسیار مد نظر است و در صورت وقوع کوچکترین آسیب سازه ای و غیر سازه ای باعث بروز خسارات جانی و مالی و زیست محیطی زیادی میشود اهمیت اجرای یک طرح ایمنی و بهداشت کار و داشتن یک سناریو برای مواجه با حوادث غیر مترقبه و با در نظر گرفتن تمامی جوانب به وضوح حس میشود. از طرفی قانون برنامه چهارم اقتصادی , اجتماعی و فرهنگی کشور و مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان پدافند غیر عامل را در طرح های عمرانی کشور یک الزام میداند.

در پروژه " پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی " با توجه به اینکه ممکن است در آینده و در زمان بروز بحران نیاز به تغییر سریع کاربری این ساختمان از درمانی به اسکان موقت میباشد سعی شده با جانمایی صحیح ساختمان ها در سایت پروژه و پیش بینی بار ترافیکی و تاسیسات مورد نیاز برای مهار فوری آتش و ساخت اتاق امن در تمامی طبقات و بررسی امنیت در مقابل ریزش و پرتاب شیشه به داخل بنا, تداوم عملکرد بیمارستان و افزایش بازدارندگی آن را به هنگام بحران تا حد زیادی تامین کرد.

۷- فازبندی پروژه و رفع تداخلات اجرایی عوامل واجزای ساختمان قبل از شروع عملیات اجرایی

یکی دیگر از مزیت های BIM فازبندی پروژه میباشد که به وسیله آن میتوان تمام حالات پروژه را در گذر زمان مشاهده کرد. با استفاده از BIM میتوان تمام فازهای ساختمان را یک جا جمع کرد و بهترین و کم هزینه ترین طرح را برای آن برگزید, به این ترتیب خواهیم توانست کمترین آسیب در بخش محیط زیست را نیز تجربه کنیم.

همکاری بین تمامی عوامل اجرایی در یک پروژه را تضمین تداوم هر سیستم مدیریتی و به طبع آن کل پروژه میدانیم . در بیم ما قبل از شروع به ساخت یکبار پروژه را به طور کامل و مجازی با توجه به مشخصات مصالح مصرفی (مثل میزان مقاومت هریک از مصالح در مقابل آتش, میزان گذر دهی نور, میزان جذب انرژی و...) ساخته ایم. تداخلاتی که بین اجزای ساختمان (مانند رد شدن لوله از وسط تیر) و تحلیل نادرست دوام ساختمان در مقابل حریق که ممکن است خسارات جبران ناپذیری را به سازه و عمر مفید ساختمان وارد کند و یا ناهماهنگی هایی که در حین کار بین عوامل اجرایی ساختمان پیش بیاید رفع میشود.

همچنین با کمک نرم افزارهای مدیریت پروژه میتوان با تعریف وظایف هر پیمانکار هماهنگی های لازم بین پیمانکاران جزءبه وجودآورد. مثلا برای عملیات تخریب جهت بالا بردن ایمنی و جلوگیری از انفجار باید حتما تاسیسات (گاز, آب...) از قبل توسط افراد ذی صلاح قطع شده باشد.این کار نیاز به هماهنگی و زمانبندی دقیق دارد و برای کاهش ریسک انفجار, حتما باید قبل از شروع عملیات تخریب لوله های تاسیسات قطع شود و گاز درون لوله ها خالی شود.

پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی در مجاورت مرکز درمانی قدیم آن در حال احداث است. برای جلوگیری از اختلال در عملکرد ساختمان قدیمی که مراجعین زیادی در طول روز دارد و جلوگیری دپوی مصالح و نخاله های ساختمانی و با توجه به این که درمانگاه قدیمی که در مجاورت آن کارگاه الکتریکوم واقع است فاقد سیستم مدیریت پسماند و اطفاء حریق میباشد, نیاز بود تا در HSE Plan تهیه شده برای کارگاه, ریسک هایی که ممکن است از طرف ساختمان قدیمی ایجاد خطر کند نیز مورد بررسی قرار گیرد و اثرات مشترک این دو ساختمان نسبت به هم مورد توجه باشد.در این خصوص ابتدا سعی شد با تهیه یک جامعه آماری نسبت به تعداد حدودی مراجعه کنندگان در طول یک هفته و سن و جنسیت آنان و تعیین ساعات پیک مراجعه به مرکز درمانی , نسبت به تصمیم گیری برای رفع تداخلات اقدام شود.

همچنین برای مدیریت بهتر پسماندها و عوامل زیان آور و کنترل ترافیک موارد زیر به عنوان اقدام های کنترلی و پیشگیرانه توسط واحد HSE شرکت الکتریکوم انجام شد:

- به این دلیل که پروژه در فاصله ای کمتر از ۱۰ متری از یک میدان واقع شده است و با توجه به عرض بالای خیابان (۴۵ متری) که آن را در طبقه بندی خیابان های سریع السیر قرار میدهد تصمیم بر آن شد, با همکاری پلیس راهور جهت کاهش ریسک برخورد ماشین آلات ساختمانی با افراد و خودروهای عبوری و امدادی و کاهش ترافیک اقدام شود . نصب تابلوهای راهنمایی و چراغ های گردان و استخدام یک نفر افسر ترافیکی مجهز به لباس شب نما و تابلو های دستی در ساعات پیک مراجعه مردم , برخی از کارهای صورت گرفته در این راستا میباشد.
- تعیین محل تخلیه و بارگیری مصالح به نحوی که کمترین بار ترافیکی را به خیابان اصلی وارد کند. همچنین با توجه به قانون مدیریت پسماند,یک زمین بایر به مساحت ۱۸۰۰ متر مربع در محدوده ۱۰ کیلومتری از سایت پروژه از شهرداری بندرانزلی برای تخلیه نخاله ها و پسماندهای ساختمانی کرایه شد.

- عدم استفاده از ماشین آلات ساختمانی پر سر و صدا (بیشتر از ۱۱۰ دسی بل) بخصوص در زمان های اوج مراجعات به کلینیک تامین اجتماعی
- کنترل مضاعف عوامل زیان آور فیزیکی و شیمیایی مانند گرد و غبار ایجاد شده توسط ماشین آلات و بچینگ بتن و ...

۸- طراحی ساختمان های انرژی خالص صفر و دوستدار محیط زیست

همانطور که میدانیم یکی از دغدغه های اصلی جامعه بشری حفظ محیط زیست برای امکان بقاء برای آیندگان است از طرفی بحران انرژی به یکی از مسائل حیاتی برای بشر تبدیل شده است.

طراحی ساختمان های انرژی خالص صفر (NZE) یکی از مباحث پر طرفدار در BIM میباشد که به آن بسیار اهمیت داده شده است. ساختمان های انرژی خالص صفر در واقع ساختمان هایی هستند که برای تولید انرژی سالیانه خود از منابع تجدید پذیر بهره میبرند. در ابتدا شاید این کار بسیار سخت به نظر بیاید ولی در واقع طراحی این ساختمان ها نیاز به کمی خلاقیت و هوشمندی دارند.

نصب پنل های خورشیدی در سقف,استفاده از سیستم های Rooftop جهت جمع آوری آب باران ... از رایج ترین روش های مدیریت انرژی میباشد که میتواند با حذف و یا کم کردن هزینه های جاری نگهداری ساختمان, هزینه های جاری ساختمان را کاهش دهد.

همانطور که میدانیم محیط های مصنوعی یک سوم از تولیدات گازهای گلخانه ای جهان را به خود اختصاص داده است , پس برای کاهش آسیب های زیست محیطی میتوان تمرکز ویژه ای روی این بخش و انرژی های تجدید پذیر داشت. با توجه به وجود اقلیم های متنوع در کشور ایران از دولت انتظار میرود با اعمال سیاست های حمایتی و آموزش این موارد به دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز و یا حتی به پیمانکاران دولتی از ایجاد بحران انرژی در دوران " پسا نفت " پیشگیری نماید.

توجه بحث انرژی و مسائل زیست محیطی و زیست بوم یکی از فاکتورهای مهم در تصمیم گیری های هیئت مدیره شرکت الکتریکوم بوده و در پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندرانزلی نیز با توجه به حساسیت بالای کار (به دلیل نوع کاربری ساختمان و تجهیزات گرانقیمتی که در آن نگهداری خواهد شد) سعی شده تا با رعایت بعضی اصول اولیه در طراحی و اجرا که به وسیله تیم معماری و تاسیساتی مجموعه الکتریکوم پیشنهاد داده شده بود تا حد امکان تعهد شرکت به مسائل مطرح شده را نمایش داده شود.

برخی از پیشنهادهای ارائه شده توسط شرکت مهندسی الکتریکوم به شرکت مشاور پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندرانزلی برای مدیریت بهتر انرژی های طبیعی :

- ✓ به علت نزدیکی پروژه به دریای خزر (فاصله از دریا کمتر از یک کیلومتر است) در صورتی که وسعت پنجره های ساختمان رو به جنوب طوری در نظر گرفته شود بیش از ۲۸ درصد گرمای خود را از طریق بهره انرژی غیر فعال خورشیدی کسب خواهد کرد.
- ✓ در قسمت شمالی که ساختمان سردتر است,پنجره های کوچکتر به سمت دهانه های گسترده تر زاویه دار شود,با این کار ضمن ورود نور بیشتر, میتوان حرارت و گرمای بیشتری را به داخل هدایت کرد.

- ✓ استفاده از پنجره با ضریب گذر دهی نور بالا که از طریق بازنگری در مصالح به کار رفته در ساخت پنل پنجره و تغییر در رنگ شیشه و ایجاد تغییر در ترکیب گاز میان دو جدار پنجره حاصل شده است نیز اقدامی دیگر در جهت مدیریت انرژی میباشد.

۹- مدیریت هزینه های طراحی و ساخت و متره و برآورد دقیق

یکی از مهترین مسائل در طراحی ساختمان زمان است. درBIM از زمان به عنوان بعد چهارم یاد میشود. BIM می تواند زمان اجرای پروژه را با یک برنامه ریزی صحیح و ایجاد هماهنگی بین عوامل دخیل در پروژه تا حدود ۲۰ درصد کاهش دهد. بعد پنجم در BIM هزینه میباشد. BIM میتواند هزینه های مربوط به ساخت سازه را تا حدود ۷ درصد کاهش داد. متره و براورد یکی از اصلی ترین موارد در یک پروژه و مناقصات میباشد. کوچکترین اشتباهی در انجام آن میتواند مجموعه را تا مرز ورشکستگی کامل پیش ببرد.استفاده از BIM میتواند میزان حجم خاکبرداری , مصالح مورد مصرف اعم از سنگ و ماسه تا تعداد پریز ها را در یک پروژه در همان زمان طراحی و به صورت دقیق مشخص نماید.همچنین میتوان قبل از شروع کار موارد مورد نیاز برای طرح ایمنی بهداشت را در نظر گرفت و میزان هزینه اجرای آن و زمان تجهیز کارگاه به ادوات ایمنی را در BIM نشان داد و با پیمانکاران و طراحان به اشتراک گذاشت و از نظر آنها نیز در جهت اصلاح طرح ایمنی و بهداشتی که قصد اجرای آن را داریم استفاده کرد. قابلیت انطباق با تغییرات طراحی در طول پروژه و اجتناب از خطای انسانی مزیت اصلی این فرایند میباشد. یکی از نرم افزارهای مدیریت هزینه ها در ساخت و ساز که در پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی مورد استفاده قرار گرفته است و قابلیت انطباق کامل با BIM را دارد نرم افزار Autodesk Quantity Takeoff میباشد که با برآورد هزینه مواد و متریال لازم برای ساخت یک پروژه ساختمانی کمک میکند میزان و هزینه مصالح مصرفی برای هربخش از ساختمان و همچنین هزینه کلی پروژه را بخوبی تخمین و محاسبه نماییم.این نرم افزار با دیگر نرم افزارهای BIM مانند Revit Architecture , Revit MEP , Revit Structure قابلیت همکاری دارد.

۱۰- طراحی یک سیستم پایشی

پایش در لغت به معنای نظارت است و منظور از آن هشیاری از وضعیت یک سامانه یا پدیده از راه مشاهده دگرگونی هایی است که در گذر زمان در آن سامانه یا پدیده ممکن است رخ بدهد. پایش یکی از اصلی ترین و کلیدی ترین موارد در HSE & BIM میباشد. هر دو سیستم مورد بحث زمانی بازدهی دارند و در جهت راهبرد اهداف پروژه حرکت میکنند که نتیجه عملکرد آنها مرتبا مورد نظارت و اصلاح باشد. در زمان اجرای پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی و اجرای ستون شنی شماره ۷۶ , به علت شلوغی سر و صدای سایت ارتباط بین ریگر و راننده جرثقیل قطع شد و راننده جرثقیل دستگاه ویبراتور را در محل اشتباهی به زمین نزدیک کرد و باعث آسیب به دستگاه و توقف ۳ ساعته کار شد. این شبه حادثه Near miss منجر شد که افسر HSE طرح آنالیز مخاطرات شغلی را مجددا اجرا نماید و با اصلاح دلیل بروز این شبه حادثه و با مشورت سرپرست کارگاه تصمیم به تجهیز اپراتور جرثقیل به وسایل ارتباطی بی سیم با ریگر و دفتر کارگاه گرفته شد. یا در حین اجرای پروژه مشخص میشود آنالیز انرژی اجرا شده در زمان طراحی درست نبوده و دارای نواقصی میباشد که باعث میشود سیستم تهویه مطبوع در نظر گرفته شده دارای بازدهی کمتری باشد و این باعث افزایش هزینه های اجرای سیستم

تهویه و هزینه سرویس و نگهداری آن در زمان بهره برداری از ساختمان شود, پس ما موظفیم آنالیز انرژی را برای این پروژه با داده های جدید اجرا نمایم و موارد مورد نیاز را اصلاح نماییم. زمانی این اصلاح دارای اثر بخشی میباشد که بر اجرای صحیح آن در طول زمان پروژه نظارت شود و به اصطلاح مورد پایش قرارگیرد و در صورت نیاز دوباره تصحیح شود.همین طور BIM میتواند یک برنامه زمانی مدون برای بازرسی ایمنی از سایت فراهم کند و نواقص موجود را جهت رفع و تجدید نظر برای همه عوامل دخیل در پروژه به اشتراک بگذارد.

۱۱- مستند سازی

مستند سازی، تهیه مجموعه اسناد و مدارکی است که سیر تکوین و تحقق یک فعالیت از شروع تا خاتمه آن و چگونگی بهره برداری و نگهداری را با تحلیل و ارزیابی مربوط نشان می دهد. عدم تطابق عملکرد در پروژه ها با برنامه ریزی اولیه و همچنین ایجاد دعاوی گوناگون بین ذی نفعان پروژه ها ، از رایج ترین مشکلات موجود در بخش ساخت و ساز کشور میباشد. امروزه مستند سازی بخش ناگسستنی از فعالیت های سازمانهایی است که علاقمند به تکرار اشتباهات خود نیستند .از مهمترین ابزار مستند سازی که در پروژه پلی کلینیک تامین اجتماعی بندر انزلی مورد استفاده قرار میگیرد دوربین های تصویر برداری است که امروزه به شیوه نوینی و بر روی مولتی روتر (ربات پرنده) از آنها استفاده میشود. این ربات در مجموعه مهندسی الکتریوم و صرفا جهت استفاده سازمانی ساخته شده است و دارای ویژگی های منحصر به فردی من جمله حفظ پایداری به وسیله GPS و پایه های قابل جمع شدن برای مانور بیشتر دستگاه میباشد که با توجه به محل استفاده در پروژه های مختلف این شرکت قابلیت تغییر در کارایی آن را دارد .به طور مثال به دلیل رطوبت بالایی که در شهرستان بندر انزلی وجود دارد و فشار هوا به دلیل نزدیکی به سطح دریا , سعی شده است دستگاه نسبت به ورود آب تا حد ممکن مقام باشد و باطری با شدت تخلیه بالاتر برای افزایش راندمان آن استفاده شود. این ربات ها RTF (Ready To Fly) یا همیشه آماده پرواز هستند و در کمتر از یک دقیقه میتوانند مورد استفاده قرار گیرند. از مزایای این ربات ها میتوان به دید وسیع و با جزئیات بیشتر , استفاده راحت و نیاز به کمترین آموزش به خلبان ,هزینه نگهداری کم اشاره کرد.

۱۲- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق فوق مشاهده شد بر خلاف دید عمومی نسبت به BIM و HSE نمیتوان آنها را یک هیجان زود گذر و تحمیل هزینه مضاعف بر یک مجموعه دانست, بلکه آنها نقش اساسی در آینده ساخت و ساز و صیانت از نیروی کار انسانی و محیط زیست ما ایفا میکنند. اصلی ترین رکن در سیستم مدیریتی HSE و BIM را میتوان "اطلاعات و داده " دانست که برای تداوم حرکت پروژه حکم حیاتی دارد. کاهش حدودا ۷ درصدی هزینه های مربوط به ساخت , امکان مدیریت جامع تر و هماهنگ تر بین طراحان و سازندگان از محاسن اولیه این سیستم های مدیریتی میباشد که بهتر است از زمان طراحی و از عالی ترین سطح مدیریتی در هر مجموعه شروع شود و مرتبا مورد پایش و تجدید نظر قرار گیرد , یکی از جدید ترین و کاربردی ترین ابزارهای پایش و مستند سازی ربات های پرنده میباشند که با توجه به خطای کمتر و هزینه نازل تر به سرعت در حال افزایش است. همانگونه که میدانید در بسیاری از کشورها استفاده از BIM و HSE یک قانون است, تصویب قوانین سخت گیرانه و نظارت جدی مسئولین میتواند عقب افتادگی چندین ساله کشورمان را در مساله HSE و BIM

تا حدی جبران نماید ولی پیش از آن پیمانکاران و کارفرمایان احتیاج دارند تا ضرورت اجرای این سیستم های مدیریتی را درک نمایند .

منابع و مراجع :

[۱] قانون کار جمهوری اسلامی (۱۳۹۳)
[۲] دستورالعمل حفاظتی و ایمنی کارگاه های ساختمانی (۱۳۹۲)
[۳] مدیریت پروژه سعید نعمتی
[۴] آیین نامه داخلی انضباطی شزکت الکتریکوم

مروری بر نقش BIM در صنعت ساخت با تاکید بر تغییرات و برنامه ریزی ایمنی

حمیدرضا عباسیان جهرمی [۱،*] ، روح الله فردوسی سوچلمایی[۲]، کانی رعدی[۳]

*۱ و * - نویسنده مسئول: عضو هیأت علمی، دکتری تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی*
(habasian@kntu.ac.ir)

۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران
(*rohollahferdosi@srbiau.ac.ir*)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران
(kani.radi@gmail.com)

چکیده

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، فرآیندی است بر پایه یک مدل 3D، که یک یا چند مدل مجازی از ساختمان را به صورت دیجیتال ارائه می‌دهد. BIM علاوه بر اینکه سازه را قابل فهم می‌کند، مبنای قابل اعتمادی برای تصمیم‌گیری‌ها در طی چرخه حیات ساختمان محسوب می‌شود. در این مطالعه، ضمن تشریح کاربردهای مختلف BIM و مقایسه آن با روش سنتی، یک مدل برنامه‌ریزی ایمنی نیز مورد بررسی قرار گرفته است که نشان می‌دهد بکارگیری BIM در حوزه صنعت ساخت و ساز به لحاظ اجتناب از هزینه‌های دوباره‌کاری و تاخیرات زمانی، قابل توجیه است. در این مطالعه چنین نتیجه خواهیم گرفت که فن‌آوری BIMمی‌تواند از طریق برنامه‌ریزی در حوزه ساخت و ساز، ارائه طرح‌های مناسب و برنامه‌های آموزشی ایمنی و ارائه روش‌های مدیریتی بهنگام در بهبود وضعیت سایت، ایمنی شغلی را بهبود ببخشد. همچنین با بررسی نمودار تغییرات در صنعت ساخت و ساز با استفاده از فناوری BIM، در خواهیم یافت که از جمله اثرات منفی تغییرات مدیریت نشده؛ کاهش کیفیت، افزایش هزینه و زمان خواهند بود؛ به طوری که براساس نتایج و گزارشات تحقیقی، منجر به حذف ۴۰ درصدی تغییرات در سرمایه، ۸۰ درصد کاهش زمان در محاسبه برآورد هزینه‌ها، ۳ درصد دقت در برآورد هزینه‌ها، ۱۰ درصد ذخیره‌سازی سرمایه در بررسی مدل با نرم افزارهای مربوطه و کاهش ۷ درصدی زمان پروژه می‌شود.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی ایمنی، مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM، مدیریت ایمنی، تغییرات، ساخت و ساز

۱- مقدمه

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، تحولی است که به تغییر در صنعت ساخت و ساز سرعت بخشیده است. اگر چه ریشه‌های BIM ، به تحقیقات مدل‌سازی پارامتریک در آمریکا و اروپا در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ بر می‌گردد، ولی صنعت ساخت و ساز عملا از اواسط دهه ۲۰۰۰ شروع به پیاده‌سازی آن نموده است. هم‌زمان با افزایش استفاده از BIM در دنیا، در ایران نیز از اواخر سال ۱۳۹۱ به عنوان زمینه‌ای جدید برای تحقیقات مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این زمینه، صرفا به صورت توصیفی و مطالعاتی کارهایی انجام شده است و اکنون نیاز به کاربرد عملی آن همراه با مدلینگ می-باشد که خلاء تحقیقات در این زمینه مشاهده می‌شود. دلیل عدم استقبال صنعت ساخت از ورود این فناوری را می‌توان به مواردی چون رکود، فعالیت پیمانکاران تجربی و ساخت و سازهای سنتی، نیاز اجرای فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به تغییرات در قوانین، استانداردها، روش‌های کاری و ارتباطات در پروژه دانست که بدون این تغییرات، عملیاتی شدن BIM ممکن نخواهد بود. BIM نمایش دیجیتالی خصوصیات فیزیکی و کاربردی یک ساختمان و منبع دانش مشترکی برای اطلاعات ساختمان است که مبنایی قابل اعتماد، برای تصمیم‌گیری در طول چرخه عمر پروژه تشکیل می‌دهد. (فانی و همکاران، ۱۳۹۳) BIM نشان دهنده استفاده از مدل‌های چند بعدی کامپیوتری برای شبیه‌سازی، برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و ساز و بهره‌برداری از تأسیسات است که کمک می‌کند تا معماران، مهندسان و سازندگان به تجسم آنچه در پروژه قرار است اتفاق بیافتد بپردازند. (عابدینی و مکنون، ۱۳۹۳) این فناوری عملیات طراحی، اجرا و بهره‌برداری از یک ساختمان را در محیط مجازی شبیه‌سازی می‌کند و به این طریق مدلی دقیق از ساختمان به صورت مجازی ارائه می‌نماید. در واقع، زمانی که BIMبه درستی انتخاب شود، انسجام یافته‌ترین فرآیند طراحی و ساخت را ایجاد می‌نماید که منجر به بناهایی با کیفیت بهتر، با هزینه مناسب‌تر و مدت زمان کمتر می‌شود. به علت اینکه BIM شامل دیدگاه‌های گوناگون از جنبه‌های معماری، عمران، مدیریت پروژه و پیمانکاری می‌شود، آن را می‌توان به عنوان شروعی برای تعریف یکتای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان دانست. (علوی‌نژاد و سعادت‌فرد،۱۳۹۳) مفهوم BIM به عنوان رویکردی جدید در اسنادسازی مبتنی بر مدل‌سازی اجـزای ساختمان بر مبنای داده‌های آنها به عنوان یک رویکرد نوین در سطح کشورهای توسعه یافته مطرح است. BIM یک مدل سه بعدی است که خصوصیات فیزیکی و عملکردی بنا را به صـورت دیجیتال نمایش می‌دهد. این مدل یک پایگاه داده مشترک و قابل اتکا برای اخذ تصمیمات مناسب در طول چرخه عمر پروژه محسوب می‌شود. (نکوئی، مانقاساریان و طاهرخانی، ۱۳۹۴) مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، به مفهوم توسعه و استفاده از مدل نرم‌افزارهای کامپیوتری برای شبیه‌سازی ساخت و ساز و بهره‌برداری از یک پروژه است. (سعادت‌فرد و ارزاقی،۱۳۹۳) استاندارد ملی (NBIMS) و کمیته USA BIM در تعریف مدل‌سازی اطلاعات ساختمان آورده‌اند که؛ BIM یک مرکز نمایش دیجیتال از ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی تعریف کرده است و همچنین BIM را یک منبع دانش به اشتراک گذاشته شده تعریف کرده است که به صورت یک مرکز اطلاعات و یک مبنای قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری در طول چرخه حیات پروژه عمل می‌کند. (Eastman, C et al, 2011) برای موفقیت در استفاده از سیستم BIM می‌بایست تمهیدات لازم جهت تطابق بین این سیستم و فرهنگ جامعه در قالب یک استراتژی دگردیسی شده فرهنگی اندیشیده شود. (Smith et al, 2007) کاربر می‌تواند نماها و داده‌های مورد نیاز خود را از مدل BIMاستخراج و پردازش کرده و در نتیجه به اطلاعاتی که برای تصمیم‌سازی و ارتقای فرآیند بررسی امکانات مربوط است، دست یابد. (عظمتی و جواهرپور، ۱۳۹۴) همچنین فن‌آوری BIM می‌تواند در برنامه‌ریزی ایمنی منجر به بهبود ایمنی شغلی شود، به این ترتیب که طراحان و سازندگان می‌توانند شرایط بصری و موقعیت‌های شغلی را براساس مدل برنامه‌ریزی ایمنی

شناسایی و خطرات احتمالی را پیش‌بینی کنند. برنامه‌ریزی ایمنی، یک زمینه چند بعدی است. دستاوردهای کلی در مورد BIM و برنامه‌های کاربردی آن باعث ایجاد انواع مختلفی از تلاش‌ها شده اند که برخی از آنها مسائل ایمنی شغلی را در حوزه صنعت ساخت و ساز مورد توجه قرار داده است. آمار مرگ و میر در صنعت ساخت و ساز نشان می‌دهد که یکی از دلایل آسیب‌پذیری انسان و بیماری در صنعت ساخت و ساز در سراسر جهان عدم رعایت ایمنی است. اگر چه در صنعت ساخت در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری رخ داده است، اما راکد ماندن وضعیت ایمنی در این صنعت، آن را همچنان یکی از مهمترین دلایل ایجاد آسیب در این صنعت قلمداد می‌کند. (Huang et al, 2006) عدم برنامه‌ریزی و نظارت نامناسب؛ عدم ارتباط کافی بین کارگران و سرپرستان؛ و فقدان آموزش ایمنی و شیوه‌های رایج در آن، به عنوان عوامل اصلی و کلیدی در بیشتر رخدادهای منجر به مرگ و میر و آسیب شناخته شده است.(Lappalainen et al, 2007) با این وجود، حتی در فرآیند ساخت و ساز، تمرکز اصلی معمولا بر روی برنامه‌ریزی بخش‌های اصلی ساختمان و نیز تجسم کارهای مربوط به آن می‌باشد. بنابراین فرآیندهای مربوط به ساخت و ساز، از جمله جنبه‌های ایمنی و لجستیک، عملا نادیده گرفته می‌شود، گرچه بعضی از تجربه‌های عملی در مورد طرح سایت یا برنامه‌ریزی موقعیت مکانی براساس BIM وجود دارد. Sulankivi et al, (2009) از طریق مدل‌های BIM و شبیه سازی‌ها، طراحان و سازندگان می‌توانند اقدامات حفاظتی موثری را در مرحله برنامه ریزی ایمنی، برای از بین بردن یا به حداقل رساندن خطرات ناشی از ساخت و ساز انجام دهند. مدل BIM می‌تواند برای شناسایی نقاط خطرناک مربوط به حفاظت از سقوط کارگران مورد استفاده قرار گیرد و می‌توان نقاط پایدار را در طرح نهایی گنجاند. همچنین پیمانکاران نیز می‌توانند از مدل ها و شبیه‌سازی‌های BIM برای شناسایی خطرات و برنامه‌های کاهش تلفات کارگران استفاده کنند. از طریق شبیه‌سازی 4D، کارکنان سایت می‌توانند از لحاظ بصری توالی فعالیت‌ها و مواد مورد نیاز و تجهیزات را قبل از شروع کار شناسایی کنند. پیمانکاران می‌توانند خطرات احتمالی را مورد بررسی قرار دهند و برنامه-های ایمنی خاصی را تدوین کنند. همچنین مدل‌های BIM می‌توانند جهت تحقیق پیرامون یک حادثه یا تصادف مورد استفاده قرار گیرند تا مجددا آن رویداد و صحنه حادثه را برای ارزیابی کارشناسان بازسازی کنند. برنامه‌ریزی ایمنی بخشی از فرآیند برنامه‌ریزی در صنعت ساخت و ساز است، اما همواره به طور جداگانه نسبت به سایر برنامه‌ریزی‌ها و کنترل پروژه‌ها انجام می‌شود. (Sulankivi et al. 2012) همچنین استفاده از فناوری BIM در حوزه برنامه‌ریزی ایمنی، چالش‌های متعددی را به همراه دارد. همانند هزینه‌های اضافی برای توسعه و ارتقاء مدل‌های BIM ، عدم شناخت پرسنل بخش بهداشتی و ایمنی پروژه‌ها نسبت به BIM و مسائل فنی مربوط به عدم دسترسی به عناصر ایمنی و تجهیزات کارگاهی. Azhar et al. (2012)

۲- پیشینه تحقیق

در سال ۲۰۱۴ تحقیقاتی در زمینه نحوه موفقیت و عوامل کلیدی در سامانه BIM مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه تحصیل شد که برای بهبود وضعیت اجرای چنین سامانه‌ای، می‌بایست سطوح مختلف رشد مدیریتی در نظر گرفته شود تا بتوان نسبت به ارائه شاخص‌های کلیدی عملکرد اقدام نمود. (Morlhon et al, 2014) در سال ۲۰۱۲ به چالش‌ها و موفقیت‌های تحصیل شده در استقرار سامانه BIM پرداخته است و مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. Khosrowshahi et al, 2012) در سال ۲۰۱۳ حدود ۲۲ عامل کلیدی سیستم‌های اطلاعاتی در شرکت‌ها در چرخه حیات پروژه مورد بررسی قرار گرفت. (Migilinskas et al, 2013) در سال ۲۰۱۵ به بررسی عوامل مؤثر در پذیرش و استفاده مناسب از سامانه

BIM پرداخته و نشان داده شد که در بین عوامل مختلف، مهمترین آنها حمایت از سوی مدیریت ارشد، تطابق با نیازها و وجود نرم‌افزار کاربردی می‌باشد. (Hyojoo et al, 2015) در سال ۲۰۱۵ اهمیت و ضرورت استفاده از سامانه BIM در کشور چین مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت و ایـن نتیجه حاصل شد که میزان موفقیت استفاده از چنین مدلی، اولا به خود پروژه بستگی دارد و ثانیا به مالک یا متقاضی مربوط بوده و در دسترس بودن نوع نرم‌افزار در موفقیت این سیستم نیز اثرگذار بوده است. (Dongping et al, 2015) یکی از رویکردهای تحقیقاتی در ارتباط با BIM ، مربوط به بررسی ابعادی افزون بر بعد سوم این فناوری می‌باشد که براساس آن، ابعاد دیگر به ترتیب؛ بعد چهارم مربوط به زمان، بعد پنجم مربوط به هزینه، بعد ششم مربوط به ایمنی، بعد هفتم مربوط به تعمیر و نگهداری و ... تعریف شده‌اند (Ding, et al, 2014) همچنین در دیگر مقالات به بررسی قابلیت‌های این فناوری با استفاده از این ابعاد پرداخته شده است. (Das, et al, 2015) در سال ۲۰۱۳ نیاز به افزونه‌های معتبر در نرم‌افزارهای مربوط به BIM یا نیاز به الگوریتم‌نویسی برای هماهنگی و شناسایی خودکار خطرات ایمنی به عنوان یکی از اساسی‌ترین شیوه‌های بررسی این موضوع مورد تحقیق قرار گرفت. (Zhang, et al, 2013) البته برخی از تحقیقات داخلی انجام شده در این زمینه سعی در رفع این مشکل به وسیله افزودن نمایش‌های گرافیکی داشته‌اند که البته با توجه به این موضوع که اصل یکپارچگی اطلاعات و مدل‌سازی پارامتریک در این نوع تحقیقات از بین می‌رود، لذا نمی‌توان آن را به عنوان یک بررسی بر پایه BIM معرفی نمود. (Azhar, et al, 2008) تنها در بخشی از مقالات به توانایی BIM و کاربرد آن در مواردی نظیر؛ در نظر گرفتن ایمنی در اجرا و نصب قطعات (حسنی و همکاران،۱۳۹۳) و یا جلوگیری از برخورد تاورکرین با ساختمان اشاره شده است. (اصفهانی و همکاران، ۱۳۹۳) در سال ۲۰۰۸ توانایی BIM به عنوان یک ابزار طراحی و برنامه‌ریزی ایمنی ارزیابی شد و مشخص گردید که BIM می‌تواند همکاری اولیه بین معماران و مهندسان و سازندگان را از طریق چک‌های خودکار اطلاعات ایمنی، مانند کدها و اطلاعات قانونی، تسهیل کند. Ku and Mills, 2008) در سال ۲۰۱۰ یک نمونه برای برنامه‌ریزی ایمنی در صنعت ساخت و ساز ارائه شد که این ابزار به طور خودکار خطرات را در مدل BIM بررسی می‌کند و جایگزین‌های طراحی را برای کاربران فراهم می‌نماید. (Qi et al, 2011) در سال ۲۰۱۱ از فناوری BIM برای برنامه‌ریزی ایمنی پروژه‌های ساختمانی استفاده شد و در آن توضیح داده شد که امکانات موقت به طور کلی در نقشه‌های ساختمانی مشخص نیست و نصب و جمع‌آوری این امکانات بعنوان یکی از فعالیت‌های پر خطر در محل کار محسوب می‌شود و طراحان معمولا ملاحظات ایمنی را در طراحی امکانات موقت نادیده می‌گیرند که منجر به خطرات ایمنی بسیاری می‌شود. (Kim and Ahn, 2011) در سال ۲۰۱۰ مدل‌های اطلاعاتی زیر ساختاری (Sub-BIM) برای تجزیه و تحلیل برنامه‌ریزی ایمنی در طول عمر ساخت و ساز مورد استفاده قرار گرفت. محققان ادعا کرده‌اند که روش پیشنهادی آنها امکان‌پذیر است و موجب کاهش قابل توجه حجم کار برای برنامه‌ریزان ایمنی می‌شود. (Hu et al, 2010) در سال ۲۰۱۱ محققان از مدل BIM برای مدیریت و برنامه‌ریزی ایمنی ساختمان استفاده کردند. آنها استفاده از BIM را برای فعالیت‌های مرتبط با ایمنی نشان دادند که شامل : طرح سایت و طرح سقوط اجسام از جرثقیل، تجسم دیوار تخریب شده، مدل‌سازی ایمنی نرده‌ها، طرح قالب با حفاظت در مقابل سقوط یکپارچه و طراحی برای بررسی مدل ایمنی می‌شود. (Kiviniemi et al, 2011) همچنین پروژه پل کروسل به عنوان یک نمونه موفق از بکارگیری این تکنولوژی در اجرای برنامه‌ریزی ایمنی معرفی شده است. (ستوده، ۱۳۹۴) در حوزه طراحی سازه و مطالعات مربوط به این بخش، می‌توان از پروژه پل کارون ۴ بعنوان تنها مطالعه موردی در ایران یاد کرد که در آن مدل‌سازی اطلاعات انجام شده است. (معماری و موسوی، ۱۳۹۳) همچنین از جمله کاربردهای BIM در بخش تعمیر و نگهداری ساختمان می‌باشد که در ایران یکی از بخش‌های کمتر

توسعه یافته صنعت ساختمان تلقی می‌شود. (ستوده و معینی‌پور، ۱۳۹۳) به دلیل نو بودن این ایده در مقیاس بین‌المللی که در اکثر موارد همراه با مطالعه موردی هستند، تنها دو مورد مطالعه موردی در تحقیقات بررسی شده است (Ebbesen, 2015) تحقیقات انجام شده مرتبط با این موضوع در ایران صرفا به بیان پتانسیل به کارگیری این فناوری در بخش تعمیر و نگهداری پرداخته است. (ستوده، ۱۳۹۳) همچنین در تحقیقات انجام شده مرتبط با مباحث طراحی در خارج از کشور، به بررسی روند طراحی با BIM و تغییرات آن و عملیاتی کردن آن در پروژه‌ها توجه شده است. (Lee, et al, 2012) استفاده از یک فناوری جدید مانند BIM در جهت اجرای این سازمان‌دهی، به عنوان یک پتانسیل بالقوه مورد تاکید است و دخالت BIM در مراحل پروژه، یک نیاز جدی جهت تغییر در فرآیندهای سنتی موجود برای بهره‌مندی هر چه بیشتر از این فنّاوری است. (شاه‌حسینی و همکاران ۱۳۹۳) این مدل می‌تواند کل چرخه حیات ساختمان را پوشش دهد که در نتیجه، مقادیر و ویژگی‌های مواد می‌تواند به سرعت و سهولت از مدل BIM استخراج گردد. (عظمتی و جواهرپور، ۱۳۹۴) هر چند تحقیقاتی هم وجود داشته است که در راستای کنترل پروژه‌ها در خارج از ایران به وسیله ابزاری مانند اسکن لیزری و زمان‌بندی (سیاه-بومی و توکلان، ۱۳۹۴) کنترل هزینه پروژه ها (عابدینی و شاکری، ۱۳۹۳) پردازش تصویری (جدیدی و همکاران، ۱۳۹۲) می‌پرداخت و یا براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان با استفاده از BIM بیان شده است. (رضایت و گلابچی، ۱۳۹۳)

۳- اهداف و روش تحقیق

یکی از اهداف اصلی این تحقیق، مطالعه راه‌حل‌های مبتنی بر BIM برای برنامه‌ریزی ایمنی در صنعت ساخت است که مدل ارائه شده در اشکال شماره ۲ و ۳ و ۴ این مقاله یکی از همین راه‌حل‌ها تلقی می‌شود که اگر از ابتدای عقد قرارداد تا شروع فرآیند طراحی و تعیین مدل هماهنگ‌سازی شده و نهایتا تا فرآیند پایانی مدل، براساس همین راه حل عمل شود، اهداف سه-گانه مد نظر پروژه و مباحث برنامه‌ریزی در حوزه ایمنی، به میزان زیادی محقق خواهد شد. در جدول شماره ۳ به مزایای مدل معرفی شده و الزاماتی که پیش از طراحی این مدل باید رعایت شوند اشاره شده است. روش تحقیق مقاله حاضر، به صورت مطالعاتی بوده و از نظر روش اجرا، توصیفی است و رویکرد تغییرات در صنعت ساخت و ساز را بر مبنای BIM مد نظر قرار داده است و از طریق یافته‌های حاصل از مطالعه مقالات مرتبط، موضوع تغییر رویکرد در صنعت ساخت را مورد توصیف قرار داده است. هدف دیگر این تحقیق، بررسی BIM و چگونگی ارتباط آن با برنامه‌ریزی ایمنی و شناسایی عناصر مهم برای ایجاد یک مدل برنامه‌ریزی ایمنی می باشد. در این تحقیق سعی شده است تا با بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد چالش در استقرار BIM با بهره‌مندی از تجربیاتی که از استقرار آن در شرکت‌ها حاصل شده است مورد توجه قرار گیرد. همچنین این پژوهش در صدد شناسایی کاربردها و فواید BIM برای مدیران ساخت و بررسی برنامه‌ریزی بر مبنای آن برای مراحل قبل از ساخت، حین ساخت و پس از ساخت می‌باشد. همچنین در این مطالعه عوامل مؤثر بر شکست استقرار BIM در صنعت ساخت مورد بررسی قرار گرفته است. به طور کلی، این تحقیق در صدد است تا به بررسی عوامل شکست در پیاده‌سازی سیستم BIM بپردازد. در نهایت این مقاله سعی کرده است تا اثرات تغییرات و دوباره کاری‌ها بر صنعت ساخت را در نظر گرفته و به عوامل مربوط به تغییرات پی ببرد. این مطالعه همچنین با طرح سئوالاتی مهم به پایان می‌رسد: آیا از فناوری BIM می توان برای برنامه‌ریزی ایمنی استفاده کرد؟ چه نوع خطراتی را می‌توان با استفاده از مدل BIM شناسایی کرد؟ و آیا شرکت های ساختمانی می‌توانند به طور موثر از برنامه‌ریزی ایمنی مبتنی بر BIM برای آموزش ارتباطات پیمانکاران و کارگران استفاده کنند؟

۴- کاربردهای BIM در صنعت ساخت

در جدول شماره ۱ کاربردهای رایج و تعریف شده BIM در صنعت ساخت معرفی شده است که براساس فازهای مختلف چرخه عمر پروژه از جمله؛ فاز طراحی مفهومی، فاز طراحی تفصیلی، فاز ساخت و اجرا و فاز راه‌اندازی و بهره‌برداری لیست شده اند.

جدول (۱) کاربردهای BIM در صنعت ساخت [46]

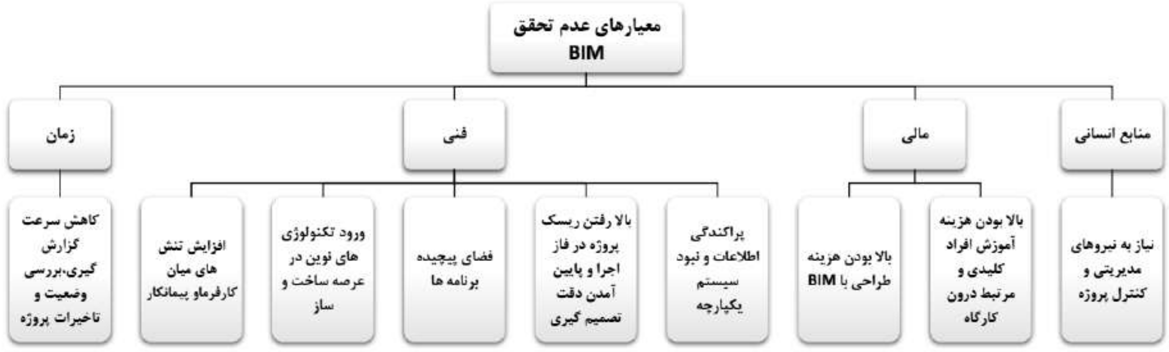
کاربردهای BIM	فازهای چرخه عمر پروژه			
	فاز طراحی مفهومی	فاز طراحی تفصیلی (جزئیات)	فاز ساخت و اجرا	فاز راه اندازی و بهره برداری
متره و برآورد هزینه	■	■	■	■
مدلسازی شرایط موجود پروژه	■	■	■	■
برنامه‌ریزی مراحل پروژه	■	■	■	
طرح‌ریزی اولیه	■	◐		
تجزیه و تحلیل کارگاه ساخت	■	◐		
مرور و بررسی طرح‌ها		■	◐	
بررسی استانداردها و آئین نامه‌ها		■		
تحلیل سازه‌ای طرح		■		
تحلیل تاسیسات مکانیکی طرح		■		
تحلیل تاسیسات برقی طرح		■		
تحلیل انرژی		■		
بررسی اثرات زیست محیطی طرح		■		
ساخت مدل طرح تفصیلی		■		
هماهنگ‌سازی ۳ بعدی طرح		◐	■	
برنامه‌ریزی و کنترل ۳ بعدی طرح‌ها			■	
شبیه‌سازی اجرای مجازی پروژه			■	
طراحی سیستم اجرا			■	
برنامه‌ریزی نحوه انجام فعالیت‌ها در کارگاه			■	
مدل بایگانی اطلاعات			◐	■
برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات ساختمان				■
تجزیه و تحلیل سیستم ساختمان				■
مدیریت ساختمان				■
مدیریت بحران و حوادث غیرمترقبه				■

کاربران BIM با طیف گسترده‌ای از موانع در مسیر پذیرش این مدل روبرو هستند. به طور کلی، آنها به ایجاد تعادل میان بهره‌وری، چالش‌های مربوط به هزینه‌های مرتبط با BIM و مسائل مربوط به آموزش نیاز دارند. با توجه به بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، به دلایل عدم تحقق BIM در صنعت ساخت و ساز در جدول ۲ اشاره شده است.

جدول (۲) مزایا و موانع پذیرش BIM [37]

موانع پذیرشBIM	مزایای BIM
- هزینه بالای آموزش افراد کلیدی و مرتبط کارگاه	**– هماهنگی ساده تر با نرم افزار و کارکنان پروژه**
- خریدار اصلی ارشد	**– بهبود بهره‌وری**
- بالا بودن هزینه تهیه نرم افزار	**– ارتباطات بهبود یافته**
- بالا بودن هزینه طراحی با نرم افزار	**– کنترل کیفیت بهبود یافته**
- هزینه ارتقاء سخت افزار مورد نیاز	**– بهینه‌سازی طرح و کاهش هزینه‌ها**
- پراکنندگی اطلاعات و نبود سیستم یکپارچه	**– برنامه‌ریزی چهار یا پنج بعدی**
- فضای پیچیده برنامه های‌نرم افزاری	**– برنامه‌ریزی ایمنی**
- افزایش تنش میان کارفرما و پیمانکار	**– کشف تداخلات فضایی موجود**

همچنین استفاده از فناوری BIM در حوزه برنامه‌ریزی ایمنی، چالش‌های متعددی را به همراه دارد. همانند هزینه‌های اضافی برای توسعه و ارتقاء مدل‌های BIM ، عدم شناخت پرسنل بخش بهداشتی و ایمنی پروژه‌ها از BIM و مسائل فنی مربوط به عدم دسترسی به عناصر ایمنی و تجهیزات کارگاهی. (Azhar et al. 2012) همچنین می‌توان میان مدل‌سازان BIM و متخصصان ایمنی و بهداشت برای اطمینان کامل از دقت مدل‌ها و شبیه‌سازی‌ها یک همکاری نزدیک برقرار کرد تا برخی از مشکلات و موانع پیش‌روی این فناوری مرتفع گردد. بنابراین برای بهبود سیستم BIM و به منظور کاهش موانع پیش رو، باید چاره‌جویی نمود. با توجه به عواملی که به عنوان مانع تحقـق BIM در صنعت ساخت معرفی شده‌اند، می‌توان گفت که BIM در صنعت ساخت به طور جدی به حمایت مدیران ارشد در حوزه اجرا نیازمند است.

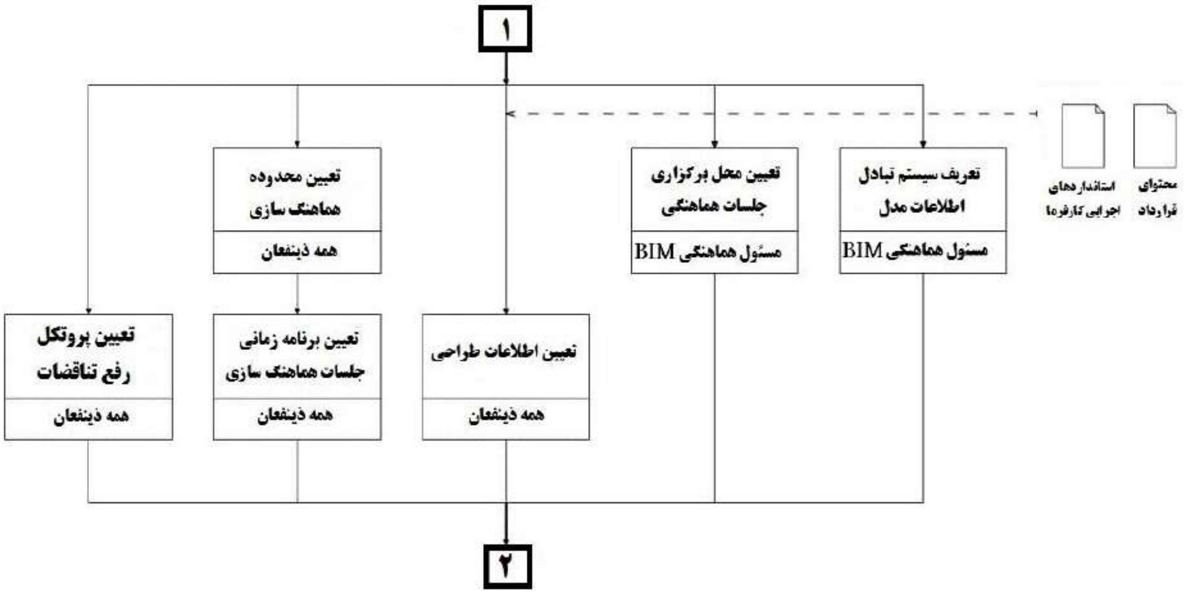


شکل (۱) ارتباط میان دلایل مختلف در عدم تحقق BIM [۱۸]

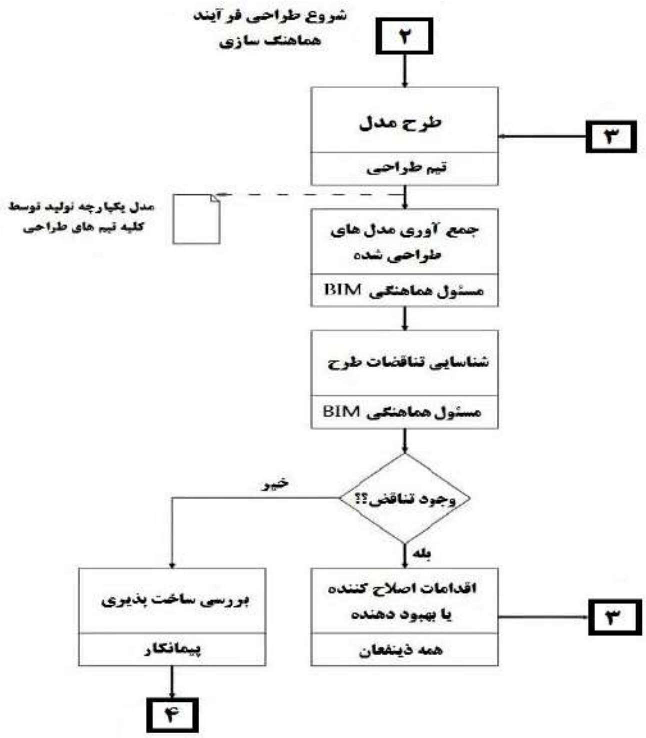
با توجه به اینکه یکی از اهداف به کارگیری ابزار BIM در پروژه‌های ساخت، کاهش هزینه و زمان و در نهایت افزایش کیفیت است، لذا در پروژه‌های بزرگ، پیچیده و توام با تجربه‌های جدید که ریسک پروژه در فاز اجرا زیاد است و دقت تصمیم گیری به دلیل پیچیدگی‌ها پایین می‌آید، اهمیت به کارگیری BIM برای کنترل زمان و هزینه بسیار بیشتر احساس می‌شود. به عبارت دیگر؛ بالا رفتن ریسک در فاز اجرا و پایین آمدن دقت در تصمیم‌گیری، نه تنها مانع پذیرش BIM نمی‌شود، بلکه محرکی است که تمرکز هر چه بیشتر بر روی مدل BIM را سبب می‌شود. مراحل نه گانه اجرای BIM به این صورت است که در مرحله اول شبیه‌سازی و ایجاد تجسم تصویری انجام می‌شود. در مرحله دوم، نقشه‌های ساخت و کارگاهی و به طور کلی نقشه‌های 2D مورد نیاز تهیه می‌شود. در مرحله سوم، تداخل‌ها و مسائل ناشی از عدم هماهنگی تیم‌های تخصصی شناسایی می‌شوند. در مرحله چهارم، تجسم 4D از برنامه زمانی در مرحله ساخت ایجاد می‌شود. در مرحله پنجم، ارتباط به صورت آنلاین بین محصول نهایی و داده‌های فرآیند برقرار می‌شود. در مرحله ششم، میزان مطابقت با اهداف اولیه توسط کاربران ارزیاب، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله هفتم، تجزیه و تحلیل عملکرد احتمالی محصول نهایی در آینده انجام می‌گیرد. در مرحله هشتم، امکان مشاهده لایه‌های جداگانه و یا مدل مرجع توسط چند کاربر به طور همزمان بوجود می‌آید. و در آخرین مرحله، شبیه‌سازی از وضعیت فرآیندها انجام می‌گیرد.

۵- بررسی یک مدل برنامه‌ریزی ایمنی

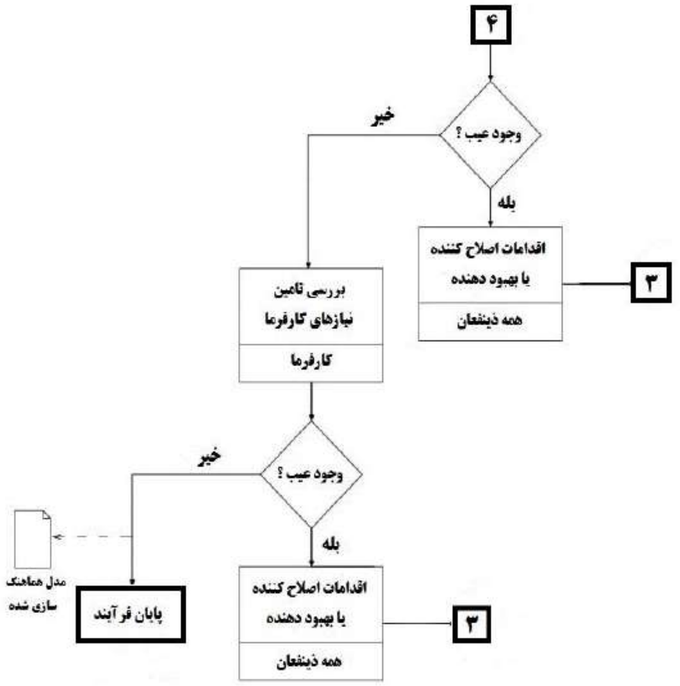
استفاده از فناوری BIM می تواند ایمنی شغلی را بهبود ببخشد و دیگر شرکای پروژه را در برنامه‌ریزی خطر درگیر نماید. برنامه‌ریزی ایمنی باید به خوبی بتواند در فرآیند ساخت دیده شود، در غیر این صورت، هرگز به سه هدف حیاتی خود، یعنی؛ بهینه نمودن هزینه، زمان و کیفیت دست نخواهد یافت. بنابراین، یک برنامه‌ریزی خوب برای ایمنی، نقش مهمی در کاهش هزینه‌های غیرضروری و تاخیر در زمان پروژه‌ها دارد. الزامات ایمنی که مد نظر برنامه‌ریزی ایمنی قرار می‌گیرند، باید همانند فعالیت‌های ساختمانی در ساختار شکست کار قید شوند. یک برنامه ایمنی پیشگیرانه و به هنگام، باید قبل از وقوع خطرات تهیه شود. مناطقی که در آن متخصصان ایمنی و بهداشت می‌توانند از تکنولوژی BIM استفاده کنند بدین قرار است: طراحی برای ایمنی، برنامه‌ریزی ایمنی، آموزش ایمنی کارکنان، بازرسی و نظارت طراحی، مدیریت تسهیلات و پاسخ‌های اضطراری و بررسی حوادث و ایمنی مربوط به فاز تعمیر و نگهداری. (Rajendran et al, 2011) به طور معمول، پیمانکاران، نقشه‌های ساخت مبتنی بر CAD را برای برنامه‌ریزی ایمنی استفاده می‌کنند. سیستم‌های کنونی CAD از ارائه یک توصیف توپولوژی از ساختمان‌ها ناتوان هستند و به همین دلیل، برای شناسایی خطرات موجود در محل کار مناسب نیستند. برای بهبود وضعیت علی، از فناوری BIM می‌توان به عنوان یک ابزار جدید برای برنامه‌ریزی ایمنی در صنعت ساخت استفاده نمود.



شکل (۲) مراحل اول و دوم مدل برنامه‌ریزی ایمنی [46]



شکل (۳) مراحل دوم و سوم مدل برنامه‌ریزی ایمنی [46]



شکل (۴) مراحل سوم و چهارم مدل برنامه‌ریزی ایمنی [46]

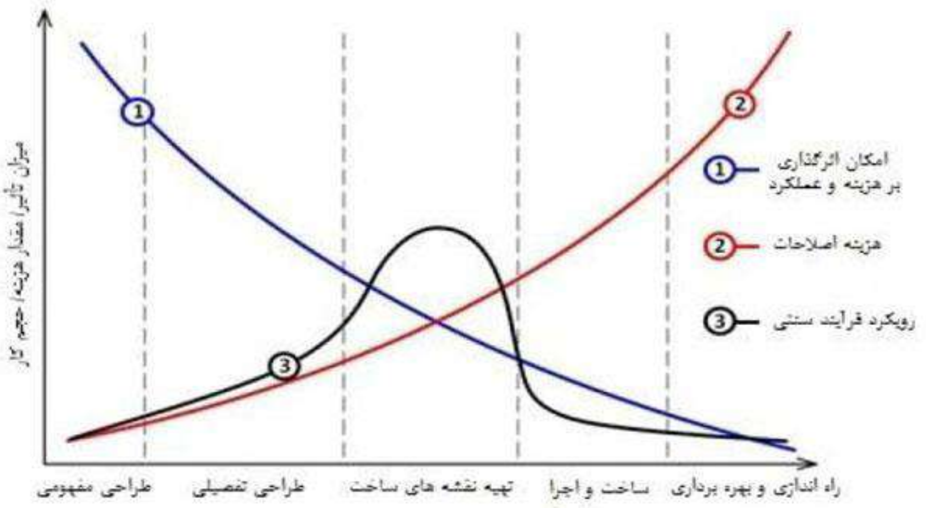
یکی از اهداف اصلی این تحقیق، مطالعه راه‌حل‌های مبتنی بر BIM برای برنامه‌ریزی ایمنی در صنعت ساخت است که مدل ارائه شده در اشکال شماره ۲ و ۳ و ۴ یکی از همین راه‌حل‌ها تلقی می‌شود که اگر از ابتدای عقد قرارداد تا شروع فرآیند طراحی و تعیین مدل هماهنگ‌سازی شده و نهایتا تا فرآیند پایانی مدل، براساس همین راه حل عمل شود، اهداف سه‌گانه مد نظر پروژه و مباحث برنامه‌ریزی در حوزه ایمنی، به میزان زیادی محقق خواهد شد. در جدول شماره ۳ به مزایای مدل معرفی شده و الزاماتی که پیش از طراحی این مدل باید رعایت شوند اشاره شده است.

جدول (۳) مزایای استفاده از مدل ارائه شده در برنامه‌ریزی ایمنی [منبع : عباسیان‌جهرمی و همکاران، ۱۳۹۶]

مزایای مدل معرفی شده	الزاماتی که پیش از طراحی مدل باید رعایت شود
سهولت در ارزیابی خطرات	پیش‌بینی اجزای خاص برای برنامه‌ریزی سایت
سهولت در ارتباط‌گیری بین عوامل پروژه	مدیریت زمان برای تجسم مدل (تجسم مدل زمان‌بر است)
دقت بالا در تجسم	پیش‌بینی انواع ابزارهای لازم برای طرح‌بندی سایت
پیش‌بینی و کنترل نسبتا دقیق حوادث	شناسایی سایت جهت پیاده‌سازی برنامه‌ریزی ایمنی به طور عملی
استخراج اطلاعات طراحی	قابل فهم و بدون پیچیدگی بودن مولفه‌های ایمنی برای ورود مدل به BIM
مشارکت هدفمند ذینفعان در فرایند ساخت	امکان‌پذیر بودن ذخیره‌سازی کدهای شناسایی سایر اطلاعات اجزای ایمنی
تعیین محدوده هماهنگی برای عوامل پروژه	
شناسایی بهنگام تناقضات طرح	
امکان اصلاح طرح در همه مراحل	
افزایش کیفیت برنامه‌ریزی و ارزیابی مربوط به ریسک	

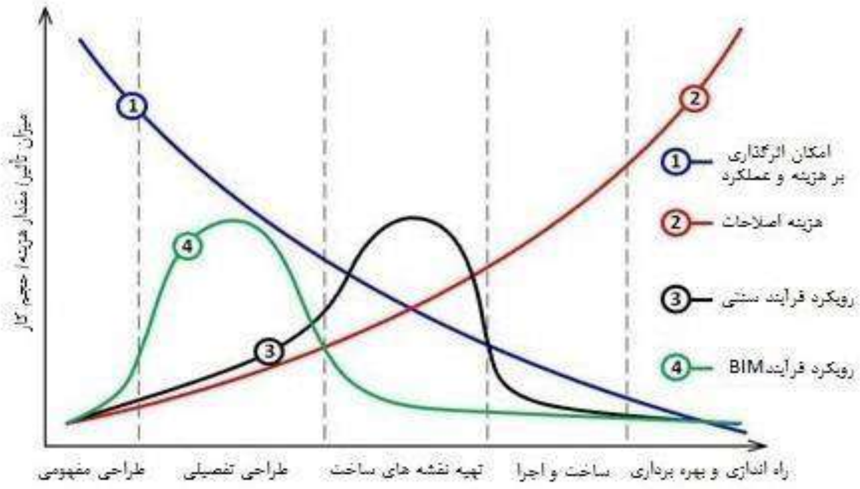
۶- تغییرات در صنعت ساخت و ساز با فناوری BIM

تغییرات در صنعت ساخت یکی از عوامل غیر قابل اجتناب تلقی می‌شود. در صورت توجه و مدیریت صحیح این موارد می‌توان آنها را در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر سوق داد و در غیر اینصورت، اثرات منفی بر پروژه خواهند داشت. به طوری که براساس نتایج و گزارشات مستخرج از تحقیقات انجام شده، در صورت اعمال مدیریت صحیح بر تغییرات، شاهد حذف ۴۰ درصدی تغییرات در سرمایه، کاهش ۸۰ درصدی زمان در محاسبه برآورد هزینه‌ها، افزایش دقت ۳ درصدی در برآورد هزینه‌ها، ذخیره‌سازی ۱۰ درصدی سرمایه در بررسی مدل با نرم‌افزارهای مربوطه و کاهش ۷ درصدی زمان پروژه خواهیم بود. [47] تغییرات همچنین می‌توانند در صورت شناسایی به موقع و مدیریت صحیح، عامل ایجاد تاثیرات مثبت از جمله استفاده از علم روز دنیا و تکنولوژی، مهندسی ارزش و غیره در پروژه‌های ساخت باشند. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مزایای قابل توجهی در هماهنگی تغییرات یک مدل ارائه می‌دهد. این سیستم یک تحول اساسی است که به تغییر در صنعت ساخت سرعت بخشیده است. BIM موجب پدید آمدن پایگاه‌های دانش برای ساختمان‌ها شده است و ضمن تولید فضای دیجیتالی مجازی، موجب دستیابی به بانک‌های اطلاعاتی برای ساختمان‌ها جهت سهولت و اقتصادی شدن هرگونه تغییر و اصلاح احتمالی ساختمان در آینده و در دوران بهره‌برداری آن می‌شود. (غمخوار، ۱۳۹۱)



نمودار (۱) مقایسه هزینه و امکان ایجاد تغییرات طرح در طول زمان پروژه [46]

همانطور که در نمودار شماره ۱ مشخص است، هزینه تعمیرات طرح مورد نظر، هر چه به اتمام پروژه نزدیک‌تر می‌شویم بیشتر می‌شود و تا جایی ادامه پیدا می‌کند که دیگر هزینه کردن برای تغییرات طرح، مقرون به فایده نخواهد بود. براساس این نمودار، بهترین زمان برای اعمال تغییرات از ابتدای پروژه و نهایتا تا میانه‌های زمان تهیه نقشه‌های ساخت می‌باشد به طوری که می‌توان اثرگذاری نسبتا مطلوبی را نیز بدست آورد.



نمودار (۲) تاثیر فرآیند BIM در ایجاد تغییرات در طول زمان پروژه [46]

همانطور که در نمودار شماره ۲ مشاهده می‌شود با ورود BIM به این چرخه، امکان بهبود در بخش طراحی مفهومی و تفصیلی میسر می‌شود و همین موضوع زمینه‌ای را برای اصلاح هر آنچه که تاکنون انجام شده است فراهم می‌نماید. و بنابراین، در مرحله تهیه نقشه‌های ساخت، ما شاهد کمترین تغییرات خواهیم بود.

۷- نتیجه گیری

این مقاله، یافته‌های چند مطالعه تحقیقاتی را ارائه کرده است که اثربخش بودن فناوری BIM در توسعه، ارتباط و اجرای یک طرح برنامه‌ریزی ایمنی در صنعت ساخت را نشان می‌دهد. یکی از اهداف مورد بررسی در این مقاله مربوط به دسته‌بندی راهکارهایی برای برنامه‌ریزی ایمنی در صنعت ساخت با رویکرد پیشگیرانه می‌باشد. رویکرد این مقاله با یک برنامه‌ریزی ایمنی اصولی و ایجاد آگاهی در زمینه ایمنی می‌تواند به وسیله ترکیب مدیریت ایمنی با BIM منجر به پیشنهادهای جدید شود. همچنین برای مدل برنامه‌ریزی ایمنی مبتنی بر BIM در صنعت ساخت، الزامات خاصی برای مدل‌سازی، برنامه‌ریزی و تجسم سازه‌های مرتبط با ایمنی به صورت موقت و دائمی وجود دارد. فناوری BIM می‌تواند تأثیر بسیار مهم و مثبتی بر برنامه‌ریزی و مدیریت ایمنی داشته باشد. انیمیشن‌های 4D در جلسات برنامه‌ریزی ایمنی و مذاکرات ایمنی روزانه بسیار مفید هستند و در فرآیند برنامه‌ریزی ایمنی، شبیه‌سازی بسیار کارا خواهد بود. همچنین نگرانی‌هایی نیز در مورد هزینه‌های اضافی که ممکن است در توسعه برنامه‌های ایمنی مبتنی بر BIM دخالت داشته باشند وجود دارد. با توجه به مطالعه‌ای که صورت پذیرفت مشخص گردید که از طریق مدل‌های BIM و شبیه‌سازی‌ها، طراحان و سازندگان می‌توانند اقدامات حفاظتی موثری را در مرحله برنامه ریزی ایمنی، برای از بین بردن یا به حداقل رساندن خطرات ناشی از ساخت در محل انجام دهند. مدل BIM می‌تواند برای شناسایی نقاط خطرناک مربوط به حفاظت از سقوط کارگران مورد استفاده قرار گیرد و می‌توان نقاط پایدار را در طرح نهایی گنجاند. همچنین پیمانکاران نیز می‌توانند از مدل‌ها و شبیه‌سازی‌های BIM برای شناسایی خطرات و برنامه‌های کاهش تلفات کارگران استفاده کنند و برنامه‌های ایمنی خاصی را تدوین نمایند.

منابع و مراجع

[۱] جدیدی، حسین. روانشادنیا، مهدی. حسینعلی پور، سیدمجتبی. ۱۳۹۲، معرفی روش‌های نوین مبتنی بر فناوری اطلاعات در پایش پیشرفت پروژه‌های ساختمانی، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان

[۲] حسنی، هومن. اسدی بروجنی، خشایار. اردشیر، عبدالله. ۱۳۹۳، بررسی جنبه‌های ایمنی در ساخت‌پذیری با استفاده از فرایند مدلسازی اطلاعات ساختمان، دومین کنفرانس مصالح و سازه‌های نوین در علم مهندسی عمران، شیراز، شرکت پندار اندیش رهپو

[۳] رضایت، مریم. گلابچی، محمود. ۱۳۹۳، بررسی تاثیر کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بهبود حوزه‌های دانش مدیریت پروژه، دهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه

[۴] ستوده بیدختی، امیرحسین. ۱۳۹۳، بررسی عملکردی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان(BIM)، فصلنامه صنعت مقاوم‌سازی و بهسازی، شماره ۱۰ سری جدید (شماره ۳۰ متوالی)، زمستان ۹۳و بهار ۹۴، صفحه ۸۲-۸۵

[۵] ستوده بیدختی، امیرحسین. ۱۳۹۴، کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM در فاز اجرای پروژه‌های ساخت، کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین در مهندسی عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری، تهران

[۶] ستوده بیدختی، امیرحسین. بهرامی، حسین. اثنی عشری، احسان. ۱۳۹۴، مروری بر مطالعات مدلسازی اطلاعات ساختمان در ایران، دومین کنفرانس بین المللی ابزار و تکنیک های مدیریت، تهران، موسسه اطلاع رسانی نارکیش

[۷] ستوده بیدختی، امیرحسین. معینی‌پور، صالح. ۱۳۹۳، مقدمه‌ای بر سیستم‌های تعمیر و نگهداری ساختمان و چالش‌های آن، دومین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه جامع علمی کاربردی

[۸] سعادت‌فرد، مینا. ارزاقی، علی. ۱۳۹۳، نگاهی به تکنولوژی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و کاربرد آن در صنعت ساختمان، اولین کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار، تهران، موسسه ایرانیان، انجمن معماری ایران

[۹] شاه‌حسینی، وحید. کاردگر، میلاد. عسکری، افسانه. ۱۳۹۳، پایش منابع در مدیریت یکپارچه پروژه با رویکرد مدلسازی اطلاعات ساختمان، دومین کنگره بین‌المللی سازه، معماری و توسعه شهری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنگره بین‌المللی سازه ، معماری و توسعه شهری

[۱۰] عابدینی، بهزاد. شاکری، اقبال. ۱۳۹۳، کنترل هزینه‌ها در پروژه‌های ساختمانی با استفاده از BIM ، کنفرانس بین‌المللی مدیریت در قرن ۲۱، تهران

[۱۱] عابدینی، بهزاد. مکنون، رضا. ۱۳۹۳، لزوم بکارگیری BIM در ساختمان‌های استراتژیک، کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار، مشهد، موسسه بین‌المللی مطالعات معماری و شهرسازی مهراز شهر

[۱۲] عاصمی اصفهانی، امین. مسلمان یزدی، حسنعلی. مسلمان یزدی، علیرضا. ۱۳۹۳، پتانسیل‌های بکارگیری فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) ، دومین کنگره بین‌المللی سازه ، معماری و توسعه شهری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنگره بین‌المللی سازه ، معماری و توسعه شهری

[۱۳] عظمتی، حمیدرضا. جواهرپور، حسام. ۱۳۹۴، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت ساخت پروژه‌های ساختمانی، کنفرانس بین‌المللی انسان، معماری، عمران و شهر، تبریز، مرکز مطالعات راهبردی معماری و شهرسازی

[۱۴] علوی نژاد، سیدرضی. سعادت فرد، مینا. ۱۳۹۳، نقش مدل‌سازی اطلاعاتی ساختمان BIM در پیشرفت صنعت ساختمان دگرگونی روش‌های طراحی تا ساخت در صنعت ساختمان، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، گرگان، شرکت مهندسی عمران بنای تدبیر با همکاری دانشگاه گلستا، دانشگاه گلستان

[۱۵] غمخوار، سیده مهسا. ۱۳۹۱، به کارگیری تکنولوژی مدل سازی اطلاعاتی ساختمان (MIB) جهت کاهش زمان و هزینه ترمیم و بهسازی ساختمان ها)، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، تهران

[۱۶] فانی، فرزاد. طاهرخانی، روح الله. سبزه پرور، مجید. ۱۳۹۳، کاربرد های مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM در مدیریت پروژه‌های ساخت و ساز، اولین کنگره سراسری فناوری‌های نوین ایران با هدف دستیابی به توسعه پایدار، تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند

[۱۷] معماری، شیدا. موسوی، سیدمهدی. ۱۳۹۳، بررسی نقش استفاده از BIM و قابلیت اجرایی در طرح سخت کننده‌های قوس پل کارون ۴، همایش ملی مهندسی عمران ، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران، مرکز توسعه پایدار علم و صنعت فرزین، دانشگاه شهید بهشتی

[۱۸] نکوئی، محمدعلی. مانقاساریان، اروین. طاهرخانی، روح الله. ۱۳۹۴، بررسی و تحلیل سیستم مدلسازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل عدم تحقق آن در شرکت‌های پیمانکاری ساختمانی در ایران، دومین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه اقتصاد شهری، شیراز

[۱۹] هادوی سیاه بومی، پیام. توکلان، مهدی. ۱۳۹۴، مدل سازی چهار بعدی اطلاعات ساختمان با استفاده از روش شبیه‌سازی برای زمان بندی پروژه، دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، تبریز، دانشگاه تبریز دانشکده مهندسی عمران

[20] Azhar, S.; Behringer, A.; Sattineni, A.; and Mqsood, T. (2012). BIM for facilitating construction safety planning and management at jobsites. Proceeding of the CIB W099 International Conference on “Modelling and Building Health and Safety”, September 10-11, 2012, Singapore, 82-92.

[21] Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y., & Leung, B. H. (2008, August). Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. In Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries (pp. 435-446).

[22] Chan, C. T. (2015). BIM from Design Stage–Are Hong Kong Designers Ready?. In LISS 2013 (pp. 271-276). Springer Berlin Heidelberg.

[23] Das, M., Cheng, J. C., & Kumar, S. S. (2015). Social BIMCloud: a distributed cloud-based BIM platform for object-based lifecycle information exchange. Visualization in Engineering, 3(1), 1-20.

[24] Ding, L., Zhou, Y., & Akinci, B. (2014). Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. Automation in Construction, 46, 82-93.

[25] Dongping, C. Guangbin, W. Heng, L. Martin S. Ting, H. and Weiyu, Z. (2015), “Practices and effectiveness of building information modelling in construction projects in China”. Automation in Construction. Volume 49, Part A, January, Pages 113–122.

[26] Eastman, C., Eastman, C. M., Teicholz, P., & Sacks, R. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.

[27] Ebbesen, P.2015. Information Technology in Facilities Management-A Literature Review. In 14th EuroFM Research Symposium.

[28] Huang, X., and Hinze, J. (2006). Owner's role in construction safety. Journal of Construction Engineering and Management, 132(2), 164-173.

[29] Hu, Z.; Zhang, J.; and Lu, X (2010). Development of a sub building information model for 4D structural safety analysis during construction. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2010), Nottingham, UK.

[30] Hyojoo, S. Sungwook, L. Changwan, K. (2015), "What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions". Automation in Construction. Volume 49, Part A, Pages 92–99.

[31] Khosrowshahi, F. and Arayici, Y. (2012), "Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry". Engineering, Construction and Architectural Management; 19:610-35.

[32] Kim, H., and Ahn, H. (2011). Temporary facility planning of a construction project using BIM (Building Information Modeling). Proceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, Miami, FL.

[33] Kiviniemi, M.; Sulankivi, K.; Kähkönen, K.; Mäkelä, T. & Merivirta, M. (2011). BIM-based safety management and communication for building construction. A report published by VTT Technical Research Centre of Finland, Tampere, Finland.

[34] Ku, K., and Mills, T. (2008). Research needs for Building Information Modeling for construction safety. Proceedings of the 44th ASC National Conference, April 2-5, 2008, Auburn, Alabama, USA.

[35] Lappalainen J.; Mäkelä T.; Piispanen P.; Rantanen E.; Sauni S. (2007). Characteristics of occupational accidents at shared workplaces. Nordic Research Conference on Safety. June 13 – 15, 2007, Tampere, Finland.

[36] Lee, J. K., Lee, J., Jeong, Y. S., Sheward, H., Sanguinetti, P., Abdelmohsen, S., & Eastman, C. M. (2012). Development of space database for automated building design review systems. Automation in Construction, 24, 203-212.

[37] McDonnell, F. P. (2015). Integrated Project Delivery A focus on integrated project delivery, the enablers for this process, and the challenges and barriers to IPD within an Irish context.

[38] Migilinskas, D. Popov, V. Juocevicius, V. and Ustinovichius, L. (2013), "The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation". In: Proceedings of the 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques: MBMST; May 16-17; Vilnius, Lithuania.

[39] Morlhon, R. Pellerin, R. and Bourgault, M. (2014), "Building Information Modeling Implementation through Maturity Evaluation and Critical Success Factors Management. Procedia Technology". Volume 16, Pages 1126–1134.

[40] Qi, J.; Issa, R. R . A.; Hinze, J.; and Olbina, S. (2011). Integration of safety in design through the use of Building Information Modeling. Proceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, Miami, FL.

[41] Rajendran, S. and Clarke, B. (2011). Building Information Modeling: Safety benefits and opportunities. Professional Safety, October 2011, 44-51

[42] Smith, K.D. and Tardif, M. (2007), "Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors and Real State Asset Managers", John Wiley & Sons Pub, Canada.

[43] Sulankivi K., Mäkelä T., Kiviniemi M. (2009) "BIM-based Site Layout and Safety Planning", Proceedings of the First International Conference on Improving Construction and Use through Integrated Design Solutions, CIB IDS 2009, 10-12 June 2009 Espoo, Finland. VTT Symposium 259 p. 125-140, ISBN 978-951-38-6341-8

[44] Sulvankivi, K.; Teizer, J.; Kiviniemi, M.; Eastman, C.M.; Zhang, S.; and Kim, K. (2012). Framework for integrating safety into Building Information Modelling. Proceeding of the CIB W099 International Conference on “Modelling and Building Health and Safety”, September 10-11, 2012, Singapore, 93-100.

[45] Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., & Venugopal, M. (2013). Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. Automation in Construction, 29, 183-195.

[46] http://mashahirbim.ir

[47] http://iranbim.com

یکپارچه سازی تحلیل هزینه چرخه حیات (LCC) در طراحی مدرسه سبز با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

فرناز جلائی[1]*، بهروز منصوری[2]

*۱ و *- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی،*
(Farnaz.Jalaei@gmail.com)

۲-استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی،
(Beh.Mansouri@iauctb.ac.ir)

چکیده

بررسی کیفیت اثرات زیست‌محیطی و شبیه‌سازی مصرف انرژی اجزای ساختمان در مرحله طراحی مفهومی برای طراحان که نیاز به تصمیم‌گیری در رابطه با مناسب‌ترین جایگزین برای طراحی خود را دارند، بسیار مفید است که منجر به طراحی ساختمان با انرژی کارآمد می‌شود. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) طراحان را قادر می‌سازد تا جایگزین‌های طراحی متفاوت را در مرحله مفهومی پروژه ارزیابی کنند تا استراتژی‌ها و سیستم‌های ارزیابی هزینه چرخه حیات ساختمان (LCC) و انرژی بدست آید. این مقاله در نظر دارد ضمن ارائه مبانی مربوط به هزینه چرخه حیات، پیاده‌سازی آن در ساختمان‌های سبز و بهینه‌سازی طراحی، کاربردهای این فناوری را در شبیه‌سازی انرژی و تحلیل هزینه‌های آن ارزیابی کند. پیاده‌سازی این روش توسط ابزار BIM که قادر به اندازه‌گیری اثرات زیست‌محیطی و تجسم انرژی اجزای ساختمان هستند انجام می‌شود. استفاده از این روش برای طراحان، روش جدیدی را جهت تجسم ساختمان و شناسایی بالقوه کسب یا از دست دادن انرژی برای کل ساختمان و یا برای هریک از اجزای مرتبط آن فراهم می‌کند. به منظور اثبات کارایی و اعتبار سنجی این روش، یک مدل پیشنهادی برای مدرسه سبز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این بررسی، شاهدی بر این صحت این ادعا می‌باشد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، ساختمان سبز، هزینه چرخه حیات (LCC)، بهینه‌سازی انرژی.

۱- مقدمه

بهره‌وری انرژی یکی از ویژگی‌های مهم در برچسب‌گذاری مصالح ساختمانی به عنوان سازگاری با محیط‌زیست می‌باشد. هدف در استفاده از مصالح با صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش میزان تولید مصنوعی است که باید به کارگاه ساختمانی منتقل شود (Jong et al, 2010). به طور کلی، مصالح ساختمانی در طول دوره حیات خود از مرحله تولید، و سپس در دوره استفاده از آن، و اتمام آن در مرحله تخریب ساختمان، انرژی مصرف می‌کنند. این مراحل شامل استخراج مواد اولیه، حمل‌و نقل، ساخت، مونتاژ، نصب و همچنین جداسازی، تخریب و تجزیه می‌باشد.

در حال حاضر ابزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) این امکان را برای کاربران فراهم می‌کنند که فرصت‌های مختلفی برای جایگزین‌های صرفه‌جویی در انرژی در مراحل اولیه طراحی جستجو کنند، بنابراین از فرآیند وقت‌گیر ورود مجدد تمام اطلاعات هندسه ساختمان و سایر اطلاعات مورد نیاز برای تکمیل تحلیل انرژی جلوگیری می‌شود.

استفاده از ابزارهای BIM ممکن است به کارفرما و طراحان کمک کند تا تصمیمات مربوط به انرژی را که تأثیر زیادی بر هزینه چرخه حیات ساختمان پیشنهادی در مراحل اولیه طراحی دارند، به کار گیرند. علاوه بر این، ترکیب BIM با ابزارهای ارزیابی چرخه حیات (LCA) در این مرحله، به طراحان کمک می‌کند تا اجزا و مصالحی را که انرژی مصرفی کمتری دارند، انتخاب کنند. در اکثر پروژه‌های ساختمانی، مصالح و اجزا بر اساس معیارهای عملکردی، فنی و مالی ارزیابی و انتخاب می‌شوند. همچنین، درک روشنی از معیارهای عملکردی مصالح ساختمانی برای اطمینان از موفقیت یک پروژه ضروری است. به طور کلی یک پروژه ساختمان تنها زمانی با موفقیت عمل می‌کند که طراحی آن نیازهای عاطفی، شناختی و فرهنگی استفاده کنندگان آن را برآورده کند (WBDG, 2012). مشخصات فنی، اطلاعات دقیقی را در مورد مصالح و اجزای مورد استفاده در یک ساختمان فراهم می‌کند. معمولاً اطلاعاتی که توسط سازنده ارائه می‌شود شامل اطلاعاتی درباره نوع، اندازه یا ابعاد، روش نصب و سایر اطلاعاتی است که قابلیت‌ها و کاربردهای این مواد و مصالح را نشان می‌دهد. به منظور رعایت الزامات طراحی ارزان قیمت برای ساختمان‌های پیشنهادی، باید معیار مالی مواد انتخاب شده نیز مورد توجه قرار گیرد. در حال حاضر، تأثیر محیط‌زیست در فرآیند انتخاب مصالح ساختمانی اولویت دارد. از لحاظ فنی، مصالح ساختمانی می‌بایست انتظارات را در مورد استحکام، قابلیت کار و احتیاجات معماری را بدون تأثیر منفی بر محیط‌زیست برآورده سازند (Somayaji, 2001).

۲- ادبیات تحقیق

تأثیر BIM در طراحی به دلیل اینکه راه‌های جدید و فرآیند ارائه طرح‌ها و ساخت‌وساز را افزایش می‌دهد و مدیریت خدمات را آسان می‌کند، اهمیت بسیاری دارد. کارفرما نه تنها خواستار طراحی و تحویل ساختمان‌ها در زمان مشخص، صرفه‌جویی در هزینه و با کیفیت بالا می‌باشد، بلکه همچنین خواستار خدمات فراتر از طراحی و ساخت‌وساز می‌باشد (Clayton et al, 1999). در پنجاه سال گذشته، انواع شبیه‌سازی انرژی ساختمان و ابزارهای تجزیه و تحلیل توسط صنعت ساختمان توسعه و ارتقاء پیدا کرده‌اند و استفاده شده‌اند. مثال‌هایی از این ابزارها شامل: BLAST، EnerguPlus، eQUEST، TRACE، Ecotect و Integrated Environmental Solution (IES-VE) می‌باشند (Crawley et al, 2005). محققان بسیاری تحلیل انرژی را به عنوان یک ارزیابی جامع معرفی می‌کنند (Abaza, 2008)(Dahl et al, 2005)(Lam et al, 2004). آن‌ها ادعا می‌کنند که تصمیمی که در ابتدا در یک پروژه اتخاذ می‌شود تأثیر قابل توجهی در هزینه‌های چرخه حیات یک ساختمان دارد. BIM توجه زیادی را برای تأثیر آن بر توسعه پایدار و توان بالقوه آن برای ارتباط با برنامه‌های تحلیل انرژی

کسب کرده است. تحلیل انرژی در مراحل اولیه طراحی فرصتی را برای تصمیم‌گیری‌های کارآمد در هزینه که بر چرخه حیات ساختمان تأثیر می‌گذارند تا به اهداف بهره‌وری انرژی برسند، فراهم می‌کند.

تجزیه و تحلیل سیستم یک ساختمان شامل بسیاری از جنبه‌های عملکردی یک ساختمان مانند یکپارچگی ساختاری، تهویه، کنترل دما، گردش، روشنایی، توزیع و مصرف انرژی می‌باشد (Azhar et al, 2010). از این رو یک فرصت ایده‌آل برای اندازه‌گیری‌های پایداری و تجزیه و تحلیل عملکرد در مدل BIM وجود دارد (Azhar & Brown, 2009). BIM شامل مزایای مربوط به تجسم بنا، جزئیات هوشمند ذخیره شده در مدل ساختمان شامل داده‌های سه‌بعدی، داده‌های بدون ساختار (متن) و داده‌های ساختاری از قبیل پایگاه داده می‌باشد. مدل BIM نه تنها داده‌های مربوط به هندسه ساختمان را ارائه می‌دهد، بلکه امکان محاسبات حجم و انرژی مربوطه براساس ویژگی‌ها و جهت‌گیری یک ساختمان را فراهم می‌کند.

تحلیل انرژی بدون قرارگرفتن همه‌ی اجزای ساختمان در محل خود ممکن نیست زیرا که باید امکان انتقال اجزای ضروری پروژه از یک ابزار به ابزار دیگر وجود داشته باشد. در برخی از نرم‌افزارها، امکان اجرای تحلیل پایه مدلی بر اساس مدل‌سازی اطلاعات ساختمان وجود دارد. در این پژوهش، به دنبال استفاده از روش انتقال استاندارد صنعتی به نام gbXML هستیم. شمای XML ساختمان سبز به نام gbXML یک فرمت فایل است که نرم‌افزارهای مدل‌سازی انرژی موجود قابلیت بازخوانی آن را دارند. یکی از مزایای gbXML توانایی آن برای ارائه شرح مفصلی از یک ساختمان یا مجموعه ای از ساختمان‌ها است که می‌توانند توسط تجزیه و تحلیل انرژی و ابزارهای شبیه‌سازی استفاده شوند (کریگیل و نیس، ۱۳۹۳).

ترکیب استراتژی‌های طراحی پایدار با فناوری BIM، پتانسیل تغییر شیوه‌های طراحی سنتی و تولید کارآمد طرح‌هایی با کارایی بالا برای ساختمان‌های پیشنهادی را دارد. فناوری BIM می تواند برای حمایت از طراحی و تجزیه و تحلیل یک سیستم ساختمانی در مرحله اولیه طراحی استفاده شود؛ که شامل تحلیل سازه، کنترل محیط‌زیست، روش ساخت‌وساز، انتخاب مصالح جدید و سیستم‌ها و تحلیل دقیق فرآیندهای طراحی می‌باشد.

۳- استفاده از BIM برای طراحی پایدار

پیش‌نیاز ساخت ساختمان‌هایی با مصرف بهینه انرژی، طرح گزینه‌های مختلف و تحلیلی دقیق از انرژی مصرفی آن‌ها در مرحله طراحی می‌شود. طراحی جداگانه در روش‌های مرسوم عملاً امکان طرح مدل بهینه را از بین می‌برد. از طرف دیگر تحلیل انرژی مصرفی ساختمان بر مبنای نقشه‌های دو بعدی صرف نظر از زمان‌بر بودن و سختی کار، نتایج قابل اعتمادی بدست نمی‌دهد (شاکری و دیگران، ۱۳۹۲). با نگاه به تغییر پارادایم در جنبش ساختمان سبز و انتقال آن به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، متخصصان در هر دو زمینه تمایل دارند یکپارچه‌سازی بین دو زمینه را مورد تفکر و بررسی قرار دهند. برای مثال، در ابتدای تحویل پروژه کارفرما و تیم پروژه قادر خواهند بود بر روی ارزیابی پایداری کار کنند. سپس با تمام اطلاعات ذخیره شده در مدل اطلاعاتی ساختمان یکپارچه، تیم پروژه به یک منبع داده‌های قابل اعتماد به منظور تسهیل تمام اهداف پایداری در ساخت و ساز و در نهایت بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری فرآیندها دسترسی دارد. به دلیل انعطاف‌پذیری تبادل اطلاعات، تیم پروژه به طور مداوم می‌تواند مدل BIM را برای نظارت و مدیریت عملکرد ساختمان به‌روزرسانی کند.

کریگیل و نیس هفت استراتژی برای استفاده از BIM برای رسیدن به یک رویکرد سبز شناسایی و معرفی کرده‌اند. این استراتژی‌ها با توجه به فرم ساختمان و یا سیستم‌های ساختمانی دسته‌بندی شده‌اند. اولین استراتژی جهت‌گیری ساختمان می‌باشد؛ اینکه چگونه سازه با توجه به مسیر خورشید در طول سال در سایت قرار داده شده است. بر اساس آب و هوای محلی، جهت گیری یک ساختمان می‌تواند برای بهینه‌سازی روشنایی، تهویه، گرمایش و سرمایش مورد استفاده قرار گیرد. این امر

مستلزم داشتن داده‌ها از جمله طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و جنوب خورشیدی محل می‌باشد. اکثر ابزارهای BIM توانایی تنظیم مکان پروژه و شناسایی و جهت‌گیری درست را دارند. علاوه بر این، این ابزار به طور معمول توانایی ارزیابی روشنایی با توجه به هندسه ساختمان را دارند، در نتیجه تیم طراحی می‌توانند اینکه در چه زمانی از روز و یا سال، یک ساختمان (یا بخشی از آن) در نور خورشید و یا سایه خواهد بود را تجسم کنند.

رویکرد دوم طراحی پایدار شامل حجم ساختمان می‌باشد. این رویکرد در درجه اول با توجه به نوع ساختمان (به عنوان مثال اداری، مسکونی، مدرسه و ...) و آب و هوای محلی هدایت می‌شود. حجم و شکل ساختمان تا حد زیادی می‌تواند بر روی نور، تهویه، سرمایش و گرمای پروژه تأثیر بگذارد. با استفاده از ابزار BIM و نرم‌افزار تحلیل انرژی، می‌توان طی یک فرآیند سریع و کارآمد تنظیمات متعدد احجام از لحاظ تحلیل انرژی را مقایسه کرد.

استراتژی سوم مربوط به فرم ساختمان، بهینه‌سازی نور روز است. در شرایطی که ساختمان‌ها برای به حداکثر رساندن استفاده از روشنایی طبیعی روز طراحی شده‌اند، تقاضا برای نور مصنوعی که منجر به افزایش حرارت داخلی و در نتیجه تهویه فضا می‌شود، باید کاهش داده شود. روشنایی مناسب روز بر جهت‌گیری ساختمان، حجم ساختمان و شکل پوسته (قرارگیری شیشه‌ها، مصالح و مجموعه‌های ساخت و ساز) بستگی دارد.

استراتژی چهارم زیرشاخه سیستم‌های ساختمانی شامل گرفتن آب باران می‌باشد که به عنوان برداشت آب شناخته شده است. مشابه به بهینه‌سازی فرم ساختمان، این مورد نیز بستگی به شناخت تأثیر آب و هوای محلی دارد.

مورد پنجم و بیشترین استراتژی اشاره شده، مدل‌سازی انرژی و تحلیل آن می‌باشد. بهینه‌سازی عملکرد انرژی بستگی به مواردی چون جهت‌گیری و حجم ساختمان و نور روز دارد. گام اول شناسایی الزامات پروژه با توجه به نور، گرمایش، سرمایش و نیازهای انرژی می‌باشد. برای رسیدن به اهداف پروژه، استفاده از BIM می‌تواند زمان تجزیه و تحلیل را کاهش داده و در نتیجه به تیم طراحی اجازه تکرار بیشتر و مطالعات بهینه‌سازی را می‌دهد. ابزار آنالیز انرژی مناسب، به مرحله طراحی پروژه و به اطلاعات خروجی مورد نظر توسط سیستم طراحی بستگی دارد. برخی از این ابزارها عبارتند از Ecotect، Green Building Studio، eQuest، Energy plus و IES.

استراتژی ششم ساختمان سبز، استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. اولین قدم برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش مصرف انرژی کل یک ساختمان می‌باشد که شامل جهت‌گیری ساختمان، حجم و نور روز می‌باشد که قبلاً مورد بحث قرار گرفته است.

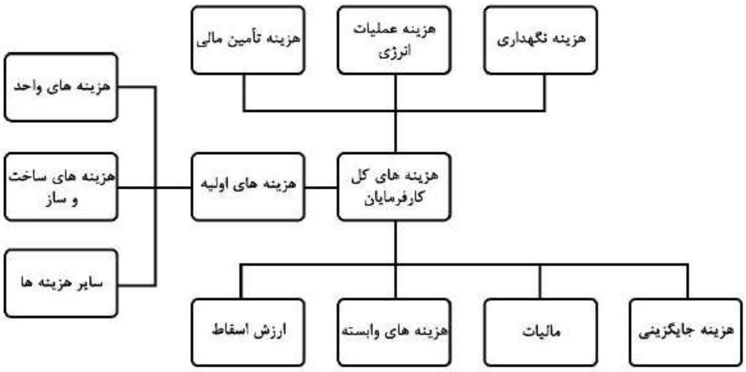
هفتمین و آخرین استراتژی که توسط کریگیل و نیس بیان شده شامل استفاده از مصالح ساختمان پایدار می‌باشد. در ابتدا لازم است تیم طراحی معیارهایی را که باعث طبقه‌بندی مصالح ساخت و ساز به عنوان پایدار می‌باشد را تعیین کنند و سپس نیازهای پروژه برای دستیابی به این معیارها مشخص شود. برخی از این معیارها ممکن است شامل مشخص کردن مصالح که غیر رسمی هستند و یا به حداقل رساندن مقدار کل انرژی در طول چرخه حیات باشند (Krygiel & Nies, 2008).

۴- هزینه چرخه حیات (LCC)

هزینه چرخه حیات (LCC) ترکیبی از قضاوت‌ها، پیش‌بینی‌ها و محاسبات است (Ashworth, 1994). LCC یک روش یا ابزار می‌باشد که برای اندازه‌گیری اقتصادی پروژه‌هایی که دارای مقادیر پارامتریک مختلف نسبت به گردش هزینه خود در طول عمر مفید آن هستند، استفاده می‌شود (ASTM, 2003). این امر مستلزم آن است که تمام هزینه‌های بالقوه را با توجه

به ارزش زمانی پول محاسبه کنیم (Dhillon, 2009). روش LCC برای تعیین کمترین نتایج یا انتخاب مقرون به صرفه در میان چند جایگزین استفاده می‌شود. همچنین زمانی‌که هزینه‌های زیاد اولیه ساختمان، هزینه‌های دراز مدت آن را در آینده از جمله هزینه‌های تعمیر و نگهداری، انجام عملیات و بهره‌برداری کاهش می‌دهد، میزان صرفه‌جویی در هزینه مشخص می‌شود. در مقابل، هزینه اولیه پایین‌تر احتمالاً منجر به افزایش هزینه‌های در حال اجرا خواهد شد. هدف اصلی از هزینه چرخه حیات برای ارزیابی گزینه‌های احتمالی است. عوامل مهم دیگری از سرمایه اولیه وجود دارد که سهم قابل توجهی بر کل هزینه‌ها در طول چرخه حیات پروژه دارد. برخی از این عوامل عبارتند از هزینه‌های عملیاتی، نگهداری و تعمیر، ویژگی‌های عایق حرارتی و روش‌هایی که بر گرمایش، سرمایش و فرم اثر می‌گذارند. Dell’Isolla (Dell’Isolla, 2003) در شکل۱ انواع هزینه را که باید در مطالعه LCC توسط کارفرما یا طراح مورد توجه قرار گیرد، نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، هزینه‌های اولیه شامل کل هزینه‌های مالکیت مربوط به توسعه اولیه یک پروژه می‌باشد. طبقه‌بندی هزینه‌های تعمیر و نگهداری شامل مراقبت‌های معمول وتعمیرات، قراردادهای نگهداری سالانه و دستمزد کارکنان تسهیلات برای انجام وظایف تعمیر و نگهداری می‌باشد (Kirk, 1995). هزینه‌های عملیاتی و انرژی شامل هزینه‌های خدماتی مانند هزینه‌های مصرف سوخت و برق و حقوق پرسنل مورد نیاز برای اجرای تأسیسات می‌باشند (Dell’Isolla, 2003).

هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌توانند توسط کارفرما تهیه شوند، و یا از طریق پایگاه داده‌های منتشر شده و یا از طریق تولیدکنندگان بدست آیند (Haviland, 1978). طراحان باید از مطالعات کارایی انرژی برای پیش‌بینی هزینه‌های خدماتی و سوخت استفاده کنند. Dell’Isolla (Dell’Isolla, 2003) اشاره می‌کند که هزینه جایگزینی به عنوان هزینه‌ای که یک‌بار انجام می‌شود، هزینه‌ای است که در آینده برای حفظ عملکرد اولیه تسهیلات یا امکانات مورد نیاز است. ارزش اسقاط امکانات به عنوان ارزشی تعریف شده است که می‌تواند در پایان دوره مطالعات پروژه بدست آید. این ارزش را می‌توان از منابع برآورد استاندارد دریافت کرد، از جمله: تولیدکنندگان، انجمن‌های صنعتی و تجربه‌های کارفرمایان (Haviland, 1978). معنای هزینه‌های مرتبط می‌تواند شامل تمام هزینه‌های قابل شناسایی که قبلاً ذکر نشده‌اند، مانند هزینه‌های بیمه و امنیت باشد (Dell’Isolla, 2003).



شکل ۱: عناصر هزینه‌های چرخه حیات (Dell’Isolla, 2003)

هزینه چرخه زندگی شامل خلاصه هزینه مالکیت، اجرا (نگهداری و عملیات)، و تخریب در طی یک دوره زمانی خاص می‌باشد. با توجه به این تعریف، معادل LCC را می‌توان به چهار متغیر زیر تقسیم کرد:

۱) هزینه‌های مربوط به مالکیت: هزینه اولیه، هزینه‌های در حال اجرا و هزینه جایگزینی؛ ۲) درآمد آینده، مانند درآمد سالانه از اجاره یا ارزش اسقاط ساختمان در پایان دوره مطالعه؛ ۳) مدت زمانی که این هزینه‌ها انجام شده‌اند؛ و ۴) نرخ کاهش (نرخ تورم یا نرخ تعرفه) که باید برای هزینه‌های آینده به هزینه‌های فعلی آن‌ها اعمال شود (Alshamrani, 2012).

کمترین هزینه چرخه حیات (کمترین روش LCC) معیار سنجش اقتصادی در پروژه‌های ساختمانی است که به راحتی قابل تفسیرمی‌باشند. برخی از دیگر روش‌های سنجش اقتصادی عبارتند از صرفه‌جویی خالص یا سود خالص، نسبت صرفه‌جویی به سرمایه یا نسبت سود و هزینه، نرخ بازده داخلی و دوره بازپرداخت. در صورت استفاده از پارامترهای مشابه و طول دوره مطالعه، این موارد با کمترین روش سنجش LCC سازگار است (WBDG, 2010).

هزینه‌های عملیاتی برای انرژی، آب، و سایر خدمات، بر اساس مصرف، نرخ‌های فعلی و پیش‌بینی قیمت‌ها می‌باشند. از آنجاییکه مصرف انرژی و آب، وضعیت و جداره بیرونی ساختمان به یکدیگر وابسته‌اند، هزینه‌های عملیاتی معمولاً برای ساختمان به طور کلی و نه به صورت مجزا مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. معمولاً پیش‌بینی هزینه‌های انرژی در طول مرحله مفهومی یک پروژه دشوار می‌باشد، بنابرین پیش‌بینی‌ها می‌بایست بر اساس مصرف انرژی در گذشته، میزان اشغال و داده‌های آب و هوایی که بر مصرف انرژی تأثیر می‌گذارند، انجام شوند. در مرحله مفهومی، داده‌های مربوط به مقدار انرژی مصرف شده توسط یک ساختمان را می‌توان از تجزیه و تحلیل انرژی مهندسی و یا از برخی برنامه‌های کامپیوتری خاص مانند eQuest، Green Building Studio (GBS) بدست آورد، در حالی‌که برنامه‌های دیگر مانند ENERGY PLUS (DOE)، DOE2.1E و BLAST نمی‌توانند در آن مرحله استفاده شوند، زیرا آن‌ها نیاز به اطلاعات دقیق‌تر و ورودی داده‌ها دارند که معمولاً تا مرحله بعدی در فرآیند طراحی در دسترس نیستند (WBDG, 2010).

۵- پیاده‌سازی LCC درساختمان‌های سبز و معمولی

Haddad (Haddad, 2008) یک مدل برای اندازه‌گیری اثرات زیست‌محیطی مصالح ساختمانی در ارزش پولی را معرفی کرد. اثرات زیست‌محیطی از جمله دی‌اکسید کربن با استفاده از یک ابزار ارزیابی چرخه حیات با توجه به پتانسیل گرمایش جهانی اندازه‌گیری می‌شوند. سپس مقدار معین شده دی اکسید کربن(CO_2) به ارزش پولی تبدیل می‌شود که در محاسبه LCCتأثیرات محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Alshamrani (Alshamrani, 2012) یک تحقیق در مورد ارزیابی ساختمان‌های مدرسه با استفاده از روش‌های پایداری و هزینه‌های چرخه حیات ساختمانی انجام داد. تحقیق او توسعه یک چارچوب انتخابی را ارائه می‌کند تا عوامل مدرسه بتوانند ساختار مقرون به صرفه و پایدار و انواع جداره‌های خارجی برای مدارس جدید را انتخاب کنند. روند انتخاب بر اساس سیستم رتبه‌بندی LEED و روش‌های تحلیل هزینه چرخه حیات برای ساختارهای معمول و جایگزین‌های جداره خارجی ساختمان می‌باشد. در این تحقیق، چهارده ساختار مختلف و انواع جداره‌های خارجی با ساختارهای فلزی، بتنی و چوب در ترکیبات مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اندکه شامل گزینه‌های معمول و پایدار می‌باشد.

حتی کارفرمایان و تیم طراحی پروژه نیز علاقمند به استفاده از استاندارد LEED و اصول ساختمان سبز می‌باشند، با این حال هزینه همچنان مهم‌ترین نگرانی می‌باشد. در یک شرایط ایده‌آل، ارزیابی روشمند هزینه‌های ساختمانی باید بیشتر از

هزینه‌های اولیه ساخت و ساز ساختمان باشد که تخمین زده می‌شود که ارزش آن تنها ۵ تا ۱۰ درصد هزینه‌های کل دوره حیات باشد. به رغم اهمیت LCC، تصمیمات عمده پروژه در صنعت ساختمان اغلب به واسطه هزینه‌های ساخت اولیه به تنهایی می‌باشد (Matthiessen & Morris, 2004).

در زمینه پروژه‌های ساختمان سبز در مقابل ساختمان معمولی، نگرانی اصلی هزینه کل پروژه نمی‌باشد، بلکه هزینه‌های افزایشی یا اضافی مربوط به اجزای سازنده ساختمان سبز، بیشتر از هزینه ساختمان مشابه بدون این اجزاء می‌باشد که به طور معمول هزینه انجام فعالیت‌های سبز نامیده می‌شود که شامل هزینه‌های نرم و سخت است. هزینه‌های نرم شامل ثبت‌نام LEED، اسناد و گواهینامه‌ها، و هزینه‌های مربوط به مشاوره و طراحی سبز می‌باشد، در حالی‌که هزینه‌های ساخت و ساز سبز شامل اجزای ساختمان سبز می‌باشد (Lisowski, 2006). پیدا کردن یک مقایسه مفید که بتواند به طور دقیق هزینه انجام فعالیت‌های سبز برای بسیاری از پروژه‌های ساختمانی را تعریف کند، یک چالش بزرگ می‌باشد، چرا که مصالح و اجزای سبز اغلب به صورت سیستم‌های ارتقا یافته ساختمان می‌باشند در حالی‌که سیستم امتیازدهی LEED نیاز به اطلاعات هزینه‌های خاص پروژه ندارد (Kats, 2003).

Matthiessen و Morris، یک مطالعه در مقایسه با ساختمان‌های سبز و معمولی انجام دادند. ۴۵ پروژه کتابخانه، آزمایشگاه و کلاس‌های آموزشی که با سطحی از گواهینامه LEED طراحی شده بودند، برای مقایسه با ۹۳ پروژه معمولی از نوع مشابه انتخاب شدند. تمام هزینه‌ها برای مکان و زمان ساخت و ساز تنظیم شده‌اند. تجزیه و تحلیل قابل توجهی با توجه به تصور عمومی که هزینه پروژه‌های LEED بیش از پروژه‌های معمولی است، انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که بین پروژه‌های LEED و معمولی تفاوت آماری خاصی وجود ندارد. پروژه‌های LEED بواسطه طیف وسیعی از پروژه‌ها بر اساس هزینه پراکنده شده‌اند. به طور کلی، این مطالعه نشان داد که به طور معمول ۱۲ امتیاز LEED را می‌توان بدون تغییر طراحی، بر اساس مکان یا محل ساختمان، بدست آورد. علاوه بر این، تا ۱۸ امتیاز LEED، ممکن است با حداقل تلاش طراحی با هزینه کم یا بدون هزینه انجام شود(Matthiessen & Morris, 2004).

۶- بهینه‌سازی طراحی و اثرات آن بر LCC

بهینه‌سازی طراحی از نظر انرژی و هزینه می‌تواند به عنوان یک مشکل در انتخاب انواع مطلوب اجزای ساختمان دیده شود. این اجزا عمدتاً شامل سقف، کف، درها و پنجره‌ها هستند در حالی‌که این انتخاب‌ها از فهرست‌های از پیش تعیین شده از گزینه‌های موجود برای هر جزء است (Nour, 2005). Wang و دیگران (Wang et al, 2005) بهینه سازی چند هدفه و بهبود طراحی ساختمان را انجام داده‌اند. این مطالعه به منظور کمک به طراحان در دستیابی به طراحی ساختمان سبز با صرفه‌جویی در هزینه بر اساس روش تجزیه و تحلیل چرخه حیات می‌باشد. Nielsen، Winkler و Huberman نیز تحقیقاتی را درباره جزئیات مربوط به اهمیت تحلیل هزینه‌های چرخه حیات و نیاز به بهینه‌سازی و چالش‌های مدل‌سازی آن انجام دادند. (Nielsen, 2002)(Winkler, 2002)(Huberman, 2007) از نظر هزینه، طراحی یک ساختمان برای مصرف انرژی کارآمد در مراحل اولیه طراحی و ساخت هزینه بیشتری دارد، اما هزینه های ساختمان را در طول کل چرخه حیات کاهش می‌دهد. استفاده از مدل‌های اطلاعات ساختمان همراه با محاسبات انرژی و LCC، جریان داده‌ها بین پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف، ابزارهای محاسبه و BIM را برای استفاده از LCC در طراحی را آسان می‌کند. دسترسی آسان به داده‌های قابل مقایسه، امکان استفاده تیم طراحی را برای ارزیابی ساختمان‌های خود، با تأکید بر استفاده از انرژی و هزینه‌های عملیاتی را فراهم می‌کند. این امر منجر به تمرکز بیشتری روی عملکرد ساختمان‌ها و بهبود بهینه‌سازی انرژی خواهد شد (Krigsvoll,

2007). این مطالعه با هدف ترکیب هزینه کل انرژی سالانه ساختمان‌ها از طریق یک نمونه LCC که از ورودی‌های BIM / gbXML استفاده می‌کند و سپس نتایج را به تیم پروژه برای تصمیم‌گیری درست ارائه می‌دهد. با این حال پیش‌بینی مصرف انرژی سالانه یک روش چالش برانگیز است که با استفاده از داده‌های هواشناسی، خواص حرارتی مصالح مورد استفاده برای اجزای ساختمانی مختلف، نیاز به شبیه‌سازی انرژی دارد. انتظار می‌رود که خروجی ابزار BIM، ورودی ابزار تحلیل انرژی از طریق فرمت فایل gbXML می‌باشد (Bazjanac et al, 2011). محدودیت عمده در استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی انرژی مسأله قابلیت همکاری آن‌ها با BIM است. محدودیت دیگر کمبود اطلاعات مورد نیاز در مرحله مفهومی پروژه است. از آنجا که هزینه‌های چرخه حیات ساختمان‌ها به شکل هزینه سالانه در واحد سطح ($ / ft2) ارائه می‌شوند، ضروری است که مقادیر از مدل برای برآورد هزینه هر مؤلفه ساختمان استخراج شود، سپس کل هزینه زندگی ساختمان را می‌توان محاسبه کرد. ادبیات موضوعی در این مورد تأثیر عملکرد ساختمان بر هزینه چرخه حیات و نیاز آن به بهینه‌سازی انرژی را تأیید می‌کند.

۷- ابزار یکپارچه‌سازی تحلیل هزینه چرخه حیات

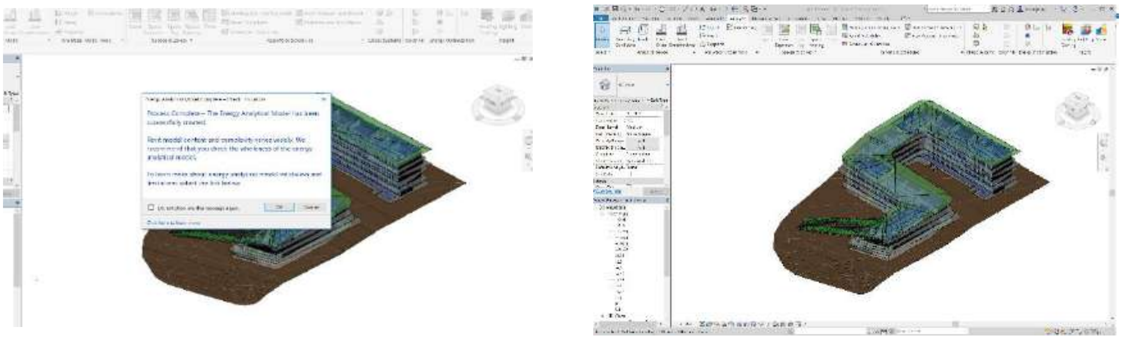
در میان ابزارهایی که توانایی محاسبه مصرف انرژی، هزینه انرژی و هزینه چرخه حیات پروژه را دارند، برنامه GBS مناسب‌ترین نرم‌افزار برای این مطالعه است. این برنامه امکان طراحی مشترک را با به اشتراک گذاشتن اطلاعات ساختمان بین اعضای تیم پروژه، ساده‌سازی عملیات متره ساختمان و انتقال اطلاعات ضروری در مورد طراحی برنامه‌های کاربردی مورد استفاده برای طراحی مهندسی را فراهم می‌کند (Le, 2014). پیوند بین برنامه Revit و سرویس آنلاین GBS از طریق یک پلاگین ساده شده است که کاربران ثبت شده را قادر می‌سازد تا به طور مستقیم از محیط طراحی خود در Revit به خدمات دسترسی داشته باشند (Autodesk, 2008). یک گام کلیدی برای برقراری ارتباط بین مدل Revit و برنامه GBS نیاز به استفاده از خروجی gbXML می‌باشد. بر اساس اندازه، نوع و مکان ساختمان که هزینه‌های مصرف برق و هزینه را در اختیار می‌گذارد، GBS مبتنی بر وب با استفاده از استانداردهای ساختمان و استانداردهای ساخت‌وساز، سیستم‌های پیشنهادی مربوط به تجهیزات، سیستم، و تجهیزات مناسب را برای پیش‌بینی‌های هوشمند تعیین می‌کند. این سرویس تحت وب، از داده‌های دقیق ساعتی آب‌وهوا و همچنین اطلاعات بارش باران که تا فاصله تقریبی ۱۵ متری از سایت ساختمان در نظر گرفته شده دقیق می‌باشد، استفاده می‌کند. به طور معمول این سرویس در چند دقیقه (بسته به اندازه مدل و حجم اطلاعات) میزان انتشار کربن ساختمان را محاسبه می‌کند. همچنین کاربر می‌تواند خروجی اطلاعاتی از جمله خلاصه هزینه‌های تخمینی انرژی و چرخه حیات را در مرورگر وب مشاهده کند. پیوند مستقیم GBS با Revit از طریق خروجی gbXML برای ورود و خروج طراحی سه‌بعدی بین ابزارهای BIM از جمله داده‌های هندسی که برای انجام تمام تحلیل‌های ضروری لازم است، باعث تبدیل آن به یک ابزار ایده‌آل شده است. بسیاری از مقایسه‌های هزینه انرژی ساختمان و تصمیمات توافقی اولیه می‌توانند با استفاده از هزینه انرژی و مصرف سالانه انجام شوند. GBS همچنین فرصت تغییرات مفروضات پایه و شبیه‌سازی تأثیر این تغییرات بر بهره‌وری انرژی را ممکن می‌سازد (Le, 2014). کاربران می‌توانند با بروزرسانی تنظیمات استفاده شده توسط سرویس و تحلیل مجدد، یا با مرور مدل ساختمان خود دربرنامه مبتنی بر Revit گزینه‌های مختلف طراحی را بررسی کنند.

برخلاف ابزارهای شبیه‌سازی معمول که به مقدار زیادی به ورود داده‌های دستی وابسته‌اند، GBS ورودی داده‌ها را با اطلاعاتی که به طور مستقیم از مدل اطلاعاتی ساختمان ساخته شده را بدست می‌آورد.

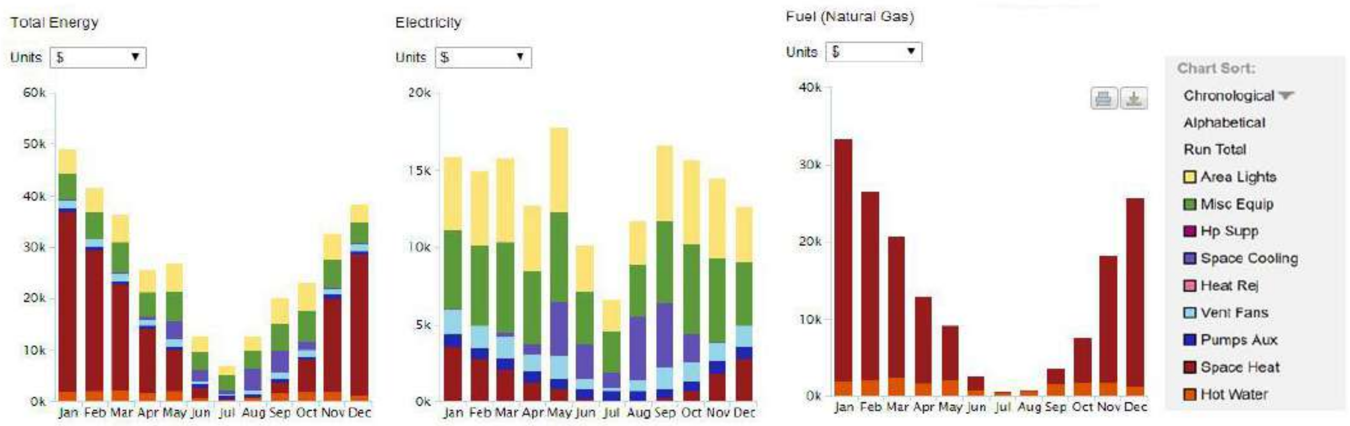
۸- بررسی هزینه چرخه حیات برای نمونه طراحی شده ساختمان مدرسه و تحلیل داده‌ها

این بخش با استفاده از تحلیل هزینه‌های چرخه حیات ساختمان، با گرفتن خروجی از مدل طراحی سه‌بعدی توسط ابزار BIM با استفاده از فرمت فایل gbXML تمرکز می‌کند. روند تحلیل LCC برای ساختمان مدرسه سبز طبق روش‌ها و مراحل مطرح شده بر روی یک مدل پیشنهادی بررسی شده است. این مدرسه در شهر تهران و در سایتی به مساحت ۱۶۵۰۰ متر مربع طراحی شده و شامل ۶ طبقه و مساحت ۲۳۰۰۰ متر مربع می‌باشد. روش LCC ابتدا با محاسبه هزینه‌های ساخت اولیه، که سرمایه را برای ساختمان‌های دارای گواهی LEED ارزیابی می‌کند، شروع می‌شود. از آنجایی که این مطالعه فقط بر هزینه عملیاتی (هزینه انرژی) تمرکز دارد، ارزیابی کل هزینه سالانه انرژی ساختمان طراحی شده محاسبه می‌شود. نرم‌افزار Revit به عنوان ابزار BIM در این طراحی، برای اعمال طراحی مفهومی سه بعدی پایدار از ساختمان از بخش داده‌های سبز ذخیره شده در یک پایگاه داده‌های خارجی استفاده می‌کند. در میان ابزارهای موجود که توانایی محاسبه مصرف انرژی، هزینه انرژی و اجرای تحلیل LCC را دارند، Autodesk Green Building Studio (GBS) می‌باشد. ارتباط مستقیم بین GBS و Autodesk Revit از طریق فرمت gbXML، GBS برای ورود و خروجی اطلاعات طراحی بین ابزارهای مختلف از جمله داده‌های هندسی، که مورد نیاز برای انجام تمام تحلیل های لازم است، تبدیل به یک ابزار ایده‌آل شده است. بیشترین مقایسه هزینه‌های انرژی ساختمان با استفاده از روش مصرف انرژی سالانه و هزینه و اطلاعات مربوط به آن است. طراحان می‌توانند مناسب‌ترین مواد و مصالح تأیید شده سبز را با توجه به طرح خود از طریق ارتباط با این بخش داده‌ها از طریق نرم‌افزار انتخاب و استفاده کنند. پایگاه داده‌های خارجی شامل اطلاعات دقیق درباره‌ی تأمین‌کنندگان مصالح سبز در هر بخش نیز می‌باشد.

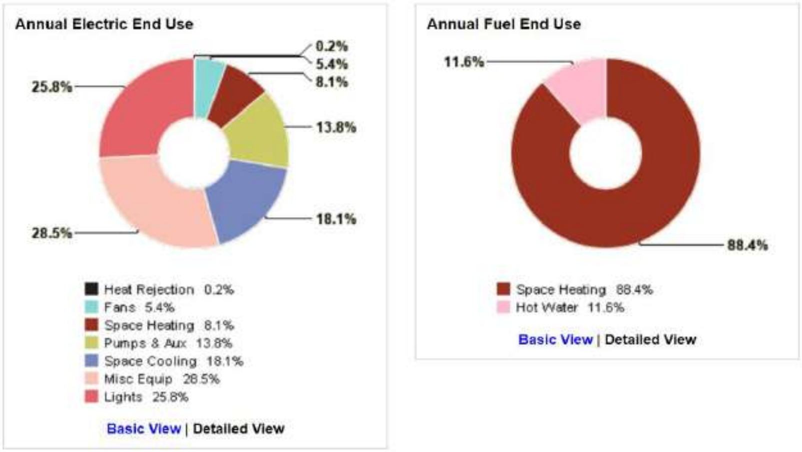
بیش از ۸۰٪ بخش‌ها و اجزاء استفاده شده در این طرح دارای امتیاز LEED می‌باشند که توسط تولیدکنندگان این مصالح فراهم شده و در پایگاه داده‌های خارجی ذخیره شده‌اند.



شکل ۲: مدل انرژی مدرسه سبز و انتقال آن به ابزار GBS



شکل ۳: خروجی نمودارهای هزینه برای مدرسه سبز



شکل ۴: جزئیات خروجی نمودارهای مصرفی برق و سوخت و هزینه مصرف سالیانه انرژی

شکل ۳، نتایج هزینه‌های مدل طراحی شده را برای انرژی کل مصرفی ساختمان، هزینه برق و سوخت را در طول سال در ماه‌های مختلف که توسط ابزار GBS بدست آمده است را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودارها می‌توان نتیجه گرفت که بشترین هزینه انرژی انجام شده در ماه دی و حدود ۴۹۰۹۸ دلار (۱۹۶۳۹۲۰۰۰۰ ریال) می‌باشد که ۷۱ درصد آن مربوط به گرمایش و کمترین هزینه در ماه تیر و ۷۰۳۳ دلار (۲۸۱۳۲۰۰۰۰ ریال) می‌باشد. با نگاه کلی به این جدول می‌توان گفت که بیشترین هزینه انرژی کل در زمستان و کمترین آن مربوط به بهار می‌باشد. هزینه برق مصرفی با توجه به نمودار در یک نگاه کلی جز در فصل تابستان، تقریباً در یک حدود می‌باشند. برای مثال بشترین میزان برق مصرفی در ماه اردیبهشت حدود ۱۷۷۳۶ دلار (۷۰۹۴۴۰۰۰۰ ریال) می‌باشد و کمترین آن در ماه تیر و ۶۵۸۳ دلار (۲۶۳۳۲۰۰۰۰ ریال) می‌باشد. بیشترین درصد هزینه برق مربوط به روشنایی و تجهیزات متفرقه می‌باشد و می‌توان گفت میانگین هزینه برق مصرفی در سایر ماه‌ها جز

تابستان حدود ۱۵۳۶۴ دلار (۶۱۴۵۶۰۰۰۰ ریال) می‌باشد. هزینه سوخت همانطور که از نمودار مشخص می‌شود، بیشترین هزینه مربوط به فصل زمستان و ماه دی و حدود ۳۳۲۶۴ دلار (۱۳۳۰۵۶۰۰۰۰ ریال) می‌باشد. ۹۴ درصد این هزینه برای گرمایش و ۶ درصد آن برای آب گرم می‌باشد. در مقابل کمترین میزان هزینه سوخت مربوط به فصل تابستان، ماه‌های تیر و مرداد در حدود ۸۳۵ دلار (۳۳۴۰۰۰۰۰ ریال) می‌باشد. شکل ۴ نیز، جزئیات مربوط به مصرف برق و سوخت را نشان می‌دهد. طبق این نمودار، بیشترین میزان برق مصرفی برای تجهیزات متفرقه و روشنایی که به ترتیب ۲۸/۵ و ۲۵/۸ درصد و کمترین میزان مصرفی برای دفع گرما و فن‌ها به ترتیب ۰/۲ و ۵/۴ درصد می‌باشند. بقیه موارد طبق نمودار شامل خنک کردن فضا، پمپ‌ها و گرمایش فضا می‌باشند که به ترتیب میزان مصرفی هر کدام ۱۸/۱، ۱۳/۸ و ۸/۱ درصد می‌باشند. مصرف سوخت نیز ۸۸/۴ درصد برای گرمایش فضا و ۱۱/۶ درصد برای آب گرم می‌باشد. طبق نتیجه نهایی برای این ساختمان، هزینه انرژی سالانه ۳۵۶۷۷۲ دلار (۱۴۲۷۰۸۸۰۰۰۰ ریال) و هزینه چرخه حیات ۴۸۵۹۲۳۸ دلار (۱۹۴۳۶۹۵۲۰۰۰۰ ریال) می‌باشد.

۹- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، خروجی‌های استخراج شده از GBS توسط طراحان برای ارزیابی ارزش فعلی و هزینه‌های سالیانه و همچنین تجزیه و تحلیل تطبیقی صرفه جویی در انرژی و کاهش انتشار مواد آلاینده استفاده می‌شود. این موضوع به طراحان کمک می‌کند تا جایگزین‌های طراحی متفاوتی را از جنبه هزینه‌های اولیه و عملیاتی ارزیابی کنند. به طور کلی هدف این است که هزینه‌های عملیاتی این گزینه ها محاسبه و مقایسه شوند و مقرون به صرفه‌ترین نمونه بر روی چرخه حیات پروژه تعیین شود. در این مقاله، مبانی مربوط به هزینه چرخه حیات، پیاده‌سازی آن در ساختمان‌های سبز و بهینه‌سازی طراحی بر اساس آن مورد بررسی قرار گرفت. مفهوم BIM و ویژگی‌ها و قابلیت‌های موجود در آن همراه با ابزارها و نرم‌افزارهای موجود، بستری لازم برای یکپارچه سازی مفهوم طراحی مدرسه سبز با مفهوم BIM را به صورت قابل توجهی فراهم می‌سازد. معرفی سرویس تحت وب Green Building Studio و نحوه استفاده از این برنامه برای بررسی هزینه‌های مربوط به پروژه در ارتباط با ابزار BIM جزء هدف‌های این مقاله به شمار می‌رود. با توجه به مطالعه موردی انجام شده در این تحقیق، مهمترین امتیاز این روش همزمانی این مراحل طراحی و تحلیل می‌باشد، به طوری که در هر قسمت طراحی به لحاظ فضاسازی‌ها، مواد و مصالح استفاده شده و یا به لحاظ موقعیت مکانی طرح از جنبه بهره‌گیری حداکثری از نور و انرژی خورشیدی این امکان در اختیار طراحان قرار می‌دهد تا در دستیابی به طراحی ساختمان سبز با صرفه‌جویی در هزینه بر اساس روش تجزیه و تحلیل چرخه حیات عمل کنند.

منابع و مراجع

[۱] ابراهیمی، ح.، شاکری، ا. (۱۳۹۲) "بررسی نقش استفاده از فن‌آوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در جهت دستیابی به معماری پایدار"، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز.
[۲] کریگیل، ا.، نیس، ب.، روانشادنیا، م. (۱۳۹۳) "مدل‌سازی اطلاعات ساختمان سبز"، انتشارات سیمای دانش، تهران.

[3] Abaza H. (2008). An interactive design advisor for energy efficient building, Journal of Green Building.
[4] Alshamrani O., (2012), Evaluation of School Buildings Using Sustainability Measures and Life- Cycle Costing Technique, PhD thesis, Concordia University.
[5] Ashworth A., (1994), Cost Studies of Buildings, Second Edition, by Longman Group Limited, Malaysia, ISBN 0-582-22873-5.
[6] ASTM, (2003), Standard Practice for Life-Cycle Cost Analysis of Corrugated Metal Pipe Used for Culverts, Storm Sewers, and Other Buried Conduits, A930 – 03.
[7] Autodesk, (2008), BIM and the Autodesk Green Building Studio.
[8] Azhar S. and Brown J. (2009). BIM for sustainability analyses, International Journal of Construction Education and Research, 5 (4) 276–292.
[9] Azhar S., Brown J. and Sattineni A. (2010). A case study of building performance analyses using building information modelling, Proceedings of the 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC-27), Bratislava, Slovakia.
[10] Bazjanac V., Maile T., O'Donnell J. and Marzovic N., (2011), Data Environments and processing in semi-automated simulation with EnergyPlus, Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference – Sophia Antipolis, France.
[11] Clayton M., Johnson R. and Song Y. (1999). Operations documents; addressing the information need for facility managers. Durability of Building Materials and Components, Volume 8, pp. 2441-2451.
[12] Crawley D., Hand J., Kummert M. and Griffith B. (2005). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs, Joint Report, Version 1.0.
[13] Dahl P., Horman M., Pohlman T. and Pulaski M. (2005). Evaluating design-build operate- maintenance delivery as a tool for sustainability, Construction Research Congress.
[14] Dell'lsola A. J. and Kirk S. J., (2003), Life Cycle Costing for Facilities, First Edition, by Reed Construction Data Inc, United States of America, ISBN 0-87629-720-5.
[15] Dhillon B.S. (2009), Life Cycle Costing for Engineer, CRC press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
[16] Haddad S., (2008), Economic Impacts of Building Materials on the Environment, Doctoral Thesis, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University.
[17] Haviland D. S., (1978), Life Cycle Cost Analysis 2, using it In Practice, The American Institutes of Architects, United States of America, ISBN 0-913962-07-4.
[18] Huberman N. and Pearlmutter D., (2007), A life-cycle energy analysis of building materials of Negev desert, Journal of Energy and Buildings, 837-849.
[19] Jong K.S., Lee K.W. and Lim H.K. (2010). Risk assessment on hazards for decommissioning safety of a nuclear facility. Annals of Nuclear Energy, Vol. 37, No. 12, 1751-1762.
[20] Kats G., Alevantis L., Berman A., Mills E. and Perlman J., (2003), The Costs and Financial Benefits of Green Buildings, Sustainable Building Task Force, Capital E, California, USA.
[21] Kirk S.J. and Dell'lsola A.J., (1995), Life Cycle Costing for Design Professionals", Second Edition, by McGraw-Hill Inc., United States of America, ISBN 0-07-034804-9.
[22] Krigsvoll G., (2007), Life Cycle Costing as part of decision making - use of building information models, Amsterdam, IOS Press.
[23] Krygiel E. and Nies B., (2008), Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling, 1st Ed., Wiley, Indianapolis, Indiana.
[24] Lam K.P., Wong N.H., Mahadavi A., Chan K.K., Kang Z. and Gupta S., (2004), SEMPER-II: an internet-based multi-domain building performance simulation environment for early design support, Automation in Construction V. 13.

[25] Le M., (2014), AUTODESK® GREEN BUILDING STUDIO FOR AN ENERGYEFFICIENT, SUSTAINABLE BUILDING, HAMK University of Applied Science.
[26] Lisowski J., (2006), Using the LEED Green Building Rating System for Small to Medium Enterprises, Master of Arts in Environment and Management, School of Environment and Sustainability, Royal Roads University, Canada.
[27] Matthiessen L. F. and Morris P., (2004), Costing Green: A Comprehensive Cost Database and Budgeting Methodology, Davis Langdon, USA.
[28] Nielsen T., Svendsen S., (2002), Life-cycle cost optimization of buildings with regard to energy use thermal indoor environment and daylight, International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, pp. 1-16.
[29] Nour M., Beucke K., (2005), Manipulating IFC model data in conjunction with CAD, Proceedings of CIB w78-2005 22nd Conference on Information Technology in Construction 253–260.
[30] Somayaji S., (2001), Civil engineering materials, Prentice Hall, Second Edition.
[31] Wang, W., Zmeureanu R. and Rivard H., (2005), Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. Building Environment, 40, 1512–1525.
[32] WBDG (Whole Building Design Guide), Evaluating and Selecting Green Products, (2012).
[33] WBDG (Whole Building Design Guide), Life-Cycle Cost Analysis (LCCA), (2010).
[34] Winkler H., Fecher R., Tyani L. and Matibe K., (2002), Cost-benefit analysis of energy efficiency in urban low cost housing, Journal of Development Southern Africa, 593-614.

بررسی موارد حقوقی-قراردادی مرتبط با مدیریت اطلاعات ساختمان(BIM)

مجید پرچمی جلال[۱،*] ، آیدا مهدیان

*۱ و *- نویسنده مسوول: استادیار، دکتری و مدیریت ساخت، مدیریت پروژه و ساخت، معماری و تهران ،*
(parchamijalal@ut.ac.ir)

۲- دانشجو ، کارشناسی ارشد و مدیریت پروژه ، مدیریت پروژه و ساخت، معماری و تهران،
(aida.mahdian@ut.ac.ir)

چکیده

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) همچون راه حلی حیاتی می باشد برای بسیاری از مشکلاتی که بخش معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC) با آن مواجه است برخلاف همه منافع مشخص BIM آن سطح از یکپارچگی که برای رسیدن به این منافع نیاز است هنوز هم به سختی در همه پروژه‌های دنیا رخ می دهد. یکی از موانع غیر قابل انکار برای رسیدن به سطح بالای یکپارچگی ریسک های حقوقی همراه با این یکپارچگی و محیط همکارانه منتج از یکپارچگی می باشد. علیرغم گرایش روز افزونی که در سطح دنیا به BIM وجود دارد، روی مسائل حقوقی و قراردادی BIM هنوز تحقیقات گسترده ای صورت نگرفته است. در این میان موسسات AIA و AGC فرمت استانداردی برای قراردادهای بیم تدوین و ارائه کرده اند. قراردادهای استاندارد مورد استفاده در صنعت ساخت استرالیا (AEC) پیش از ظهور BIM طراحی شده بودند و با افزایش گرایش به BIM کمبود تیپ قراردادی متناسب با آن بیشتر از پیش حس می شد هدف این مقاله بررسی موارد حقوقی و قراردادی مرتبط با پیاده سازی BIM می باشد. بنابراین ضمن بررسی اجمالی روی فرمت های استاندارد موجود و نقد و بررسی‌هایی که تاکنون بر این فرمت ها صورت گرفته سعی شده است چارچوب و ساختارهای قراردادهای BIM و مسائل حقوقی و قراردادی مرتبط با آنها و همچنین راه‌های پیشگیری از بروز مشکلات قانونی رد این نوع قراردادها بیان شود.

واژگان کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان، قرارداد، ریسک های حقوقی

۱- مقدمه

مدلسازی اطلاعات ساختمان یک انقلاب فناوری است که روش طراحی، تحلیل، ساخت و مدیریت ساختمان ها را تغییر داده است. در حال حاضر BIM بزرگترین پیشرفت تکنولوژی در صنعت معماری، مهندسی، ساخت می باشد 0. در تعریف مختصر و در عین حال جامعی از BIM آمده است: " مدلسازی اطلاعات ساختمان روشی در طراحی و ساخت ساختمان است که در آن یک مدل مرجع از ساختمان به کمک یک یا چند سیستم مدلسازی سه بعدی[۸۴]و مبتنی بر اجزاء، ایجاد میشود. این سیستم ها اطلاعات مربوط به ساختمان را در یک یا چند قالب استاندارد مورد توافق، با یکدیگر و یا با سایر سیستم هایی که با قالب توافق شده مطابقت دارند، مبادله می کنند .این تبادلات به کمک مجموعه ای از پروتکل ها [۸۵] تنظیم می شوند که انواع خاصی از اطلاعات را برای تبادل میان اعضای مختلف تیم، در زمان های مختلف در طول چرخه حیات پروژه، تنظیم میکنند 0. قراردادهای ساختمانی، قراردادهایی چالش برانگیز می باشند؛ چرا که این قراردادها به دنبال تمهید راه حل جهت جلوگیری از نقض مفاد و شرایط تعریف شده در چارچوب خود می باشند. معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC) اغلب به عنوان جزئی بسیار پیچیده و خطرناپذیر با سطوح بالای درگیری و سطح پایین بهره وری شناخته می شود [3]. علاوه بر این پیاده سازی بیم در پروژه‌ها زمینه تکنولوژی، سازمانی و تدارکات را برای پروژه‌ها الزام‌آور می کند که نیازهای حقوقی و قراردادی خاصی برای پروژه‌ها ایجاد می‌کند این موارد قطعا انگیزه‌ای برای تدوین فرمت استاندارد قراردادی بیم می‌باشد که قطعا فرم‌های معمول قراردادی به آنها اشاره نکرده‌اند.

۲- قراردادهای ساختمانی استاندارد

یک قرارداد ساختمانی را میتوان اینگونه تعریف نمود: "هر قراردادی که یک نفر یا شرکت برای ارزیابی ارزش انجام کارهای ساختمانی (که ممکن است شامل کارهای ساختمانی یا مهندسی) برای یک فرد یا نهاد دیگری باشد، موافقت کند" 0. قراردادهای ساختمانی در طول زمان بر نقش دستورالعمل های مدیریت فرآیند ساخت و ساز قرار گرفته‌اند. برخی از منافع قراردادهای استاندارد سازی شده عبارتند از: اجازه از قطعیت در تخصیص ریسک، آشنایی با روش های ثبت معامله و کسب و کار، قرارداد ساخت و ساز معمولا شامل چندین سند می شود: فرم قرارداد، شرایط قرارداد، طرح های قرارداد، مشخصات، ضمائم و کمیت ها. هر سند در قرارداد به هدف خاصی نیاز دارد و این طرح ها به طور خلاصه در جدول شماره ۱ شرح داده شده است.

---

[84] - 3 Dimentional

۲ - قوانینی که برای تبادل اطلاعات بین دو دستگاه در شبکه ها وجود دارد را پروتکل می گویند.

جدول(۱) هدف اسناد قرارداد

اسناد	توضیحات / هدف
فرم قرارداد تکمیل شده	توافق نامه امضا شده که مجموعه از اطلاعات قرارداد خاص و یک لیست کامل از اسناد و مدارک قرارداد فراهم می کند.
شرایط قرارداد	قوانین و رویه هایی که رفتارهای گروه های مختلف قرارداد را تعیین می کنند. ممکن است شرایط اصلاحیه ای که به طور خاص در رابطه با پروژه باشد مرتبط باشد
ترسیم	نمایش گرافیکی کار که معمولا به شکل برنامه ها، ارتفاعات، بخش ها و جزئیات انجام می شود و برای هدف خاصی از قبیل معماری، ساختاری الکتریکی و محوطه سازی آماده می شود.
مشخصات	شرح کتبی از کار که باید با تمرکز بر استاندارد کار و کیفیت موارد ترسیم تکمیل شود
پیوست ها	سایر اسناد مربوطه مانند تاییدیه های زیست محیطی یا تحقیقات، تحقیقات ژئوتکنیک، ارتباطات پس از مناقصه
سند کیفیت	یک سند که مقادیر تخمینی کار را معمولا مطابق با نوعی از استاندارد شناخته شده فهرست می کند

همچنین، BIM قابلیت جایگزینی اسناد قراردادی خاص، به عنوان مثال: نقشه ها، مشخصات یا سایر اطلاعات کتبی را دارا می‌باشد که براساس داده‌هایی است که عموماً در طراحی قرار گرفته‌اند. با این حال، همانطور که استامن اشاره می کند 0، شرایط قرارداد نیاز به تغییر وضعیت اطلاعات دیجیتال و استفاده از BIM در روند تحویل پروژه دارد. ادغام BIM به یک روش تحویل پروژه مشترک و همچنین گنجاندن مدل به عنوان یک سند قرارداد، قابلیت افزایش بهره وری و کیفیت را به بخش AEC ارائه می دهد که مسائل قانونی مختلف به طور مناسب در شرایط قرارداد مورد توجه قرار می گیرد. افزونگی های قراردادی برخی از چالش های قانونی را برطرف می کنند، برای مثال " افزونه قرارد سند شماره ۳۰۱" و " مؤسسه معماری آمریکا E۲۰۲" (پروتکل نمایش مدل سازی ساختمان). با این حال، یک تحلیل قراردادی محدود منتشر شده است که مسائل قانونی مختلف BIM را در برابر شرایط استاندارد به منظور تعیین تغییرات مورد نیاز برای تسهیل اجرای BIM و استفاده از مدل به عنوان یک سند قرارداد مقایسه می کند.

۳- معرفی ساختار کلی و بخش‌های مختلف قراردادهای تیپ

فرمت های استاندارد تدوین شده تا کنون شامل ConsensusDOCS 301 و AIA E202 -2008 و CPC2013 و JCT Public Sector Supplement و... می باشد دو مورد از پرکاربردترین فرمت‌ها که به طور تخصصی در مورد BIM تدوین شده ConsensusDOCS 301 و AIA E202 -2008 می باشند که در آمریکا تدوین شده اند و,0 شامل بخش

های معرفی شده در ادامه بحث می‌باشند تحقیقات حاکی از این است که استفاده از این فرمت ها در بین افراد به طور کامل رواج نیافته است. (علیرغم افزایش استفاده ۲۸٪ از بیم در سال 2008 به ۷۵٪ در سال 2012) . حدود ۴۰٪ از استفاده کنندگان BIM از این فرمت های قراردادی استاندارد مطلع نیستند بنابراین اکثرا از فرمت‌های شخصی خود برای عقد قرارداد استفاده می‌کنند. علیرغم اینکه تحقیقاتی درباره اهمیت قراردادهای بیم صحبت کرده اند، محققان درباره قراردادهای شخصی رایج در پروژه‌ها و علل گرایش به آنها به جای فرمت‌های استاندارد موجود تحقیقی انجام نداده‌اند. با توجه به McGraw-Hill Construction (2012) " شفاف سازی تحویل شدنی ها بین عوامل مختلف پروژه و استفاده از قراردادهای مربوطه در سال های اخیر کاهش زیادی داشته است" نشان دهنده این است که از نظر مسائل حقوقی و قراردادی در بیم بسیار عقب‌تر از مسائل تکنیکی و فنی هستیم. هدف این تحقیق ابتدا استخراج مسائل حقوقی و قراردادی منتج از پیاده سازی بیم می‌باشد. سپس به بررسی فرمت‌های قراردادی موجود در دنیا می پردازد و هدف آتی پیشرفت این بُعد از پیاده سازی بیم از منظر حقوقی می باشد.

۳-۱- ساختار کلی و بخش‌های مختلف قرارداد تیپ ارائه شده توسط AIA (E202)

قرارداد E202 از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده است 0:

تعاریف Provisions

الزامات و دستورالعمل‌ها Protocols

سطح جزئیات LOD

المان‌های مدل Model element

در قسمت تعاریف، همه تعریف‌های لازم اعم از تعریف سطح جزئیات مدل، استفاد کنندگان از مدل[۸۶] ، ایجاد کننده یا مالک مدل و هر آنچه لازم است تعریف و معنی مشترکی بین طرفین داشته باشد ذکر می‌شود. در بخش دوم قرارداد، الزامات و دستورالعمل‌ها، مواردی چون الزامات مدل‌سازی به منظور یکسان‌سازی شیوه مدل سازی بین همه افراد درگیر در پروژه و یا شیوه هماهنگی و یکپارچگی بین عوامل مالکیت و مدیریت مدل که در این فرمت قراردادی بر عهده مشاورمی باشد مشخص می‌شود. موارد مهم دیگری همچون شیوه پیاده‌سازی برخی ازخدمات BIM مانند شناسایی تداخلات[۸۷]، یکپارچه سازیِ مدلِ عوامل مختلف، نامگذاری و آدرس ذخیره‌سازی مدل‌ها نیز در این بخش مشخص می‌شود. در بخش سوم، سطح جزئیات مدل به طور کامل تعریف می شود به این معنی که مشخص می شود هر سطحی از جزئیات چه تعریفی دارد و چه کاربردهایی با چه سطح دقتی باید داشته باشد. در این فرمت قراردادی ۵ سطح جزئیات برای مدل تعریف شده است LOD500, LOD400,LOD300 (LOD200, LOD100). به عنوان مثال؛ بیان می شود که مدل با سطح جزئیات ۲۰۰ با ابعاد، سایز و شکل حدودی مدل می‌شود و برای آنالیزهای اولیه مانند آنالیز قیمت و یا انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بخش چهارم این فرمت قراردادی به موضوع المان‌های مدل پرداخته می‌شود. هر المان در مدل، در هر فازی از پروژه باید با سطح جزئیات مشخصی مدل شود و فرد مشخص در سازمان پروژه مسئول مدل‌سازی با این سطح جزئیات می‌باشد بنابراین این موضوع در جدولی مطابق شکل ۱ مشخص می شود.

---

[86] - Model User
[87] - Clash Detection

Model Elements Utilizing CSI UniFormat					LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA
A SUBSTRUCTURE	A10	Foundations	A1010	Standard Foundations								
			A1020	Special Foundations								
			A1030	Slab on Grade								
	A20	Basement Construction	A2010	Basement Excavation								
			A2020	Basement Walls								
B SHELL	B10	Superstructure	B1010	Floor Construction								
			B1020	Roof Construction								

شکل۱- المان‌های مدل

در این جدول برای بررسی المان‌ها از ساختار شکست المان یونیفرمت[88] استفاده شده است و هر دو ستون تکرارشده در این جدول، سطح جزئیات و مسئول ایجاد کننده آن، مربوط به تاریخ پایان یک فاز یا مرحله از پروژه می باشد 0.

۳-۲- ساختار کلی و بخش‌های مختلف قرارداد تیپ ارائه شده توسط Consensus Docs 301

قرارداد Consensus Docs 301 از ۵ قسمت اصلی تشکیل شده است 0:

تعاریف (Definition)

مدیریت اطلاعات (Information Management)

برنامه اجرایی BIM (BIM Execution Plan)

تخصیص ریسک (Risk Allocation)

حق مالکیت مدل (Intellectual Property Rights in Models)

در بخش اول قرارداد، تعاریف مطرح در پروژه به طور کامل ذکر می‌شود و تنها محدود به تعاریف BIM و مدل سازی نیست در قسمت دوم همه مسائل مهم مربوط به مدیریت اطلاعات مانند چگونگی اجرای فرآیند مدیریت اطلاعات، مسئول انجام آن، چگونگی ذخیره‌سازی اطلاعات، انتقال اطلاعات، تعریف کردن دسترسی‌های مختلف برای افراد مختلف و مواردی از این دست مطرح می‌شود. در قسمت برنامه اجرایی BIM مشخص می‌شود که جلسات لازم برای تنظیم سند BEP در چه زمانی و چه مدتی بعد از عقد قرارداد بین طرفین باید برگزار شود زیرا زمان تنظیم این سند حدود یک ماه بعد از قرارداد می‌باشد و شیوه تنظیم آن اینگونه است که عوامل طی جلساتی مواردی که معمولا در قرارداد در قالبی کلی مطرح می شود بررسی کرده و این موارد طی این جلسات جزئی‌تر شده و در سند BEP ذکر می‌شود. این سند طبق قرارداد شامل بندهای زیر می باشد:

مشخصات طرفین قرارداد، چه مدلی در چه زمانی و با چه سطح جزئیاتی باید تحویل داده شود، برنامه زمان بندی تحویل مدل‌ها، محدوده مدل سازی پروژه، چگونگی نام‌گذاری و ذخیره‌سازی فایل‌ها، الزامات مدل‌سازی، نرم افزارهای مورد استفاده، فرمت‌های ذخیره‌سازی و انتقال مدل وسایر اسناد پروژه و ... . در بخش تخصیص ریسک میزان مسئولیت و ریسک هر یک از عوامل مشخص می‌شود و قطعا در تخصیص ریسک عادلانه باید میزان مسئولیت افراد در آن زمینه به عنوان مثال مدل سازی مشخص باشد.

همچنین دسترسی سایر افراد به آن مدل هم مشخص بوده و سپس به تخصیص ریسک بپردازیم. در قسمت آخرقرارداد حق مالکیت مدل، نوع و میزان مالکیت مشخص می شود.

---

88 - CSI Uniformat

۳-۳- مقایسه ساختار کلی دو قرارداد تیپ بالا

در جدول ۲ تفاوت‌های مهم دو فرمت قراردادی بالا را خلاصه شده است 0:

جدول۲- فرمت قراداد ConsensusDOCS 301 و 2008- AIA E202

مهم و متفاوت در دو فرمت قراردادی	ConsensusDocs 301	AIA E202
تعریف شدن انواع مختلف مدل برای اهداف مختلف(مدل طراحی، مدل ساخت،...)		
مدیریت اطلاعات		
استفاده از برنامه اجرای BIM (BEP) علاوه بر قراداد		
مشخص کردن المان های ساخت با جزئیات کامل		
تعریف دقیق سطح جزئیات(LOD)		
مشخص کردن مدل ساز هر المان در هر سطحی از جزئیات		
مشخص کردن دقت ابعاد		
برای کاهش پیامد های ریسک BIM را بیمه میکند [13]		
مجوز استفاده از مالکیت طرح		
واگذاری مدیریت مدل (واگذاری مسئولیت)		

۴- مسائل حقوقی و قراردادی مرتبط با BIM

ذکر موارد زیر در قرارداد بیـم ضروری است: ۱. مالکیت مدل ۲. مدیریت مدل ۳. سطح جزییات مدل در هر فـاز یا مرحـله[۸۹](جدول شماره ۳) ۴. برنامه ریزی اجرای بیم[۹۰] ۵. تخصیص ریسک ۶. روش پاداش و جریمه 0. مدیریت پروژه های ساخت، روز به روز سخت تر و پیچیده تر می‌شود. یکی از این پیچیدگی ها وابستگی های داخلی چند جانبه بین ذینفعان مختلف مانند اعضای تامین مالی، صاحب نظران، معماران، مهندسین، پیمانکاران، وکلا، تامین کنندگان است. طراحان و پیمانکاران همواره در معرض فشار فزاینده ای از سوی کارفرما برای تحویل هرچه زودتر پروژه، به دلیل مسائل مرتبط با بازار سرمایه بوده‌اند. و این مسائل همواره باعث بروز دعاوی و اختلافاتی بین عوامل پروژه می‌شود. یک راه حل مناسب برای پیش گیری از بروز این دعاوی اجباری کردن برخی مسائل در قرارداد است.

با توجه به تغییراتی که BIM در سازمان پروژه و سطح تکنولوژیکی آن ایجاد می کند قطعا موارد حقوقی مرتبط با پیاده سازی آن هم در پروژه مطرح خواهد شد این موارد حقوقی شامل موارد زیر است :

89 - LOD(level of detail)
90 - BEP (BIM execution plan)

جدول-۳- سطح جزییات مدل در هر فاز [10]

سطح جزییات	توضیحات
LOD 100	اجزا مدل بصورت گرافیکی و در سطحی ساده بوسیله سمبل ها و یا سایر نشانگر ها ارایه می شوند، اما نیازهای سطح ۲۱۱ را برآورده نمی سازند .اطلاعات مربوط به اجزای مدل (همانند هزینه نهایی برای هر مترمربع، خصوصیات سیستم تهویه و)... بصورت غیرمستقیم و با تحلیل سایر اجزا امکان پذیر است
LOD 200	اجزا بصورت مدل گرافیکی با خصوصیات دقیق تر شامل ابعاد حدودی، مشخصات عملکردی، مشخصات مصالح و .... در این سطح عرضه می شود .اطلاعات غیرگرافیکی نیز قابلیت پیوست شدن به مدل را دارند
LOD 300	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می شوند . .اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند.
LOD 350	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می شوند. .اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند .در این سطح، ارتباط اجزا با سایر اجزای ساختمان قابل مشاهده است.
LOD 400	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می شوند واطلاعات جانبی کامل همچون شیوه نصب، خصوصیات اتصالات، خصوصیات قطعات و ...نیز در مدل وجود دارد . اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند.
LOD 500	مدل ارایه شده در این سطح، بصورت میدانی برای اجرا مورد تایید است وبیان کننده دقیق ترین اطلاعات در مورد اجزای مختلف به همراه اطلاعات کامل در مورد آن می باشد .کلیه اطلاعات غیرگرافیکی مورد نیاز نیز به مدل پیوست شده است.

۴-۱-هزینه ها

این قسمت به هزینه های پیاده‌سازی بیم برمی گردد به این معنی که از نظر هزینه‌ای هم سخت افزاری و هم نرم افزاری بیم چه هزینه‌هایی دارد و چه کسی مسئول پرداخت این هزینه‌هاست و همینطور ریسک افزایش هزینه بیم در پروژه به خصوص در مرحله طراحی نسبت به پروژه ای بدون پیاده سازی بیم، بر عهده چه کسی است.

۴-۲-شرایط قراردادی

منظور از شرایط قراردادی مواردی مثل شرح عوامل پروژه و روابط بین آنها می باشد و یا اینکه مدل در چه زمانی با چه سطح اطلاعاتی و توسط چه کسی تحویل داده میشود و ریسک و خسارت عدم آمادگی به موقع مدل با چه کسی می باشد. یک مسئله مهم دیگر چگونگی مدیریت ارتباطات در پروژه و ابزار مورد استفاده در این حوزه می باشد. که معمولا ارتباطات الکترونیکی و مجازی بین عوامل وجود دارد.

۴-۳-امنیت اطلاعات

با توجه به ارتباطات و هماهنگی و همکاری گسترده بین عوامل، عنوان امنیت اطلاعات موضوعی مهم در پروژه‌های بیم محور است؛ به عنوان مثال اطمینان از این موضوع که اطلاعات و مدل دستکاری نشود و از بین نرود امری مهم محسوب می‌شود.

۴-۵-حق مالکیت

حق مالکیت اطلاعات و مدل از نگرانی‌های بزرگ ذینفعان پروژه های بیم محور می باشد.

۴-۶-بروز اختلاف در زمان و هزینه ساخت مدل

یکی از مواردی که برای کارفرما و مالک طرح بسیار مهم است، اتمام طراحی و شروع اجرا در زمان و هزینه مقرر است. در برخی موارد به دلیل خصوصیات مدل های BIM و پیچیدگی های مرتبط، ممکن است به دلایلی انجام پروژه از زمان و هزینه مورد توافق فراتر رود. با توجه به ارزش زمان و بودجه بندی پروژه، این مورد ممکن است منجر به بروز ادعا از سوی کارفرما گردد.

۴-۷-محرمانه بودن اطلاعات

موضوع محرمانه ی قرار داد و یک مدل BIM شامل اطلاعاتی ارزشمند برای رقبا است و این اطلاعات در هنگام شرکت در مناقصات بزرگ، قیمت زیادی پیدا می کند .همچنین ممکن است پروژه تحت طراحی، مربوط به اماکن مهمی همچون طراحی فرودگاه ها، اماکن مهم دولتی و نظامی، بیمارستان ها، زندان ها وسایر اماکن دارای جنبه امنیتی بوده و حفظ و سری بودن اطلاعات طراحی و دسترسی کنترل شده به مدل اهمیت فراوانی پیدا می کند. این موضوع مکتبی قانونی است که قواعد حقوق مربوط به شخص ثالث را تعیین میکند. که به موجب آن شخص ثالث حق ندارد شرایط قرارداد را بر دو طرف همان قرارداد اجبار نماید. عده ای حدس میزنند از انجایی که چندین گروه روی یک مدل بیم کار میکنند . مسولیت قانونی بین طرف های قرار داد مبهم و ناواضح میشود.

۴-۸-بروز اختلاف در جزییات مدل

با توجه به اینکه مدل های BIM مدل های غنی از اطلاعات به شمار می روند، گستره این اطلاعات می تواند بسیار متغییر باشد .درصورت عدم توافق برسر حدود گسترش مدل، با نزدیک شدن به فازهای پایانی پروژه، کارفرما به احتمال بسیار زیاد، با توجه به شرایط پروژه درخواست جزیی تر شدن و غنی تر شدن مدل را خواهد کرد که برای گروه طراح هزینه بر و زمان بر خواهد بود. از آنجایی که کارفرما انتظار دارد عطف به قرارداد فی مابین مدل را بصورت کامل تحویل بگیرد، اما درجه این تکامل مشخص نشده است، این ابهام می تواند به بروز اختلافات بسیار جدی و بروز دعاوی قانونی بیانجامد.

این موارد را می توان مشکلات مباحث قراردادی عنوان کرد که در این راستا چندین روش و راهکار برای جلوگیری از این مشکلات مطرح خواهد شد.

۵-راه های پیشگیری از بروز مشکلات قانونی

۵-۱-پروسه ها و پروتکل ها

پیاده سازی BIM در دو سطح بیان میشود که عبارت است از: توصیف پیاده سازی فنی واقعی و فرایندهای قراردادی همانند جریان های کاری بالا ، که بررسی گردید 0. به عنوان مثال، مسئولیت ها و پروتکل های مختلف برای یکپارچه سازی BIM، اطمینان حاصل می کند که این فرایند به نحوی کارآمد مدیریت می شود. این امر شامل یک ساختار ارتباطی واضح برای تایید الزامات و تغییر پروژه است. در نهایت، طرح اجرایی را می توان به عنوان یک سند قرارداد ارزیابی کرد، همچنین فردی مسئولیت مدیریت مدل و ارتباطات را برعهده گرفته و به عنوان فردکلیدی، بین طراحان و مالکان و سایر ذینفعان ارتباط لازم به همراه اطلاعات دقیق را برقرار کند .این موارد را میتوان تحت نظامی به نام پروتکل BIM طراحی نمود. قدرت و مسئولیت های مدیر BIM و همچنین چگونگی ارتباط او با تیم طراحی از یک سو و مالکین و سایر ذینفعان می‌بایست در قالب یک پروتکل مشخص شود. نیاز به این پروتکل هنگامی که مدیر می بایست تعویض شود بیشتر خودنمایی می‌کند. مدیر جدید می‌بایست بدون کوچک‌ترین مشکل و ابهامی کلیه مسئولیت ها و اختیارات خود را شناخته و مدیریت مدل را ادامه دهد.

۵-۲-قابلیت همکاری

همانند پروتکل ها و فرآیندها، قابلیت همکاری می تواند در سطح فنی و عملیاتی توصیف شود. با توجه به نگرانی های بخش AECدر مورد سازگاری محدود نرم افزار، قابلیت همکاری بین سیستم ها یک مسئله قانونی محسوب می شود. یک امر مهم در دستیابی به قابلیت همکاری، توصیف روند انتقال داده بین ذینفعان پروژه و اختصاص مسئولیت در مدیریت، نظارت و حسابرسی در این فرایند است. الزامات واقعی سازگاری فن آوری می تواند در طرح اجرایی BIM اشاره شود.

۵-۳-قوانین و مقررات قضایی

بخش AEC استرالیا توسط ترکیبی از قوانین و مقررات فدرالی و ایالتی که در تمام جنبه های فرآیند ساخت و ساز استفاده می شود، به شدت کنترل می شود. با در نظر گرفتن ارتباطات دیجیتال و تیم های پروژه ای که در کشور های جداگانه فعالیت می کنند، نخست باید مشخص گردد که کدام الزام و قانون قراردادی در هنگام استفاده از BIM باید در نظر گرفته شود. این قرارداد نیاز به قرارداد الکترونیکی و ارتباط الکترونیکی دارد تا اطمینان حاصل شود پروژه در محیط دیجیتال عمل می کند. مسائل دیگری که باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از: "محرمانه بودن"، که به موجب آن قرارداد نمی تواند تعهدات یا حقوقی را به فردی که در خارج از قرارداد طرفین واقع است، اعمال سازد. علاوه بر این، مشخص کردن سطح وابستگی یا توانایی دیگران برای تکیه بر اطلاعاتی که در مدل ها شامل نشده است، می‌بایست مورد توجه قرار گیرد 0. در نهایت، برای پروژه های بخش عمومی، جزئیات مربوط به نحوه ذخیره سازی اطلاعات پروژه می‌بایست در یک قالب که می تواند به راحتی در آینده مورد بازدید قرار گیرد، ارائه گردد.

۵-۴-مسئولیت حرفه ای

جبران خسارت حرفه ای (PI) یک نگرانی عمده برای متخصصان طراحی درگیر در BIM ، به ویژه یک محیط مشترک است. به طور پیش فرض، متخصصان مسئول مشارکت طراحی غیر حرفه ای، از جمله تغییرات خودکار توسط نرم افزار هستند. همچنین، بعضی از حوزه های قضایی تعیین کردند که متخصصین معتبر، مسئول فرایند طراحی باشند. بنابراین، حق وکالت به افراد غیر حرفه ای، قراردادی های فرعی و اثر نرم افزاری که به صورت خودکار به روز می شود باید مورد توجه قرار گیرد.

۵-۵-سازمان بخش دولتی

نظارت های قانونی معمولا مستلزم ارائه سند پروژه به آژانس های مختلف دولتی برای تصویب می باشند. بسیاری از این سازمان ها، مجهز به پردازش مدل های دیجیتال نیستند و از این رو مستلزم بررسی و تایید به صورت دستی می باشند. علاوه بر این، این قانون برای تصویب نامه های کتبی که دارای مهر و مشخصات است می باشد. در نهایت، نمایندگی ها/سازمان ها از اسناد مهر شده به عنوان مرجع برای بازبینی های انطباق در طول ساخت و ساز استفاده می کنند و ممکن است بین مدل دیجیتال، برنامه ها و دنباله واقعی آثار اختلافاتی وجود داشته باشد.

۵-۶-تخصیص ریسک

یک امر قانونی، تخصیص ریسک بین ذینفعان مختلف پروژه است. یک ریسک ذاتی برای طراح جهت مستند سازی پروژه در BIMوجود دارد و سپس مدل دیجیتال به پیمانکار برای استفاده به عنوان پایه ای برای ساخت و ساز توزیع می شود. تکمیل این مدل مستلزم تلاش زیاد در ازای پاداش بسیار اندکی می باشد. قرارداد مبتنی بر رابطه اجازه می دهد تا این ریسک به

صورت عادلانه به تمام متقاضیان پروژه نسبت داده شود و این بدان معنی است که حداکثر مزیت استفاده از BIM بدست می‌آید. در نهایت، یک بیمه ریسک پروژه مناسب برای پوشش خطرات و بدهی های مختلف توصیه می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

تاکنون مطالعات گسترده‌ای درباره منافع پیاده‌سازی BIM در پروژه‌ها صورت گرفته است اما به منظور دستیابی به این منافع در پروژه‌ها باید زمینه‌هایی محیا شود یکی از این زمینه‌ها بستر قراردادی مناسب می باشد. با عقد قرارداد مناسب ضمن شفاف سازی بسیاری از موارد از جمله محدوده پروژه و مسئولیت‌های هر یک از عوامل در پروژه، از بسیاری از اختلافات آتی جلوگیری خواهد شد.

یکی از ویژگی‌های پروژه پیچیدگی آن به علت منحصر به فرد بودن آن می‌باشد. پیاده‌سازی BIM در پروژه هم با پیچیدگی هایی همراه است در این مقاله سعی شده این پیچیدگی‌ها و موارد مهم از دیدی حقوقی_قراردادی بررسی شود بنابراین ضمن بررسی موارد حقوقی_قراردادی مهم که تا کنون در تحقیقات مختلف بررسی شده است دو مورد از فرمت‌های قراردادی مهم و پرکاربرد نیز بررسی شده و به اختصار معرفی شده‌اند. اگر در پروژه‌ها با در نظر گرفتن این موارد مهم وبا الگو قراردادن فرمت-های قراردادی موجود قراردادها تنظیم شود قطعا به منافع بیشتری از BIM دست خواهیم یافت و پروژه با موفقیت بیشتری به سرانجام خواهد رسید. در ادامه این مقاله می توان به بررسی عمیق موارد حقوقی_قراردادی در زمینه فرمت‌های قراردادی عمرانی در ایران پرداخت.

منابع و مراجع

EATMAN , Ch., Sacks, R., Liston, K., 2011, BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Second Edition.

Crotty. R, 2012, “the impact of Building Information Modeling, transforming construction”, Spon Press.

Keung, C. and Shen, L., (2013). “Measuring the Networking Performance for Contractors in Practicing Construction Management”. Journal of Management in Engineering, 29(4), pp.400-6

Loots, P. and Charrett, D., 2009. Practical guide to engineering and construction contracts. CCH Australia Ltd.

Hughes, W. and Greenwood, D., 1996. The standardisation of contracts for construction. International Construction Law Review [Accessed 28 March 2011].

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K., 2011. “BIM handbook a guide to building information modeling for owners managers designers engineers and contractors”. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

ConsensusDOCS. (2008b) ConsensusDOCS 301: “Building Information Modeling (BIM) Addendum”. Lower R.H., & Muncey, J. M. (2008b). The ConsensusDOCS 301 BIM Addendum (Forum on the Construction Industry, Trans.): American Bar Association.

US AIA (2008) Document E202 – 2008 “Building Information Modeling Protocol Exhibit” . American Institute of Architects.

McGraw, Hill Construction. (2012) “Smart Market Report The Business Value of BIM for Infrastructure”

D. Mcnell, (2010) “Building Inforamtion Modeling,” InfoComm International.

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012) “Building Information Modeling (BIM)”: Now and Beyond. Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12 (4), 15.

Abdirad. H., 2015, Advancing in Building Information Modeling (BIM) Contracting: Trends in the AEC/FM Industry, AEI Journal

McAdam, B., (2010). “Building information modelling: the UK legal context”. International Journal of Law in the Built Environment, 2(3), pp.246-59.

Brad C. Parrott and Michael B. Bomba., (2010), “Integrated project delivery and building information modeling”: A new breed of contract, PCI Journal

W. Sabo, "3 Legal Issues to Consider When Designing Projects with a BIM Workflow," Nemetscheck Vectorworks, 21 July 2014.

Manderson, A., Jefferies, M. and Brewer, G., (2015). “Building information modelling and standardised construction contracts”: a content analysis of the GC21 contract, Construction Economics and Building, 15(3), 72-84.

Greenwood, D., Lewis, S. and Lockley, S., (2010). “Contractual issues in the total use of building information modelling”. In: W113 - Special Track 18th CIB World Building Congress. Salford, United Kingdom, 10-13 May 2010

Amor, R. and Faraj, I., (2001). "Miconceptions about integrated project databases". Journal of Information Technology in Construction. [Accessed 20 January 2010].

Bailey, I. and Bell, M., (2011). “Construction law in Australia”. 3rd ed. Sydeny: Thomson Reuters (Professional) Australia Ltd.

Ashcraft, H., (2008). “Building information modeling: Framework for collaboration. The Construction Lawyer . Accessed 14 March 2011.

Allen, G. and Helms, M., (2006). “Linking strategic paractices and organizational performance to Porter's generic strategies”. Business Process Management Journal, 12(4), pp.433-54.

Anumba, C.J. and Ruikar, K., (2002). “Electronic commerce in construction-trends and prospects”. Automation in Construction, 11(3), pp.265-75.

پیاده سازی بیم و بررسی فرهنگ و رفتار سازمانی با تکیه بر تجارب شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب

سهیل قادری[۱،*] ، علی بهروزی[۲]

*۱ و *- نویسنده مسوول: کارشناسی ارشد، معماری گرایش معماری، دانشگاه EMU، قبرس*
(Ghaderi.arc@gmail.com)

۲ - کارشناسی، عمران گرایش عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج
(ali.behroozi@gmail.com)

چکیده

اگر چه در سال های اخیر واژه بیم و مدلسازی اطلاعات ساخت و کاربرد آن در صنعت ساختمان مورد توجه افراد قرار گرفته است اما در واقعیت ، این موضوع هنوز بسیار نا آشنا و مبهم است. این مقاله در قدم اول به مطالعه موضوع بیم و نقش و هدف آن در پروژه های ساختمانی می پردازد. و پس از آن به طور خلاصه به بررسی مراحل بیم و به خصوص فرهنگ و رفتار (culture and behavior) بر اساس آیین نامه های معتبر جهانی می پردازد. و در آخر به بررسی پیاده سازی بیم در پروژه های شرکت سرمایه گذاری مسکن ، به عنوان یکی از برترین هلدینگ های ساخت و ساز در ایران می پردازد. این مقاله تلاش به ارزیابی بیم در شرکت هایی با وسعت بزرگ همچون شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب با هدف خلق ارزش در سازمان دارد تا در راستای ایجاد یک الگو و چهارچوبی کارآمد برای پروژه های مشابه توسط شرکت های مشابه در سطح کشور، نقش مثبتی داشته باشد.

واژگان کلیدی: بیم ، فرهنگ سازمانی ، رفتار سازمانی ، مهندسی ارزش ، شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب

۱- مقدمه

در حال حاضر دانش مهندسی و صنعت ساخت و ساز با تغییرات و چالش های تکنولوژیکی و نهادی بسیار زیاد، از جمله گسترش فناوری اطلاعات و استفاده مناسب از شیوه های نو ، جدید و پایدار روبرو است. مهندس و معمار قرن بیست و یکم باید قادر به همگامی با سرعت سریع تغییرات تکنولوژیکی باشد که در این راستا به راه حل های چند رشته ای نیاز است. بیشتر پروژه های پیچیده در صنعت ساخت و ساز شامل همکاری های چند جانبه و تبادل مجموعه داده های بزرگ ساختمان می شوند. به طور سنتی، تلاش های همکاری در سراسر رشته ها بر مبنای تبادل مکرر نقشه ها و اسناد دو بعدی است.در سال های اخیر تعدادی از برنامه های سازگار با BIM مانند ابزارهای تجزیه و تحلیل، چرخه مدل و برنامه های مدیریت امکانات در حال توسعه هستند.

تجارب نشان داده است که اجرای BIM هنوز برای صنعت ساخت و ساز در کشور ایران به عنوان یک مبحث جدید و ناشناخته محسوب می شود. بلوغ و پذیرش BIM عمدتا به کارفرما ، سرمایه گذار یا مالک در پروژه های ساختمانی بستگی دارد. کارفرماهای بخش عمومی غالبا معتقدند که بازار برای پذیرش بیم BIM آمادگی کافی را ندارد و از افزایش هزینه های پروژه ابزار نگرانی می کنند . علاوه بر این ، اگر پیمانکار در مرحله طراحی در یک پروژه حضور نداشته باشد یا بخشی از جریان نباشد، BIM قدرت محدودی خواهد داشت که این خود بخشی از چالش انتخاب بهترین روش برای دستیابی به یک پروژه مطلوب می باشد . این مقاله به توصیف و شفاف سازی بیم و نقش کلیدی آن در پیاده سازی در شرکت و تیم های ساخت و ساز با رویکرد فرهنگ و رفتار می پردازد.

۲- بیم چیست؟

بیم به معنی مدل سازی چند بعدی یا مدیریت چند بعدی اطلاعات ساختمان می باشد. بیم می تواند نمایشی از اطلاعات مربوط به وظایف و فعالیت های مختلف از مرحله ابتدایی طراحی و مدیریت ساخت تا مرحله بهره برداری را به همراه داشته باشد. این اطلاعات مربوط به کل چرخه حیات پروژه، از مرحله مطالعات توجیهی تا طراحی مفهومی، مطالعات فاز اول و دوم، تدارکات، ساخت و نصب، راه اندازی، دوره بهره برداری و حتی پایان آن می باشد.

در زیر به تعدادی از مزایای بهره وری از روش بیم می پردازیم.

a. کاهش یافتن هزینه ها و ریسک نهائی کارفرمایان، پیمانکاران، مهندسین و البته طراحان.
b. کاهش هزینه و زمان ساخت و افزایش کیفیت تولید ساختمان .
c. افزایش بهره وری و کاهش هزینه ها در مرحله اداره و بهره برداری از پروژه.
d. با توجه به در دسترس بودن اطلاعات همگون از پروژه امکان اتخاذ و اِعمال تصمیم گیری های سریع تر و صحیح تر را ایجاد می کند.
e. کاهش در هزینه های مطابقت پروژه با استانداردهای طراحی، ساخت و بهره برداری.
f. افزایش ایمنی.

تفاوت عمده مدل بیم با یک مدل سه بعدی متعارف دو بعدی کَد، ذخیره اطلاعات مهم کل فرآیند ساخت با تمام اجزاء آن می باشد. این اطلاعات شامل مواردی از قبیل مشخصات مصالح (وزن، رنگ، اندازه، میزان مقاومت در برابر حریق و ...)، راهنمای

نصب و مونتاژ، خدمات گارانتی محصولات، الزامات نگهداری و تعمیرات، اطلاعات قیمت اجزاء و .... خواهد بود. بیم به عبارت فنی یک مدل کَد است که به یک پایگاه داده متصل می باشد، به نحوی که هر گونه اطلاعات مربوط به پروژه را می توان در آن ذخیره کرد. بنابراین بیم به عنوان یک منبع مشترک اطلاعات بین کل تیم طراحی و اجرائی ساختمان، عمل می کند. نتیجه این یکپارچه سازی اطلاعات، افزایش هماهنگی، کاهش خطاها و ضایعات و نهایتاً افزایش کیفیت کار می باشد (تصویر شماره۱).

بیم بصورت هوشمند عوامل دو بعدی و سه بعدی که در طراحی یک ساختمان نقش دارند را به همراه عوامل خارجی مانند موقعیت جغرافیایی و شرایط طراحی بومی بصورت یک پایگاه اطلاعاتی ترکیب می کند که منبع واحد و یکپارچه ای را برای کلیه اطلاعات مربوط به آن ساختمان فراهم می نماید. "هوشمندی" اطلاق شده به عوامل ، شامل اطلاعات گرافیکی و غیر گرافیکی ای می شود که به معمار، طراحان تاسیسات ساختمانی و پیمانکاران توانایی نمایش روابط کارکردی و ژئومتری بین عناصر ساختمان را می دهد.

بیم به صورت تیمی Team Work و در مرحله پیاده سازی اولیه در قالب یک پروژه پایلوت BIM Pilot Project و آزمایشی انجام می شود که ترجیحا وجود فیزیک و واقعیت اجرای پروژه الزامی می باشد و برای دست یابی به تمامی مزایای بیم در پروژه ترجیحا تیم باید از تخصص های متنوعی نظیر فاز صفر ، قراداد و مدل پروژه ، معماری ، سازه ، تاسیسات ، کنترل پروژه ، فناوری و تکنولوژی اطلاعات و سایر شاخه های وابسته به پروژه تشکیل شده باشد تا با اشتراک گذاری تجارب ، مشکلات و درخواست های جدید با هدف افزایش بهره وری بیم را در سازمان یا پروژه پیاده سازی کنند(تصویر شماره ۲).

اولین گام برای تشکیل تیم یا دفتر بیم BIM تبیین استراتژی و نقشه راه و انتخاب راه کارهای بیم BIM Solution می باشد . راه کارهای بیم در بخش های تئوری و نرم افزاری و فنی و اجرایی و سایر بخش ها دسته بندی می شود . در زیر قدم های پیشنهادی برای تشکیل یک گروه بیم ارائه گردیده است:

A. بیم چیست و چراهای بیم و دلایل استفاده از بیم BIM در پروژه ها
B. بررسی ائتلاف و یافتن راه کارهای اولیه برای تیم
C. بررسی روشهای واگذاری پروژه و ساخت
D. آموزش مفاهیم بیم
E. آموزش نرم افزارهای بیم در قالب پروژه پایلوت در بخش های معماری ، سازه ، تاسیسات و کنترل پروژه
F. پیاده سازی بیم در بستر تکنولوژی اطلاعات و اشتراک گذاری
G. بهره برداری از مزایای بیم
H. تولید روند و پروسه پایه در پروژه جاری یا آتی
I. تولید تمپلیت Template و استانداردهای مورد نیاز سازمانی و پروژه ای برای بیم.

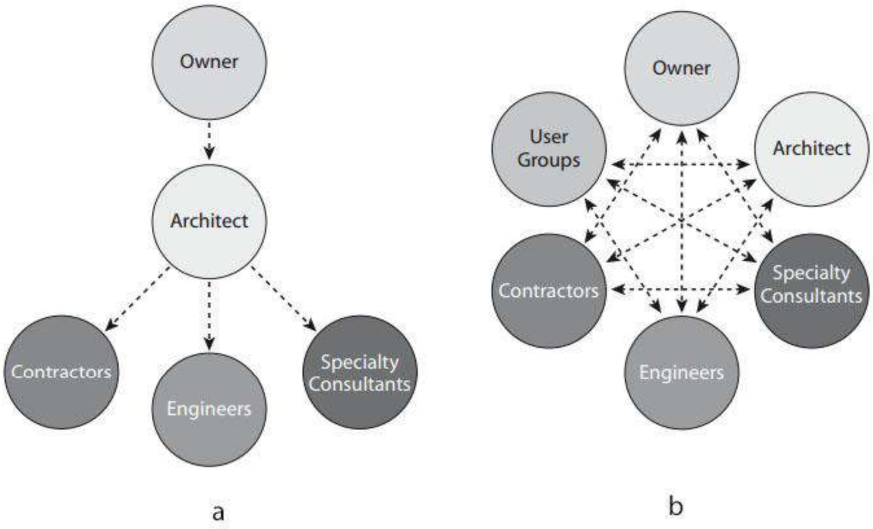
به طور کاملا خلاصه می توان در اینجا به سه عامل مهم در موفقیت بیم BIM اشاره کرد:

a. پیاده سازی فرهنگ بیمBIM Culture
b. پیاده سازی پروسه و استراتژیBIM Process and Strategy
c. پیاده سازی تکنولوژی – نرم افزارهای بیم ، سخت افزار و امکانات جانبی BIM Technology

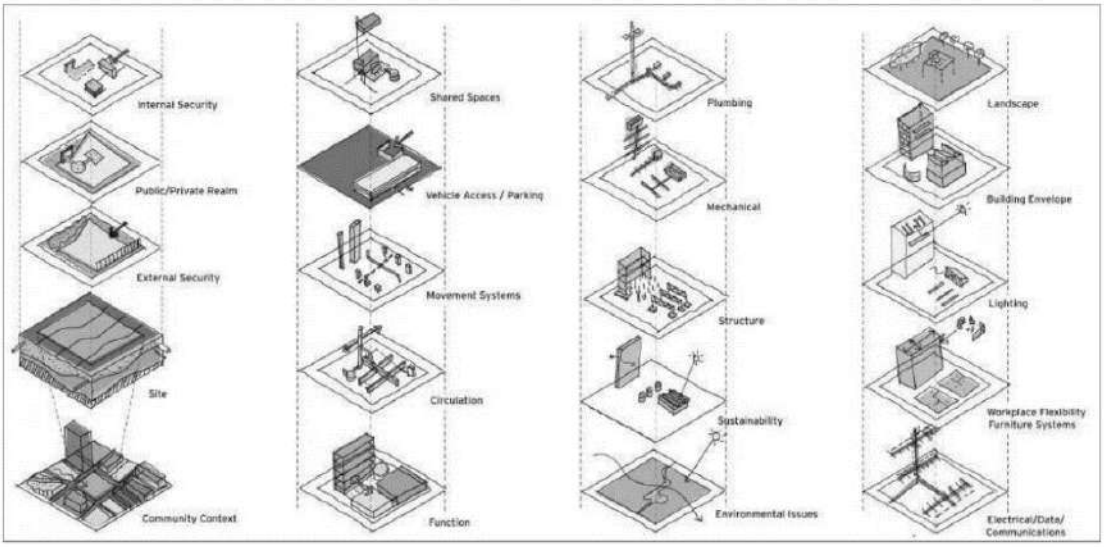
قابل توجه می باشد که درکلیه نرم افزارهای بیم از جمله رویت Revit یا آرشیکد Archicad ، مدلسازی به صورت دو بعدی و سه بعدی(تصویر شماره ۳) همزمان و یکپارچه، انجام می شود. از این رو نرم افزار رویت Revit در سالهای اخیر

بسیار مورد توجه شرکتهای معماری و طراحی و ساختمانی در سراسر دنیا قرار گرفته است. در زیر به تعدادی از مزایای اولیه مدلسازی با یکی از نرم افزارهای مدلسازی سازه ، معماری و تاسیسات اشاره می کنیم:

a. دیتابیس محور و پارامتریک بودن المان و امکان اختصاص اطلاعات به هر یک از عناصر مدل
b. مدلسازی دو بعدی و سه بعدی همزمان
c. امکان ایجاد برش و نما و پرسپکتیو به صورت خودکار
d. امکان اختصاص متریال و نورپردازی و رندرگیری سریع و ساده
e. آنالیز اقلیم از لحاظ نور و سایه
f. شیت بندی سریع و ساده و به دلیل یکپارچه بودن شیت های تولیدی به مدل ها وابسته است.



تصویر شماره۱_ تحولی در روند پروژه/ مقایسه شیوه سنتیو قدیمی(a) با شیوه امروز (b)



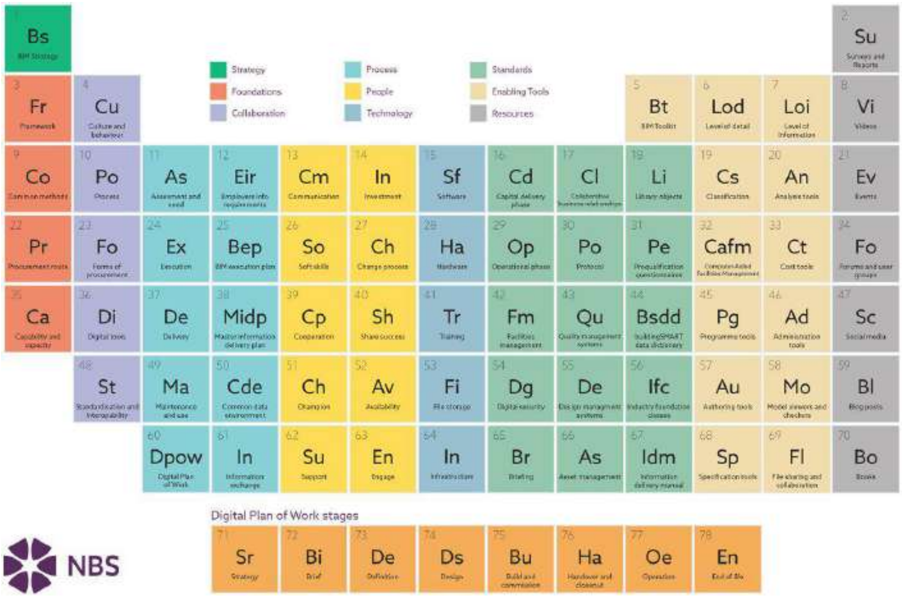
تصویر شماره۲_ مراحل اجرای یک پروژه

تصویر شماره ۳_ مدل سازی مجازی طرح و ساخت

۳- چالش بیم

یکی از چالش های بیم موفقیت در پیاده سازی بیم در سازمان ، پروژه یا تیم می باشد . از این رو انجمن و گروه های فعال در عرصه بیم در دنیا نظیر NBS به ارائه راه کارهایی برای پیاده سازی موفق بیم می نمایند . یکی از این چارت های پیاده سازی موفق بیم جدول پیاده سازی بیم NBS می باشد . هدف از جدول BIM، اجرای موفقیت آمیز BIM می باشد که

گروه را در رسیدن به هدف اصلی هدایت می کند (تصویر شماره ۴). این مقاله تلاش به بررسی و ایجاد دیدی جامع از ، نقش فرهنگ و رفتار (culture and behavior) سازمانی در پیاده سازی موفق بیم دارد.



تصویر شماره ۴_ جدول تناوبی BIM

۴- فرهنگ و رفتار(Cu)

بهترین تعریف در اجرایBIM ، در درجه اول، تغییر و مدیریت تغییر است. در این راستا بدون هیچ تردیدی، شناخت فرهنگ و رفتار موجود، برای دستیابی به نتایج موفقیت آمیز بسیار مهم است. تعریف بیم BIM به عنوان یک فرهنگ برای موفقیت یک تیم یکی از مهمترین مراحل پیاده سازی بیم BIM Implementation در سازمان ، شرکت ، پروژه یا یک تیم طراحی یا اجرا می باشد. هر چه بیشتر این فرهنگ گسترش یابد نتایج حاصل از بیم با موفقیت بیشتری همراه خواهد بود . بر اساس پیشنهاد پیاده سازی بیم از سوی NBS نیز ایجاد BIM Culture یا فرهنگ بیم یکی از مراحل پایه و اولیه می باشد. احتمالا منطقی ترین شیوه، شروع کردن با افرادی می باشد که تأثیر کلیدی دارند. این موضوع نشان می دهد که چرا تغییر لازم است. هدف اصلی، ایجاد انگیزه و هیجان کارکنان به جای ترساندن آنها به ارائه پایان کار است.

هر فرآیند تغییری احتمالا به درد خواهد خورد همانطور که منابع از مناطق موجود به سمت مناطق دیگر منتقل می شوند. ارزشمند ترین عمل در ابتدا تمرکز بر مناطق با تغییرات کوچک است که قابلیت به ارمغان آوردن نتایج بزرگ را همراه دارد. به طور کلی، شما باید در مورد هر دوجنبه، فواید نتیجه حاصل شده و مشکلات پیش آمده که احتمالا با آن روبرو هستند، واقع بین باشید. فرهنگ و رفتار (culture and behavior) ، چگونگی ارتباط بهتر با کارکنان را در تمام سطوح مورد بررسی قرار می دهد.

بدون پذیرفتن فرهنگ بیم ، تنها ابزاری جدید را به جمع ابزارهای قبلی افزوده ایم که گاها به دلیل ناشناخته بودن مفاهیم بیم مهجور و غیرکاربردی میباشد . عدم معرفی همین رفتار و فرهنگ بیم باعث معرفی بیم به عنوان یک یا چند نرم افزار کمک ترسیمی در پروژه ساخت و ساز شده است . با عدم پذیرش فرهنگ سازمانی بیم موفقیت بیم و بهره بردن از مزایای با ارزش بیم به حداقل رسیده و بیم به عنوان ابزاری غیرکاربردی تصور خواهد شد .

لیست زیر به مواردی کلی که در افزایش فرهنگ سازمانی بیم تاثیر مثبتی دارد اشاره دارد .

- پذیرش کامل از سوی مدیریت سازمان ، مجموعه ، تیم یا پروژه
- حمایت و پشتیبانی تیم بیم از سوی همه زیرمجموعه های سازمان یا پروژه
- برگزاری کارگاه و جلسات آموزشی منظم هفتگی و ماهیانه
- استفاده از مشاوران مجرب بیم در جهت برقراری ارتباط های کاری بین زیرشاخه های سازمان یا پروژه
- دخالت دادن هر چه بیشتر اعضای تیم بیم در تصمیم گیری های تاثیر گذار در پروژه با پشتوانه اطلاعات بیم

تصویر شماره ۵_ فرهنگ و رفتار سازمانی

۵-روش تحقیقاتی

روش تحقیقاتی و مبنای علمی در این مقاله، روش توصیفی (Descriptive Method)، تحقیق ارزشیابی می باشد. این مقاله به کمک روش تحقیقاتی توصیفی به ارزش‌گذاری درباره فوائد، مطلوب بودن یا مؤثر بودن فرایند بیم می‌پردازد. شرکت گروه سرمایه‌گذاری مسکن، بزرگ‌ترین انبوه‌ساز کشور بوده که در سال ۱۳۶۹ به همت بانک مسکن و با هدف پاسخگویی به نیاز مشتریان این بانک و الگودهی کیفیت ساخت و ساز و تولید ساختمانهایی با کیفیت در ایران تاسیس شد. در سالهای اخیر شرکت با همگامی با پیشرفت تکنولوژی به منظور چابکی بیشتر، اقدام به بازمهندسی ساختار و فرایندهای خود نمود که یکی از این موارد ایجاد واحد مدلسازی و مدیریت اطلاعات ساخت – بیم با رویکرد تولید ساختمانهایی با ارزش بالاتر با هزینه و زمان کمتر و کیفیت و چرخه حیات بالاتر می باشد .

شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب به عنوان واحد پیشگام در جنوب ایران اولین دفتر بیم را راه اندازی کرد . هدف و انتظار اولیه از بیم تولید اسناد اجرایی با رویکرد مختصات دقیق اجرایی و حذف اسناد اولیه دوبعدی و فاقد اطلاعات مورد نیاز بود اما با گذشت زمان نتایج زیر قابل مشاهده خواهد بود .

- ایجاد ارزش جدید در سازمان
- صرفه جویی انرژی و زمان در واحد فنی
- افزایش کیفیت ساخت و مدیریت زمان و هزینه
- ایجاد دید جامع از فاز ۰ تا فاز بهره برداری و چزخه حیات ساختمان
- بررسی میزان سودآوری پروژه های در دست بررسی

در خصوص پیاده سازی بیم و ایجاد دفتر تولیدکننده و بهره بردار از مدل های چند بعدی بیم موارد زیر بررسی و پیاده سازی شد . قابل ذکر است که پذیرش و پشتیبانی و حمایت مدیریت شرکت نقش بسیار مهم و کلیدی در پیشبرد اهداف بیم در شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب داشت .

۱. آشنایی اولیه با چالش های موجود پروژه های جاری و بررسی نقش بیم در رفع مشکلات
۲. تبیین استراتژی و پروپوزال پیاده سازی بیم و بررسی راه کارهای موجود در دنیا
۳. برگزاری جلسات توجیهی بیم برای تمامی بخشهای سازمان
٤. تشکیل تیم اولیه بیم
٥. آموزش راه کارهای نرم افزاری و برخورد با چالش های مدلهای چند بعدی بیم
٦. پیاده سازی زیرساخت های سخت افزاری و نرم افزاری و ارتباط چند سطحی بیم اعضای تیم در سازمان
۷. تعریف پروژه پایلوت با استانداردهای اولیه
۸. تبیین استانداردهای مورد نیاز و استاندارد سازی و تولید فرم و فرایندهای مورد نیاز
۹. تعیین چشم انداز و برنامه ریزی برای پیاده سازی بیم در تمامی پروژه های جاری شرکت
۱۰. آموزش و افزایش اگاهی و تقویت تیم بیم

مزایای کلان و خرد بیم به صورت تدریجی بخشی از دست یافته های موفق بیم در شرکت خواهد بود . در زیر بخشی از مزایای کلان و خرد بیم در شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب بیان شده است .

مزایای کلان

- همکاری تیمی و یکپارچی اطلاعات تولید شده
- دید جامع و کلی نسبت به تمامی زوایای پروژه
- افزایش بهره وری

مزایای خرد

- تولید اسناد اجرایی یکپارچه دو بعدی و سه بعدی و جداول اطلاعاتی دقیق
- جلوگیری از پرت مصالح ، دوبار کاری و ادعاهای غیرمنطقی پیمانکاران
- امکان ورود آگاهانه به فاز بهره برداری و گارانتی و خدمات ساختمان
- مارکتینگ قدرتمندتر در بازار به دلیل تولید ساختمانهایی با کیفیت بالاتر و قیمت های رقابتی

در حال حاضر پروژه های جاری از بعد دوم و سوم با افزوده شدن زمان و هزینه به مدل وارد بعد چهارم و پنجم شده و امید داریم در روزهای آینده ساختمانهای شش و هفت بعدی را شاهد باشیم .

۶- نتیجه

استفاده از بیم در سالهای آینده برای ماندن در رقابت بازار برای شرکتها و پروژه های ساخت ساز تبدیل به یک الزام خواهد شد . پس چه بهتر که همگام با پیشرفت این دانش در سراسر دنیا جامعه ساخت و ساز ایران نیز با بهره گیری از مدلسازی و مدیریت اطلاعات در تولید ساختمانهایی با کیفیت ، ایمن و قیمت مناسب تلاش نمایند . چه بسا که استفاده از بیم نقش موثر در کاهش هزینه و زمان تولید ساختمان داشته و این کاهش هزینه در اقتصاد مسکن در کشور عزیزمان ایران تاثیر مثبتی داشته باشد .

منابع و مراجع

[1] Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., & Sacks, R. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
[2] Hergunsel, M. F. (2011). Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling.
[3] Kim, H., Anderson, K., Lee, S., & Hildreth, J. (2013). Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology. *Automation in Construction*, *35*, 285-295.
[4] Latiffi, A. A., Mohd, S., Kasim, N., & Fathi, M. S. (2013). Building information modeling (BIM) application in Malaysian construction industry. *International Journal of Construction Engineering and Management*, *2*(A), 1-6.
[5] Smith, D. (2007). An Introduction to Building Information Modeling BIM. Journal of Building Information Modeling
[6] Thompson, D. B., & Miner, R. G. (2006). Building information modeling-BIM: Contractual risks are changing with technology. *WWW document] URL http://www. aepronet. org/ge/no35. html*.
[7] URL1: https://www.thenbs.com
[8] URL2: http://bimcenter.ir

آسیب های کنونی صنعت ساختمان کشور در طراحی و اجرای ساختمان و اثرات استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان بر کاهش هزینه و زمان

محسن پارسا[1,*]، مهدی کفایتی ملک آباد[2]، مینو ندافیان[3]

*۱ و *- نویسنده مسوول: کارشناس ارشد معماری دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد*
(mparsa57@gmail.com)

۲- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک دانشکده مهندسی دانشگاه بیرجند
(*Kefayati.mahdi@yahoo.com*)

۳- دانش آموخته کارشناسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
(minoo.arch@gmail.com)

چکیده

مقایسه زمان و هزینه ساخت ساختمان به ویژه در ساختمان های پیچیده امروزی، میان کشور ما با آنچه در کشورهای صنعتی انجام می شود، نشانگر ضعفها و آسیبهای بسیاری است که گریبانگیر صنعت ساختمان شده اند. این آسیبها در حوزه های بسیار متفاوتی قرار دارند از قبیل اقتصاد، برنامه ریزی، فرهنگ، تکنولوژی و ...، که خود در این مقاله نمی گنجد. این مقاله بر آسیبهای فنی و تکنیکی که خاصه در فرآیند طراحی و اجرای کالبد و تاسیسات یک ساختمان وجود دارند و زمان- هزینه تمام شده محصول نهایی را افزایش داده و کیفیت آن را کاهش می دهند، متمرکز خواهد بود. این آسیبها به کمک روشها و سیستم های تکنولوژی نوینی همچون مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) تا حد زیادی قابل رفع است. برای درک اثرات این سیستم نوین در صنعت ساختمان کشور، باید گفت که این مقاله به بررسی چالشها و کاستیهای کنونی این صنعت پرداخته است و سعی شده این هزینه های مالی و زمانی که صرف رفع این چالشها می گردد، اندازه گیری شود. سپس اثرات تکنولوژی بیم در رفع و یا کاهش این چالشها نیز با معیار زمان و هزینه مالی سنجیده شده و منافع آن در صنعت ساختمان آشکار می گردد. در این مطالعه مروری از جستجوی کتابخانه ای و اینترنتی و مطالعات میدانی جهت جمع آوری منابع استفاده شده است. نتیجه این پژوهش بیان می کند با اندازه گیری کمی و کیفی آسیبهای وارد بر ساختمان بر اساس هزینه و زمان سربار به طراحی و اجرای پروژه، و مقایسه آنها با آنچه با پیاده سازی سیستم بیم می تواند صرفه جویی شود، اثرات مثبت سیستم بیم بر صنعت ساختمان روشن می شود.

واژگان کلیدی: مدلسازی اطلاعات ساختمان، صنعت ساختمان کشور ایران، آسیب ها، هزینه های مالی، هزینه های زمانی، صرفه جویی

۱- مقدمه

امروزه ساختمان ها پیچیده تر و حساس تر از گذشته اند. موضوع پایداری در آنها مهم است، مقاومت و دوام آنها مورد توجه زیادی است و از همه مهمتر مسایل مربوط به بهره برداری و امنیت و شرایط کاربران آنها به موضوعی جدید و مورد توجه تبدیل شده است. صنعت ساختمان در ایران متاسفانه یک صنعت عقب مانده و توسعه نیافته است. اگر چه از ظاهر بسیاری از ساختمانهایی که در دهه های اخیر ساخته شده اند، چنین چیزی برداشت نمی شود، ولی با مقایسه آماری مانند عمر مفید ساختمان در ایران با کشورهای پیشرفته، این امر کاملا آشکار می شود. هزینه و زمان صرف شده برای ساخت نیز از معیارهایی هستند که با مقایسه با استانداردهای جهانی، بخشی از ناکارآمدی صنعت ساختمان را نشان می دهند.

۲- چالشهای تکنیکی طراحی و اجرایی ساختمان در صنعت ساختمان حال حاضر کشور

صنعت ساختمان در کشور ما و با روشهایی که در حال حاضر در آن جاری است، دچار آسیبهایی است که هر روزه کلنجار رفتن با آنها به دلیل پیچیدگی هر چه بیشتر ساختمانها و افزایش انتظارات و استانداردها، دشوارتر و پرهزینه تر می شود. این آسیبها در مرحله طراحی و اجرای ساختمان در چند دسته بزرگ اصلی جای می گیرند و همگی از تکنولوژی و گردش کار سنتی در صنعت ساختمان منتج می شوند و خود سرچشمه چندین چالش و مانع دیگر در فرآیند برنامه ریزی، طراحی، ساخت، و بهره برداری از ساختمان هستند. آنها به صورت کلی عبارت اند از:

۱- ایجاد تناقض و برخورد بین سیستمهای ساختمانی در نقشه ها
۲- ایجاد بروکراسی
۳- ناسازگاری میان فرمت های مختلف نرم افزاری
٤- عدم به روز رسانی اسناد و مدارک پس از تغییرات
۵- عدم امکان ارزیابی دقیق پروژه طی فرآیند طراحی و تصمیم گیری و تغییرات مداوم
٦- کاهش توان ساخت و مونتاژ قطعات خارج از سایت

در اینجا هریک از چالشهای عمده شش گانه شرح داده شده در بالا به صورت تفصیلی مورد بررسی قرار گرفته و اثرات سیستم بیم بر آنها ارزیابی می شود.

۲-۱- چالش نخست: ایجاد تناقض و برخورد بین سیستمهای ساختمانی در نقشه ها

در شیوه مرسوم، نقشه ها معمولاً به صورت دوبعدی تهیه می شوند و متخصصان گوناگون از رشته های مختلف مهندسی اعم از مهندسان سازه، معماری، تاسیسات مکانیکی، برق و... نقشه های مورد نیاز پروژه را تهیه می کنند. به دلیل اینکه از سویی سیستم های ساختمانها دارای پیچیدگی بسیاری هستند و از سویی دیگر هر یک از این سیستمها توسط یک گروه طراحی جداگانه طرح می شود، تناقضات و برخوردهای فیزیکی و ضابطه ای میان این سیستمها بسیار رخ می دهد. در این زمان تطابق نقشه های انجام می پذیرد تا این برخوردها (clashes) تا حد امکان یافته و حل شوند و وارد مرحله اجرا نگردند. البته به دلیل خطاهای انسانی باز هم برخی خطاها تا زمان اجرا از چشم مهندسان پوشیده می مانند. در زمان بروز اینگونه خطاها، علاوه بر طراحان و محاسبان و دستگاه نظارت، پیمانکاران اصلی و یا خرده پیمانکاران نیز درگیر شده و روند پروژه تحت تاثیر قرار می گیرد. ایراداتی که از این چالش نشات می گیرند عبارت اند از:

۱-۱-۲- دوباره کاری در مرحله طراحی

که به دلیل تداخل سیستمهای ساختمان و برخورد فیزیکی آنها با هم منجر به طراحی و ترسیم مجدد اسناد و نقشه ها می گردد و تغییرات ناخواسته ای را وارد طرح نهایی ساختمان می کند.

نحوه محاسبه هزینه و زمان: معمولاً تغییرات و اصلاحاتی که در مرحله طراحی توسط مشاور و به واسطه برخورد سیستمها ایجاد می شود، ۲۰ ٪ کل هزینه طراحی را شامل می شود. این میزان نسبت مستقیم با میزان پیچیدگی، وسعت و تراکم سیستمهای تاسیساتی ساختمان دارد. البته این هزینه تابعی از زمان صرف شده نیز هست و با آن نسبت مستقیم دارد چرا که هزینه های مربوط به هر روز بیشتر کار در کارگاه و یا دفاتر مرتبط را شامل می شود. بخشی از این هزینه ها نیز مربوط به پرداخت حق الزحمه مجدد به مهندسان مربوطه است، اعم از مهندسان طراح، اپراتورهای نرم افزار و همچنین ناظران. به علاوه، گاه برای جبران زمان دوباره کاری ها، ضرورت استخدام نیروهای جدید و یا قراردادهای پیمانکاری خارج از برنامه احساس می شود. میزان صرف زمان برای حل تناقضات سیستم های ساختمان در مرحله طراحی حدود ۳۵ ٪ ازکل زمان در نظر گرفته شده برای طراحی است[۹۱].

۲-۱-۲-دوباره کاری در مرحله اجرا

دوباره کاری در مرحله اجرا، در پی خطاهای انسانی و بی دقتی های حاصل از تعدد کاربران (که در شیوه سنتی و مرسوم برای پیشبرد سریع کار ضروری و بدیهی به نظر می رسد)، از قلم افتادگی ها و دوباره کاری ها با پیشرفت پروژه در اجرا اتفاق می افتاده است. این امر نه تنها موجب اتلاف هزینه و زمان نیروهای کاری از سوی پیمانکاران جزء و کل و در نتیجه فشارهای مالی بیشتر بر روی آنها و در نهایت سرمایه گذار پروژه است، بلکه بهم ریختگی و تاخیر در برنامه فیزیکی پروژه نیز می شود. از سویی دیگر خواه نا خواه کیفیت محصول پایین می آید.

عمده عواملی که باعث دوباره کاری در اجرا می شوند عبارت اند از:

- تداخل فیزیکی میان سیستمهای ساختمانی
- کمبود اطلاعات و اسناد اجرایی که باعث اجرای اشتباه می شود
- ناتوانی پیمانکار در درک درست نقشه و تفسیر اشتباه آن
- تغییر نظر کارفرما پس از اجرا
- تغییرات قیمت و یا دسترسی به مصالح در بازار که باعث تغییر در طرح می گردد

بخش دیگری از هزینه ها مربوط به مرحله اجرا است، در این مرحله هزینه ها شامل هزینه های تخریب بخش نادرست، ساخت دوباره و توقف بخشی از کارگاه (برای اختصاص زمان تصمیم گیری و شور ما بین نیروهای متخصص و گاه مشورت گرفتن از تکنیسین های اجرایی برای حل مشکل) است. همانگونه که در بخش پیشین دیدیم دوباره کاری به معنای اتلاف

[۹۱] محاسبه این اعداد با مطالعات میدانی بر روی چند پروژه نمونه و نتایج پرسشنامه از متخصصان این امر انجام گرفته است.

وقت نیز هزینه هایی را در بر دارد. دوباره کاری در مرحله اجرا حدود ۳/۵ درصد افزایش هزینه و ۷ درصد طولانی شدن زمان را به نسبت هزینه و زمان کل ساخت[۹۲]، به پروژه تحمیل می کند.

۳-۱-۲-تعدد کارشناسان دفتر فنی

در شیوه مرسوم با توجه به نواقصی که در اسناد طراحی وجود دارد، به تعداد بیشتری از نیروهای مستقر در کارگاه نیاز است، که مدیریت این تعداد نیرو و هماهنگی بین آنها علاوه بر تحت فشار قرار دادن جریان کار سازمان، بودجه بیشتری را نیز بر سرمایه گذار پروژه تحمیل می کند. استقرار دفتر فنی متشکل از نیروهای متخصص، اعم از مهندسان، کارشناسان نرم افزار و نیروهای دفتری از نیازهای اصلی پروژه است اما در شیوه رایج و خصوصاً در پروژه های بزرگ گاه این تعداد از حد قابل قبول و استاندارد بالاتر می رود که تبعاتی نیز در پی دارد:

- نیاز به تفکیک حوزه های گوناگون و به تبع نیاز به حرایم و فضای بیشتر.
- احتمال بالارفتن تنش های کاری مابین شخصیت های گوناگون در محیط کار که تابعی از تعداد افراد است.
- معضلات مدیریتی در ایجاد تعادل بین حوزه های گوناگون کاری، خصوصاً در زمان بروز اختلافات حرفه ای.
- نیاز به برگزاری جلسات و جلب نظرات تمامی تیم های مرتبط با موضوع و در نتیجه صرف زمان بیشتر و تأخیر در انجام امور.
- نیاز به ایجاد و تقویت بخش هایی چون مدیریت منابع انسانی به منظور ایجاد تعادل در حق و حقوق کارکنان.

این چالش به لحاظ مالی حدود ۱/۴ درصد هزینه های ساخت را افزایش می دهد.

۴-۱-۲-تعدد ناظران اجرایی

به دلیل عدم قطعیت نقشه ها و امکان وجود خطا و از قلم افتادگی در اسناد، معمولاً برای نظارت بر اجرای دقیق پروژه نیاز به بکارگیری تعداد بیش از معمول متخصصان نظارت وجود دارد که این امر خود هزینه های پروژه را افزایش می دهد. تعداد بیشتر ناظران اجرایی در پروژه های بزرگ، امری اجتناب ناپذیر تلقی می شده است و اختلافات بین ناظران این چالش ها در زمینه های گوناگونی نمایان می شوند. هزینه ای که ناظران اجرایی بر پروژه تحمیل می کنند، به لحاظ دستمزد و زیرساختهای لازم، حدود ۲/۵ درصد از هزینه ساخت است.

۵-۱-۲-نیاز به نقشه های اجرایی (shop-drawing)

تقریباً در تمام پروژه های ساختمانی به ویژه در مقیاس متوسط و بزرگ، نقشه های اجرایی دقیقی تهیه می شوند. تهیه نقشه های اجرایی بسته به نوع سیستم ساختمانی به روشهای متفاوتی انجام می شود. پیچیدگی و تراکم سیستمهای ساختمانی مختلف در ساختمان های امروزی ضرورت وجود این اسناد را دو چندان می کند.

در هنگام تهیه نقشه های اجرایی، مهندسان و پیمانکاران تمام رشته های ساختمان درگیر ترسیم می شوند و در نهایت تطابق و تدقیق این نقشه ها (بررسی خطاهای احتمالی و همچنین تطابق نقشه ها با نقشه های اجرایی سایر گروه های

---

[۹۲] با توجه به اینکه ارزیابی هزینه های دوباره کاری کفایت متخصصان صنعت را زیر سوال می برد، در اسناد پروژه و تراز مالی آنها چنین ارزیابی ای وجود ندارد. مولفان این مقاله با توجه به سابقه کاری و اندازه گیری چند پروژه به این عدد دست یافته اند. شایان ذکر است که این عدد در حداقل در نظر گرفته شده است و بسیاری از پروژه تا ۱۰ درصد از هزینه را صرف دوباره کاری می کنند.

ساختمانی) به عهده مهندسان ناظر طراحی و یا عامل چهار پروژه است. در این بخش نیرو و زمان زیادی صرف اصلاح تداخل ها و جلساتی برای حل اختلافات مابین گروه ها مختلف ساختمانی می شود. هزینه های مربوط به زمان افزوده شده برای ترسیم مجدد نقشه ها قابل توجه است. مطابق مطالعات میدانی انجام شده، تهیه نقشه های اجرایی (shop drawings) چیزی معادل ۱۸ درصد زمان طراحی پروژه را افزایش داده و بار مالی آن حدود ۱۰ درصد کل هزینه های طراحی خواهد بود.

۲-۲-چالش دوم: بروکراسی در فرآیند طراحی و ساخت

در آغاز پروژه، طراحی در دفاتر مهندسان مشاور صورت می گیرد و تأیید گرفتن از بالادست، برای طراحان و محاسبان فرایندی زمانبر است. تا این مرحله مهندسان برای متقاعد کردن و تأیید گرفتن طرح از کارفرما و سایر ارگانهای بالادستی زمان زیادی را صرف می کنند و در این فرآیند تغییرات و اصلاحات زیادی را در طرح اولیه اعمال می کنند. پس از ورود به مرحله اجرایی، پیمانکاران و دستگاه نظارت وارد عمل می شوند و کاغذ بازی ها و بروکراسی اداری بین آنها و کارفرما آغاز می شود. مسلماً باز هم تمامی این ها برای سرمایه گذار پروژه بار مالی نیز خواهد داشت. بسیاری از این مکاتبات غیرضروری اتلاف زمان بسیاری را موجب می شوند و علاوه بر آن در پروژه های بزرگ، نیاز به تعریف بخشی در پروژه به عنوان بخش اداری، برای رتق و فتق امور مربوط به این کاغذبازی ها، تسهیل مکاتبات و پیگیری مطالبات ضروری به نظر می رسد. چالشهای این بخش به دو دسته بروکراسی در مرحله طراحی و بروکراسی در مرحله اجرا تقسیم می شوند:

۱-۲-۲- بروکراسی در مرحله طراحی

بروکراسی در مرحله طراحی عبارت است از هدر رفت زمان برای انتقال اطلاعات، هماهنگی و نیز أخذ تأییدات لازم. در فرآیند طراحی به ویژه در پروژه های متوسط و بزرگ مقیاس و پیچیده که تعداد زیادی متخصص طراحی در زمینه های مختلف فعالیت می کنند و باید مداوم طرح و محاسبات خود را با دیگران به اشتراک گذارده و بررسی کنند و از ارگانهای بالادستی تاییدیه اخذ کنند. به دلیل اثرات متقابل و به هم وابسته بودن این طرح ها، چالشها و دعوی های بسیاری در فرآیند طراحی رخ می دهد که نیازمند یک ساختار منظم و دقیق است. این ساختار دقیق باید اسناد متفاوت و پراکنده هر طراح را به دیگران انتقال دهد، ویرایش های مختلف را از هم تفکیک کند، و به تأیید نهایی سازمانهای بالادست برساند. وجود این سیستم بسیار ضروری است ولی از سوی دیگر خود باعث کندی ارتباطات و هماهنگی ها و انتقال اطلاعات می شود. به عبارت ساده‌تر، با یک تغییر ساده در معماری، با نامه و سند کاغذی باید به مراجع بالا دستی اطلاع داده شود و پس از تأیید او، این تغییر به اطلاع سایر گروه های طراحی پروژه برسد و اصلاح طرح به آنان ابلاغ گردد. آنان نیز به نوبه خود باید با یکدیگر هماهنگ شوند و طرح را اصلاح کنند. این فرآیند ممکن است چندین بار رفت و برگشت کند و با سیستم سنتی ارتباطات بر پایه اسناد کاغذی، زمان زیادی هدر می رود. بروکراسی در فرآیند طراحی حداقل ۱۰ درصد زمان طراحی را افزایش می دهد. به دلیل پیچیدگی و مزمن بودن این چالش، محاسبه هزینه های آن بر روند طراحی در دامنه این مقاله نمی گنجد و محاسبه نشده است.

۲-۲-۲-بروکراسی در مرحله ساخت

در زمان ساخت که معمولاً در کشور ما بسیار بیشتر از زمان طراحی طول می کشد، اثر منفی بروکراسی بر اطاله زمان کمتر است و دلیل عمده آن تمرکز نیروهای متخصص در سایت پروژه است. آنها خود بسیاری از انتقال اطلاعات و هماهنگی ها را با هم به صورت چهره به چهره و شفاهی انجام می دهند و نیاز به استفاده از سیستم های اداری مبتنی بر اسناد کاغذی ندارند.

ولی با این حال به دلایلی چون پراکندگی اطلاعات، و سرمایه گذار یا سازمانهای بالادستی دولتی، ساختار بوروکراتیک خود به خود در ساختار اجرایی پروژه نفوذ می کند. مثلاً در بخش صورت وضعیت پیمانکاران، پیمانکار باید ابتدا احجام و مقادیر را اندازه گیری و فهرست کرده و پس از محاسبه قیمت به ناظر ارائه نماید. ناظر باید این ارقام را بررسی و گاه دوباره اندازه گیری کند و به بخش مالی ارجاع دهد. معمولاً بین فهرست پیمانکار و آنچه ناظر می پذیرد، تفاوت وجود دارد برای توافق طرفین چندین بار رفت و برگشت لازم است. تمام اینها با اسناد کاغذی انجام می شود و زمان را هدر می دهد.

محاسبه هزینه های سربار زمانی بروکراسی بر پروژه به از نتایج پرسشنامه و محاسبه تقریبی انتقال اسناد کاغذی در چند پروژه، استخراج شده است که حدود ۵ درصد از زمان ساخت را شامل می شود. هزینه مالی این چالش به تحقیقات مفصل و همه جانبه نیاز دارد.

۳-۲-چالش سوم: ناهمخوانی فرمت های فایلهای سیستم های مختلف ساختمان

از دیگر مشکلات در شیوه های سنتی که بخش مهندسی پروژه همواره با آن دست و پنجه نرم می کند، ناسازگاری میان فرمت های مختلف نرم افزاری است. به این معنا که نرم افزارهای مورد استفاده مهندسان سازه و مهندسان معمار و مهندسان تاسیسات یکی نیستند و معمولاً این چند گروه طراحی اسناد خود را به یک فرمت توافقی که در کشور ما پی.دی.اف. (PDF) و دی.دبلیو.جی. (DWG) است ارایه می دهند. به خاطر طبیعت و ساختار نرم افزارها، در میانه این نقل و انتقال ها مشکلاتی به وجود می آید؛ برخی اطلاعات ارزشمند از میان می رود و به برداشت های اشتباه از نقشه منجر می شود. مهندسان طراح مجبور به نقشه کشی مجدد و یا کمک گرفتن حرفه ای از متخصصان نرم افزاری می شوند. در پروژه های عظیم، پروژه های واقع در اقلیم های نامطلوب و یا با کاربری های خاص به مدارک دیگری نیز نیاز است، برای مثال آنالیز انرژی یا برآورد مصرف منابع و امثال اینها، تحلیل سیرکولاسیون در مواقع بحران، تحلیل مدیریت و کنترل امنیت فضایی و دیگر شبیه سازی ها و آنالیزهای دیگر در ساختمان های خاص، نرم افزارهای خاص خود را می طلبد و مستلزم مدل سازی دوباره است. ریز چالشهایی که از این طریق برای پروژه ایجاد می شوند، به شرح زیر هستند:

۱-۳-۲-از دست رفتن بخشی از اطلاعات هنگام تبدیل فرمت فایلها

اسناد و نقشه های سیستم های ساختمان باید بین رشته های مختلف تبادل شود. این متخصصان هریک با نرم افزارهای تخصصی خود کار می کنند و اطلاعات جداگانه ای را وارد فایل ها می کنند ولی هنگامی که این اطلاعات به دیگران انتقال می یابد، چون باید در فرمتی باشد که آنها هم قادر به خواندن فایل باشند، بسیاری از اطلاعات انتقال نمی یابند. مثلا مهندسان سازه ابعاد، جنس و رفتار سازه ای عناصر سازه ساختمان را در نرم افزار ایتَبز (ETABS) مدل کرده و کل سازه را محاسبه می کنند. ولی برای آماده سازی اسناد خود، آنرا وارد فرمت دی.دبلیو.جی. (DWG) کرده و به طراح معماری انتقال می دهند. فرمت دی.دبلیو.جی. (DWG) به جز هندسه، اطلاعات دیگری را قبول نمی کند و در واقع در فرآیند انتقال و تبدیل فرمت نرم افزاری، این اطلاعات انتقال نمی یابند. متاسفانه محاسبه بار مالی و زمانی این چالش به راحتی قابل محاسبه عددی نیست و در این مقاله از آن صرف نظر شده است.

۲-۳-۲-نیاز به نقشه کشی مجدد

یکی از معضلاتی که در مرحله طراحی ساختمان وجود دارد، نقشه کشی چندباره از موضوعات یکسان است. دلایل این امر ناهمخوانی فرمتهای نرم افزارهای مختلف طراحی و نیز پراکندگی اطلاعات است. مثلا ستون های یک ساختمان یکبار در نرم افزار محاسبه سازه ترسیم می شود. سپس در نرم افزار اتوکد ترسیم مجدد شده و به طراح معمار انتقال می یابد. مثال دیگر به ترسیم دیوارها باز می گردد. دیوارها توسط معمار ترسیم می شوند ولی محاسب تأسیسات برای به دست آوردن بار انرژی ساختمان، باید مجدداً آن ها را در نرم افزارهای خود ترسیم کند. این کار برای بسیاری از اجزای ساختمان بارها تکرار می شود که خود علاوه بر سربار هزینه مالی و زمانی، احتمال رخ دادن خطای انسانی را بالا می برد. این کار هزینه های طراحی را به راحتی حدود ۱۷ درصد افزایش داده و زمان آن را نیز ۲۰ درصد طولانی تر می کنند.

۳-۳-۲-نیاز به تهیه مدل جدید برای شبیه سازی های خاص مانند شبیه سازی بصری یا آنالیز انرژی

بخشی از هزینه های مالی و زمانی سربار ساختمان در پی تصمیم کارفرما به انجام شبیه سازی هایی به جز آنچه معمول است، بر پروژه تحمیل می شود. مثلاً ساخت انیمیشن از پروژه یا تصاویر سه بعدی، یک فرآیند گران و پرهزینه است. در ساختمانهای درمانی شبیه سازی سیرکولاسیون در پروژه و یا رفتار کاربران در مواقع بحران در آن ها ضروری است. برای اینکار متخصص شبیه سازی و آنالیز باید دوباره آنچه را که لازم است مدل کرده و ترسیم نماید. این مدل سازی دوباره تقریبا زمان را ۲۰ درصد و هزینه را ۱۴ درصد در بخش طراحی افزایش می دهد.

۴-۲-چالش چهارم: عدم به روز رسانی اسناد و مدارک پس از تغییرات در مرحله اجرا

در طی فرایند ساخت، تغییرات پیش بینی نشده ای رخ می دهد، دلایل این تغییرات عمدتاً باز می گردد به :

- گاه نظر کارفرما پس از مشاهده ساختمان پس از ساخت تغییر کرده و بازنگری هایی را طلب می کند.
- تغییرات قیمت ها در بازار موجب تغییر عقیده مالک می شود و ممکن است تغییراتی را در نقشه و یا حتی کالبد پروژه موجب شود.
- ورود مصالح جدید باعث تغییر عقیده کارفرما یا متخصصان امر می شود و به دلیل تفاوت مشخصات مصالح جدید، تغییراتی در مشخصات اجرایی آن نیز پدیدار می شود که باید در مدارک و نقشه ها بازتاب پیدا می کند.
- گاه به دلیل مشکلات اجرایی، مانند بی دقتی در نصب قطعات، ساختمان ساخته شده با طرح مغایر است.

به هر روی، یک چیز در اجراهای مرسوم مسلم است: پس از اجرایی شدن طرح باید نقشه های چون ساخت (as-built) را تهیه کرد. نقشه های چون ساخت برپایه اسناد طراحی ولی مطابق بر آنچه در واقع ساخته شده است، تهیه می شوند. ولی این کار به دلایل زیر در فرآیند ساخت انجام نشده و به مرحله پس از اجرا – زمانی که بسیاری از سیستمها از دسترس خارج شده پشت نازک کاری ساختمان پنهان شده اند- موکول می شود:

- اطلاعات پراکنده و در دست افراد گوناگون دست اندرکار پروژه هستند.
- نقشه ها دوبعدی هستند و تغییرات بازتاب یافته در نقشه های دوبعدی نیز اغلب دید واقعی از تغییر رخ داده را ارائه نمی دهند.
- اطلاعات هر جزء یا مصالح ساختمانی در اسناد مختلف پراکنده اند و به هم ارتباطی ندارند.

- برخی تغییرات در قالب نامه های اداری ابلاغ شده اند که برداشت صحیحی از آنها صورت نپذیرفته و یا شفاهاً در کارگاه مطرح شده اند.
- به دلیل عدم وجود سیستم بایگانی صحیح در کارگاه، برخی مدارک مفقود می شوند و یا در طبقه بندی نادرست قرار می گیرند و از دسترس خارج می شوند. تغییر نیروها و تیم های اجرایی و یا تعدیل و اخراج نیز بر سردرگمی موجود دامن می زند.

پس از اجرای پروژه نیز اسناد طراحی با ساختمان موجود همخوان نیستند و باز هم تطابق کامل اتفاق نمی افتد و این امر پیمانکار اصلی را در محاسبه و برآورد هزینه هایش و همچنین تحویل به موقع کارش با مشکل مواجه می نماید و بار مالی بیشتری را بر سرمایه گذار تحمیل می کند. در کل مطالعات و برداشتها نشان می دهد که زمان صرف شده حدود ۱۰ درصد از زمان طراحی و هزینه آن ۵ درصد هزینه طراحی برای تهیه نقشه های چون ساخت است، با توجه به اینکه آنچه در انتها تهیه می شود کیفیت لازم را نداشته و بسیاری از اطلاعات را از قلم انداخته است.

۵-۲-چالش پنجم: عدم امکان ارزیابی دقیق تراز مالی پروژه طی فرآیند طراحی و تصمیم گیری

یکی از بزرگترین مشکلات در پروژه های ساختمانی کشور، عدم قطعیت آن در بسیاری از زمینه ها و به تبع آن ایجاد تغییرات کوچک و بزرگ بسیار در پروژه ها چه در مرحله طراحی و چه در مرحله ساخت است. تغییرات معمولاً هزینه مالی و زمانی بر پروژه تحمیل می کنند. بسیاری از تغییرات به دنبال تصمیم گیری های نادرست اولیه و اصلاح آنها در زمان اجرای پروژه رخ می دهد. این گزارش بر ارزیابی و برآورد مالی پروژه ها متمرکز شده است و از دیگر آنالیزها و ارزیابی های ساختمان می گذرد.

۱-۵-۲-عدم امکان برآورد هزینه در طی فرآیند طراحی

در شیوه معمول، برای برآورد هزینه از روش متره و برآورد استفاده می شود و مرجع مهندسان نیز فهرست بهای ساختمان است که با توجه به آن هزینه های احتمالی برآورد می شود، به این شیوه نیز ایراداتی وارد است از جمله اینکه:

- برخی مصالح و فناوری های جدید در فهرست بها تعریف نشده اند و تخمین هزینه های مربوط به آنها کار ساده ای نیست و گاه هزینه های مربوط به اجرای آنها بیش از حد انتظار است.
- این روش مانند تمامی محاسبات دستی مبتنی بر تجربه و تخصص انسانی، عاری از خطاهای انسانی نیست و معمولاً نیاز به بازبینی مجدد دارد، با توجه به گردش کار در کارگاه و تضاد منافع گروه های گوناگون، تفاوت در اعداد به دست آمده در محاسبات بر شک و شبهه ها و دعواهای مابین پیمانکاران و محاسبان دامن می زند.
- به دلیل زمانبر بودن متره، این کار معمولاً یک بار انجام می گیرد و تغییرات به وجود آمده در اجرا نیز به صورت تخمین بر آن اعمال می شود.
- متره هزینه بر است و برای سرمایه گذار به صرفه نیست که این فرآیند را در طی فرآیند طراحی و اجرا نیز از مهندسان درخواست کند، از مهندسان انتظار می رود که از همان ابتدای پروژه، هزینه ها را یک بار برای همیشه به طور صحیح برآورد کنند.

- پیمانکار اصلی درصورت بالاتر بودن هزینه ها در پایان پروژه، باید نسبت به هزینه های برآورد شده بابت مابه تفاوت پاسخگو باشد.
- برنامه ریزی پروژه با نداشتن چشم انداز درستی از هزینه های آتی با خلل مواجه خواهد شد.

امکان برآورد دقیق هزینه ها در طی فرآیند طراحی وجود ندارد و تنها در خوش بینانه ترین حالت می توان به تخمینی نزدیک به واقعیت دست پیدا کرد. پیمانکار اصلی معمولاً وظیفه محاسبه این هزینه ها را به عهده دارد چرا که در صورت اشتباه ضرر اصلی متوجه او خواهد بود اما این برآورد اگر به نحوی غیرواقعی بالا باشد نیز از نظر سرمایه گذار منطقی به نظر نمی رسد. پس پیمانکار با چالش بزرگی روبروست و باید در محاسبه اش بین هزینه های خودش و پیمانکاران جزء، توقعات کارفرما و سرمایه گذار و همچنین نظر مهندسان، موازنه برقرار نماید. برنامه ریز نیز باید بین توانایی های مهندسان، تعداد نیروهای فعال در پروژه و بودجه اختصاص یافته به عددی معقول دست پیدا کند و برنامه فیزیکی مطلوبی را ارائه نماید. تمامی این ها چالش هایی هستند که می توان در فناوری بیم آنها را به حداقل ممکن رسانید و از ایجاد تنش های بین گروه های ساختمانی گوناگون (که گاه منافع متضادی دارند) جلوگیری کرد. در برنامه های نرم افزاری مبتنی بر بیم، در هر مرحله از مدلسازی و با کوچکترین تغییر در مدل اصلی، می توان هزینه ها را محاسبه نمود. نرم افزار به صورت خودکار ، کار متره را با دقت انجام می دهد و در این میان، هیچ یک از گروه های درگیر در پروژه نمی توانند دیگری را متهم به دست بردن در اعداد و ارقام متره کنند. در عین حال متره در بیم به بخشی از فرآیند طراحی، برای رسیدن به طرحی به صرفه و در عین حال ایمن و کارآمد تبدیل می شود، نه صرفاً بخشی از تشریفات آغاز به کار هر پروژه ای برای تهیه صورت وضعیت ها. در مورد پیمانکاران جزء و مجریان موقت نیز متره با نرم افزار کمک می کند تا واقعی ترین صورت وضعیت ها تحقق یابند نه صرفاً ارزان ترینشان.

۲-۵-۲-عدم امکان برآورد دقیق سطح و حجم فضا

سطح زیربنا و حجم فضای قابل استحصال در یک پروژه، یکی از مهمترین پارامترهایی است که سود و زیان یک پروژه را معین می کند. آنچه در انتها درآمد پروژه محسوب می شود، سطح قابل استفاده یک ساختمان است. ازین رو کارفرمایان همواره نگران این پارامترها هستند و در تنظیم تراز مالی پروژه خود همواره با مشکل مواجه می شوند. همچنین به خاطر دشواری و وقت گیر بودن محاسبه سطوح و احجام فضایی پروژه، امکان بررسی سناریوهای مختلف طراحی در پروژه و تأثیر آن ها در تراز مالی وجود ندارد. این عدم قطعیت خود منجر به ایجاد تغییرات در مراحل پیشرفته تر کار گشته و پروژه را با تأخیر زمانی و سربار هزینه مواجه می کند.

سیستم بیم می تواند از همان مراحل اولیه طراحی، ابعاد دقیق زیربنا و حجم فضاهای مختلف ساختمان را به تفکیک ارائه دهد. اینها همه به صورت خودکار و توسط ماشین انجام می گردد و بسیار دقیق است. علاوه بر آن، این پارامترها همگی به صورت آنی و با اعمال کوچکترین تغییرات به روز رسانی می شوند و اثرات هر تغییری بلافاصله می تواند مشاهده و بررسی شود. طبق برآوردها آنچه در طراحی یک ساختمان برای رفع این چالش می شود، از نظر هزینه معادل ۳ درصد و از نظر زمان ۶ درصد افزایش به دنبال دارد.

۶-۲-چالش ششم: کاهش توان ساخت و مونتاژ قطعات خارج از سایت

در شیوه مرسوم ساخت قطعات مورد نیاز پروژه در همان محل اجرای پروژه انجام می پذیرد. شاید این امر با توجه به پیشرفت روزافزون علم، غیرمنطقی به نظر برسد اما بنا به دلایل زیر در شیوه مرسوم قطعی است:

- ناقص و نادقیق بودن نقشه های اجرایی
- عدم به روزرسانی اسناد حین اجرا
- اجرای نادقیق

ساخت قطعات خارج از کارگاه ساختمانی از نظر زمان حداقل ۲۵ درصد زمان ساخت را کوتاه می کند. از نظر کاهش هزینه نیز مسلما اثرات چشمگیری دارد ولی محاسبه آن خارج از توان این مقاله بوده و از آن صرف نظر شده است.

۱-۶-۲-ساخت قطعات به روش سنتی و غیر صنعتی

بنابراین اجرای قطعات در پروژه در محل و بنا به نیازهای همان زمان، امری پذیرفته شده در شیوه مرسوم است. چرا که در غیراینصورت ممکن است قطعات ساخته شده با محل تعبیه شده برای آن ها جای نگیرند و به تغییراتی نیاز داشته باشند که خود مستلزم اندازه گیری مجدد و رفت و برگشت قطعات و صرف هزینه و زمان بیشتر است.

۲-۶-۲-نیاز به فضا برای دپو مصالح و قطعات و فضای کار

اما ساخت قطعات در محل، مستلزم اختصاص فضا برای دپوی مصالح مورد نیاز، ابزارآلات و قطعات کار و همچنین در نظر گرفتن محلی برای کار کارگران قطعه ساز است. اشغال بخشی از فضای کارگاه برای ساخت قطعات، برنامه ریزی های مربوط به کارهای روزانه کارگاه را با دردسرهایی مواجه می کند برای مثال در برخی روزهای خاص مانند زمان بتن ریزی و یا فعالیت تیم های کاری دیگر که ماشین آلات خاص خود را طلب می کنند، مدیریت ورود و خروج ماشین آلات سنگین به داخل کارگاه و نیز نیروهای انسانی مربوطه، از معضلات برنامه ریزان پروژه است. علاوه بر این، گاه به دلیل عدم فضای کافی، پیمانکاران مربوطه وادار به توقف کار خود خواهند شد که این به معنای تأخیر در تحویل کار نهایی و ضرر مالی برای پیمانکاران و در نهایت سرمایه گذاران پروژه است.

۳-۶-۲-نیاز به نیروی انسانی بیشتر در محیط کارگاه

بالا رفتن تعداد نیروهای انسانی درگیر در پروژه منجر به سنگین تر شدن وظیفه ناظران می شود و همچنین تعداد بیشتر کارگران به معنای نیاز به نظارت دقیق تر به مسائل ایمنی کارگاهی است. از آنجایی که نیروهای کاری متغیر هستند آسیب های زیادی متوجه بخش نظراتی و پیمانکاری پروژه خواهد بود. تعداد بیشتر نیروهای انسانی به معنای ایجاد تنش های بیشتر در روزهای سخت کاری و اختلافات خصوصاً در زمان بروز خطاهای کاری، بیشتر خواهد بود.

شلوغ شدن کارگاه و همه این آشفتگی ها هزینه و زمان بیشتری را بر سرمایه گذار اصلی تحمیل می کند و فشار کاری بر پیمانکار اصلی بیشتر می شود.

۴-۶-۲-پایین آمدن ایمنی کارگاه

مسلماً انجام کارها و ساخت قطعات و اجزای ساختمان در محل کارگاه ساختمانی، از آنجایی که کارگاه ساختمان جایی مناسب برای ساخت نیست، ایمنی کار پایین می آید. این امر را می توان به وضوح در صنعت ساختمان به لحاظ آماری مشاهده کرد. به گفته وزارت کار مورخه در سال ۱۳۹۴، حدود نیمی از مرگ و میر ناشی از حوادث کار در بخش صنعت ساختمان است که رقمی نزدیک به ۷۰۰ نفر در سال می شود. معنای این رقم، نا ایمن بودن صنعت ساختمان است. این میزان فوت ناشی از حادثه خود علاوه بر نابود کردن بخشی از نیروی کار، منجر به تحمیل هزینه های مالی بر پروژه های ساختمانی می شود. با توجه به آمار ساخت بنا در کشور که چیزی معادل ۵۰ میلیون مترمربع در سال، آمار فوت حادثه از کار حدود ۷۰۰ نفر سالانه و مبلغ بیمه پرداختی به بازماندگان، می توان محاسبه کرد که چیزی حدود نیم درصد هزینه ساخت فقط بابت جبران خسارت فوت شدگان به صنعت ساختمان تحمیل می گردد.

۲-۷-جمع بندی میزان هدررفت بودجه مالی و افزایش زمان طراحی و ساخت پروژه ناشی از آسیب های کنونی صنعت ساختمان در کشور

آنچه تاکنون شرح داده شده است، بررسی تفصیلی برخی چالش های موجود در صنعت ساختمان و أثرات منفی آنها بر فرآیند طراحی، ساخت و بهره برداری از آن بوده است که گاه می توان آنها را با صرف زمان و هزینه مالی بیشتر رفع کرد. ارزیابی هایی نیز از این هزینه های مالی و زمانی تحمیل شده به پروژه محاسبه شده است که در جدول زیر به طور خلاصه جمع بندی شده اند. باید توجه داشت که این هزینه های مالی و زمانی بر اساس نسبتی از هزینه و زمان طراحی و اجرای پروژه – بسته به مرحله ای که گریبانگیر پروژه می شوند – محاسبه شده است تا بتوان آنها را به راحتی با توجه به زمان و بودجه کلی در نظر گرفته شده برای پروژه محاسبه کرد.

با توجه به جمع بندی مطالب فوق، چالشهای موجود در صنعت ساختمان و ریزچالشهای نشات گرفته از آنها هزینه هایی را بر بودجه و زمان مقرر طراحی و ساخت پروژه تحمیل می کند. به طور خلاصه می توان گفت:

- چالشهایی که در فرآیند طراحی در پروژه پیش می آیند و برای آنها باید راه حلی اندیشیده شود، فقط آنهایی که در این مقاله شمارش شده و ارزیابی شده اند، حداقل ۷۶ ٪ هزینه های طراحی را افزایش می دهند.
- چالشهای وارد شده در فرآیند اجرا حدود ۸ ٪ از هزینه های اجرا را به پروژه تحمیل می کند.
- زمان طراحی پروژه حدود ۱۳۵ ٪ نسبت به زمان مقرر طراحی افزایش می یابد.
- زمان اجرای پروژه نیز حداقل ۳۷ ٪ بیش از موعد مقرر ساخت به طول می انجامد.

۳-جمع بندی و نتیجه گیری

۱-۳-بیم (BIM) چیست و چگونه از آسیب های صنعت ساختمان می کاهد؟

بیم (Building Information Modeling) عبارت است از "یک فرآیند پیشرفته برای برنامه ریزی، طراحی، ساخت، بهره برداری، و تعمیر و نگهداری ساختمان ، که با استفاده از مدلسازی اطلاعاتی سازگار با ابزارهای استاندارد برای تمامی بخشهای ساختمان اعم از جدید یا قدیمی تهیه شده است. تمام بخشهای ساختمان باید حاوی اطلاعات لازم ایجاد شده یا

جمع آوری شده در فرمت مناسب قابل استفاده در طول عمر آن ساختمان باشند." [93](NIBS 2008). دامنه عمل بیم مستقیم و غیر مستقیم بر سرمایه گذاران صنعت ساختمان اثر می گذارد. بیم اساسا یک روش متفاوت در ایجاد، استفاده و به اشتراک گذاری اطلاعات ساختمان در طول حیات آن است.

در واقع بیم پیشرفتی شگرف در صنعت ساختمان اعم از معماری، مهندسی و ساخت است که به تهیه یک یا چند مدل عینی دیجیتالی از ساختمان و امکان تحلیل و کنترل بسیار بهتر از روشهای سنتی پیشین شامل قیمتها و اطلاعات لازم جهت ساخت و خرید مصالح و خدمات ساختمان و پایه ریزی شرایطی برای طراحی و ساخت جدید و تغییرات نقشه ها و ارتباطات میان دست اندرکاران پروژه می انجامد. اجرای دقیق بیم منجر به یکپارچه سازیی فرآیند طراحی و ساخت و افزایش راندمان در بخش مالی و زمانی می شود.

در تکنولوژی مدلسازی اطلاعات ساختمان تمام اطلاعات پروژه اعم از اطلاعات هندسی و غیر هندسی در یک مرکز دیجیتالی مدلسازی شده و به هم پیوند می یابند. یک زبان مشترک تمام این اطلاعات را که از نرم افزارهای مختلف بیرون می آیند، با نام آی.اف.سی. (IFC) به هم تبدیل کرده و متصل می کند. به عبارتی ساده تر، ساختمان یکبار به صورت مجازی به وسیله کامپیوتر ساخته می شود و تمام فرآیندهای آن مانند زمانبندی، بودجه مصرفی، نیروی انسانی مورد نیاز و مانند آنها شبیه سازی شده و تمام چالشهای مراحل طراحی و اجرا به صورت دیجیتالی بررسی، کنترل و رفع می شوند. بنابراین جریان طراحی و اجرای پروژه بسیار روان و تحت کنترل است و بسیاری از مشکلات پیش از رخ دادن شناسایی و حل می شوند.

تکنولوژی بیم دارای مزایای بسیاری است و می تواند صنعت ساختمان را متحول کند. آنچه در این جا مورد بررسی قرار گرفته است، اثرات سیستم بر چالشهایی است که در صفحات گذشته به تفصیل مورد بررسی و سنجش قرار گرفتند و به لحاظ زمانی و مالی ارزیابی شدند. در این بند، نگارنده با توجه به روشهای سیستم بیم اثرات آنرا در کاهش هزینه های مالی و زمانی

صنعت ساختمان بررسی و ارائه کرده است. باید توجه داشت که این اثرات در بازه کنونی صنعت ساختمان کشور و زیرساختهای آن بررسی شده اند.

دستاوردهای پیاده سازی سیستم بیم (BIM) در پروژه های ساختمانی:

- اصلاح خودکار هنگام تغییرات ساده در طرح
- دیدهای زودهنگام و دقیقتر به طرح
- ایجاد نقشه های ۲ بعدی درست و نامتناقض در هر مرحله از طراحی
- کشف خطاها و ازقلم افتادگی های طراحی پیش از آغاز ساخت
- هماهنگ سازی تدارکات (تهیه منابع) با طراحی و ساخت و ساز
- برآورد هزینه ها در مراحل طراحی
- همکاری زودهنگام رشته های مختلف طراحی (معماری، سازه، تاسیسات و ...)
- یافتن تمام تناقضات و برخوردهای میان معماری، سازه و تاسیسات
- ایجاد نقشه های تلفیقی از تمام سیستمهای ساختمان در یک زمان
- ایجاد سیستم پویا در به روز رسانی اسناد و نقشه ها در طول اجرای پروژه

---

[93] BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors / Chuck Eastman . . . [et al.]. — 2nd ed.

- ارایه جداول دقیق متره و برآورد به تفکیک موضوع، قیمت، زمان، مصالح، فضا و موقعیت و ...
- پشتیبانی کامل از خروجی های سه بعدی

	سر منشاء چالش	چالش	زمان تحمیل شده با سیستم سنتی	زمان تحمیل شده با سیستم بیم	
			نسبت از زمان کل ساخت (درصد)	نسبت از زمان کل ساخت (درصد)	چگونگی کاهش زمان
۱	ایجاد تناقض و برخورد بین سیستمهای ساختمانی در نقشه ها	دوباره کاری در مرحله طراحی	-	-	-
۲		دوباره کاری در مرحله اجرا	٪ ۷	٪ ۲	یافتن اتوماتیک برخوردهای سیستمهای ساختمان
۳		تعدد کارشناسان دفتر فنی	-	-	انجام بسیاری از کارها توسط نرم افزار
۴		تعدد ناظران اجرایی	-	-	انجام بسیاری از کارها توسط نرم افزار
۵		نیاز به نقشه های اجرایی (shop drawing)	-	-	-
۶	ایجاد بروکراسی	بروکراسی در فرآیند طراحی	-	-	-
۷		ایجاد بروکراسی در فرآیند ساخت	٪ ۵	٪ ۱/۵	ایجاد پایگاه اطلاعات و دسترسی همه به آن
۸	ناسازگاری میان فرمت های مختلف نرم افزاری	از دست رفتن بخشی از اطلاعات هنگام تبدیل فرمت فایلها	-	-	-
۹		نیاز به نقشه کشی مجدد	-	-	-
۱۰		نیاز به تهیه اسناد جدید برای آنالیزهای خاص مانند آنالیز انرژی	-	-	-
۱۱	عدم به روز رسانی اسناد و مدارک پس از تغییرات	نیاز به تهیه نقشه های ازبیلت	-	-	-
۱۲	عدم امکان ارزیابی دقیق پروژه طی فرآیند طراحی و تصمیم گیری	عدم امکان برآورد هزینه در طی فرآیند طراحی	-	-	-
۱۳		عدم امکان برآورد دقیق سطح و حجم فضا	-	-	-
۱۵	کاهش توان ساخت و مونتاژ قطعات خارج از سایت	ساخت قطعات به روش سنتی	٪ ۲۵	٪ ۵	امکان ساخت قطعات به روش صنعتی و خارج از کارگاه ساختمان
۱۶		نیاز به فضا برای دپو مصالح و قطعات و فضای کار	محاسبه نشده	محاسبه نشده	کاهش فضای انبار با زمان بندی دقیق مصرف مصالح – ساخت صنعتی قطعات
۱۷		نیاز به نیروی انسانی بیشتر در محیط کارگاه	محاسبه نشده	محاسبه نشده	کاهش نیروی انسانی برای ساخت قطعات – نیاز به نیرو تنها برای مونتاژ
۱۸		پایین آمدن ایمنی کارگاه	محاسبه نشده	محاسبه نشده	کاهش کار بدنی در کارگاه ساختمان
۱۹	نتیجه		٪ ۳۷	٪ ۸/۵	

جدول (۱) مقایسه هزینه های مالی سربار در بخش طراحی میان سیستم سنتی و سیستم بیم

- امکان ارزیابی زیربنایی و اقتصادی پروژه در تمامی مراحل طراحی و ساخت بلافاصله پس از اعمال تغییرات
- قابلیت استخراج نقشه های بسیار دقیق اجرایی در رشته های چهارگانه (Shop Drawing)

اثرات پیاده سازی سیستم بیم (BIM) در بهینه کردن فرآیند طراحی و ساخت پروژه های ساختمانی به صورت عمومی ، به طور خلاصه به شرح زیر است. البته نتایج تفصیلی در در جداول شماره ۱ تا ۴ برای هر چالش هم در بخش طراحی و هم اجرا از نظر زمان و هزینه ارزیابی و ارایه شده است. در اینجا تنها به کلیت نتایج اشاره می شود:

۱- در بخش طراحی هزینه های سربار از ۷۶ ٪ در روش های سنتی به ۲۳/۵ ٪ در صورت به کارگیری سیستم بیم (BIM) کاهش می یابد.

۲- در بخش طراحی سربار زمان تحمیل شده به پروژه از ۱۳۵ ٪ به روش های کنونی سنتی به حدود ۳۱ ٪ با جریان یافتن تکنولوژی بیم در فرآیند طراحی کاهش می یابد.

۳- در بخش اجرا که گردش مالی بسیار سنگینی دارد، کاهش هزینه های سربار به غیر از بخش بهره برداری از ۸ ٪ به ۳/۷ ٪ از هزینه های اجرا می رسد که با توجه به کل هزینه های اجرا، بیش از ۴ ٪ صرفه جویی انجام می شود.

۴- در بخش اجرا کاهش زمان دیرکرد پروژه از ۳۷ ٪ به ۸/۵ ٪ خواهد رسید.

۲-۳-مقایسه کاهش هزینه های تحمیل شده در فرآیند طراحی و ساخت پروژه در روش سنتی با روش بیم

در جداول زیر خلاصه ای از مباحث پیش گفته که ابتدا به بررسی هزینه های مالی و زمانی ناشی از کاستیهای روش کار در طراحی و ساخت ساختمان پرداخته شد، آمده است. به کمک سیستم بیم می توان بسیاری از این هزینه ها را کاهش داد و به عبارتی بهتر صرفه جویی هایی را در این فرآیند به دست آورد. این کاهش هزینه و زمان به نسبت هزینه ها و زمان کل مراحل طراحی و ساخت ساختمان سنجیده شده است.

ردیف	سر منشاء چالش	چالش	هزینه های مالی تحمیل شده با سیستم سنتی	هزینه های مالی تحمیل شده با سیستم بیم	
			نسبت از هزینه کل طراحی (درصد)	نسبت	چگونگی کاهش هزینه های مالی
۱	ایجاد تناقض و برخورد بین سیستمهای ساختمانی در نقشه ها	دوباره کاری در مرحله طراحی	٪ ۲۰	٪ ۷	ایجاد پایگاه اطلاعات و دسترسی همه به آن- آنالیز مداوم طراحی
۲		دوباره کاری در مرحله اجرا	-	-	-
۳		تعدد کارشناسان دفتر فنی	-	-	-
۴		تعدد ناظران اجرایی	-		-
۵		نیاز به نقشه های اجرایی (shop drawing)	٪ ۱۰	٪ ۳	ایجاد اتوماتیک بیشتر نقشه های اجرایی توسط نرم افزار
۶	ایجاد بروکراسی	بروکراسی در فرآیند طراحی	محاسبه نشده	محاسبه نشده	ایجاد پایگاه اطلاعات و دسترسی همه به آن
۷		ایجاد بروکراسی در فرآیند ساخت	-	-	-
۸	ناسازگاری میان فرمت های مختلف نرم افزاری	از دست رفتن بخشی از اطلاعات هنگام تبدیل فرمت فایلها	محاسبه نشده	محاسبه نشده	انتقال کامل اطلاعات با فرمتهای مخصوص
۹		نیاز به نقشه کشی مجدد	٪ ۱۷	٪ ۸	امکان تبادل مدل ساختمان بین نرم افزار های مختلف
۱۰		نیاز به تهیه اسناد جدید برای آنالیزهای خاص مانند آنالیز انرژی	٪ ۱۴	٪ ۳/۵	انتقال مدل ساختمان به نرم افزارهای آنالیز کننده
۱۱	عدم به روز رسانی اسناد و مدارک پس از تغییرات	نیاز به تهیه نقشه های ازبیلت	٪ ۵	٪ ۰	مدل طراحی در حین ساخت اصلاح شده و به مدل ازبیلت تبدیل می شود
۱۲	عدم امکان ارزیابی دقیق پروژه طی فرآیند طراحی و تصمیم گیری	عدم امکان برآورد هزینه در طی فرآیند طراحی	٪ ۷	٪ ۲	نرم افزار به صورت اتوماتیک و لحظه ای هزینه را برآورد می کند.
۱۳		عدم امکان برآورد دقیق سطح و حجم فضا	٪ ۳	٪ ۰	نرم افزار به صورت اتوماتیک و لحظه ای مقادیر را محاسبه می کند.
۱۵	کاهش توان ساخت و مونتاژ قطعات خارج از سایت	ساخت قطعات به روش سنتی	-	-	-
۱۶		نیاز به فضا برای دپو مصالح و قطعات و فضای کار	-	-	-
۱۷		نیاز به نیروی انسانی بیشتر در محیط کارگاه	-	-	-
۱۸		پایین آمدن ایمنی کارگاه	-	-	-
۱۹	نتیجه		٪ ۷۶	٪ ۲۳/۵	-

جدول (۲) مقایسه زمان سربار در بخش طراحی میان سیستم سنتی و سیستم بیم

جدول (۳) مقایسه هزینه های مالی سربار در بخش اجرا میان سیستم سنتی و سیستم بیم

ردیف	سر منشاء چالش	چالش	زمان تحمیل شده با سیستم سنتی	زمان تحمیل شده با سیستم بیم	
			نسبت از زمان طراحی (درصد)	نسبت	چگونگی کاهش زمان طراحی
۱	ایجاد تناقض و برخورد بین سیستمهای ساختمانی در نقشه ها	دوباره کاری در مرحله طراحی	٪ ۳۵	٪ 13	ایجاد پایگاه اطلاعات و دسترسی همه به آن- آنالیز مداوم طراحی
۲		دوباره کاری در مرحله اجرا	-	-	-
۳		تعدد کارشناسان دفتر فنی	-	-	-
۴		تعدد ناظران اجرایی	-	-	-
۵		نیاز به نقشه های اجرایی (shop drawing)	٪ ۱۸	٪ ۴/۵	ایجاد اتوماتیک بیشتر نقشه های اجرایی توسط نرم افزار
۶	ایجاد بروکراسی	بروکراسی در فرآیند طراحی	٪ ۱۰	٪ ۲	ایجاد پایگاه اطلاعات و دسترسی همه به آن
۷		ایجاد بروکراسی در فرآیند ساخت	-	-	
۸	ناسازگاری میان فرمت های مختلف نرم افزاری	از دست رفتن بخشی از اطلاعات هنگام تبدیل فرمت فایلها	محاسبه نشده	محاسبه نشده	انتقال کامل اطلاعات با فرمتهای مخصوص
۹		نیاز به نقشه کشی مجدد	٪ ۲۰	٪ ۳	امکان تبادل مدل ساختمان بین نرم افزار های مختلف
۱۰		نیاز به تهیه اسناد جدید برای آنالیزهای خاص مانند آنالیز انرژی	٪ ۲۰	٪ ۵/۵	انتقال مدل ساختمان به نرم افزارهای آنالیز کننده
۱۱	عدم به روز رسانی اسناد و مدارک پس از تغییرات	نیاز به تهیه نقشه های ازبیلت	٪ ۱۰	٪ ۰	مدل طراحی در حین ساخت اصلاح شده و به مدل ازبیلت تبدیل می شود
۱۲	عدم امکان ارزیابی دقیق پروژه طی فرآیند طراحی و تصمیم گیری	عدم امکان برآورد هزینه در طی فرآیند طراحی	٪ ۱۵	٪ ۳	نرم افزار به صورت اتوماتیک و لحظه ای هزینه را برآورد می کند.
۱۳		عدم امکان برآورد دقیق سطح و حجم فضا	٪ ۷	٪ ۰	نرم افزار به صورت اتوماتیک و لحظه ای مقادیر را محاسبه می کند.
۱۵	کاهش توان ساخت و مونتاژ قطعات خارج از سایت	ساخت قطعات به روش سنتی	-	-	-
۱۶		نیاز به فضا برای دپو مصالح و قطعات و فضای کار	-	-	-
۱۷		نیاز به نیروی انسانی بیشتر در محیط کارگاه	-	-	-
۱۸		پایین آمدن ایمنی کارگاه	-	-	-
۱۹	نتیجه		٪ ۱۳۵	٪ ۳۱	-

	سر منشاء چالش	چالش	هزینه های مالی تحمیل شده با سیستم سنتی	هزینه های مالی تحمیل شده با سیستم بیم	
			نسبت از هزینه کل ساخت (درصد)	نسبت از هزینه کل ساخت (درصد)	چگونگی کاهش هزینه های مالی
۱	ایجاد تناقض و برخورد بین سیستمهای ساختمانی در نقشه ها	دوباره کاری در مرحله طراحی	-	-	-
۲		دوباره کاری در مرحله اجرا	٪ ۳/۵	٪ ۱/۲	یافتن اتوماتیک برخوردهای سیستمهای ساختمان
۳		تعدد کارشناسان دفتر فنی	٪ ۱/۴	٪ ۰/۸	انجام بسیاری از کارها توسط نرم افزار
۴		تعدد ناظران اجرایی	٪ ۲/۵	٪ ۱/۵	انجام بسیاری از کارها توسط نرم افزار
۵		نیاز به نقشه های اجرایی (shop drawing)	-	-	-
۶	ایجاد بروکراسی	بروکراسی در فرآیند طراحی	-	-	-
۷		ایجاد بروکراسی در فرآیند ساخت	محاسبه نشده	محاسبه نشده	ایجاد پایگاه اطلاعات و دسترسی همه به آن
۸	ناسازگاری میان فرمت های مختلف نرم افزاری	از دست رفتن بخشی از اطلاعات هنگام تبدیل فرمت فایلها	-	-	-
۹		نیاز به نقشه کشی مجدد	-	-	-
۱۰		نیاز به تهیه اسناد جدید برای آنالیزهای خاص مانند آنالیز انرژی	-	-	-
۱۱	عدم به روز رسانی اسناد و مدارک پس از تغییرات	نیاز به تهیه نقشه های ازبیلت	-	-	-
۱۲	عدم امکان ارزیابی دقیق پروژه طی فرآیند طراحی و تصمیم گیری	عدم امکان برآورد هزینه در طی فرآیند طراحی	-	-	-
۱۳		عدم امکان برآورد دقیق سطح و حجم فضا	-	-	-
۱۵	کاهش توان ساخت و مونتاژ قطعات خارج از سایت	ساخت قطعات به روش سنتی	محاسبه نشده	محاسبه نشده	امکان ساخت قطعات به روش صنعتی و خارج از کارگاه ساختمان
۱۶		نیاز به فضا برای دپو مصالح و قطعات و فضای کار	محاسبه نشده	محاسبه نشده	کاهش فضای انبار با زمان بندی دقیق مصرف مصالح – ساخت صنعتی قطعات
۱۷		نیاز به نیروی انسانی بیشتر در محیط کارگاه	محاسبه نشده	محاسبه نشده	کاهش نیروی انسانی برای ساخت قطعات – نیاز به نیرو تنها برای مونتاژ
۱۸		پایین آمدن ایمنی کارگاه	٪ ۰/۵	٪ ۰/۲	کاهش کار بدنی در کارگاه ساختمان
۱۹	نتیجه		٪ ۷/۹	٪ ۳/۷	

جدول (۴) مقایسه زمان سربار در بخش اجرا میان سیستم سنتی و سیستم بیم

منابع و مراجع

[۱] BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors / Chuck Eastman . . . [et al.]. — 2nd ed.

بخش سوم

مقالات لاتین

18. AIA, C.C. and M.H. Construction, Integrated Project Delivery: A working Definition. 2007.
19. Wong, F., et al., A Review of Buildability Performance in Hong Kong and Strategies for Improvement. Surveying and Built Environment, 2006. 17(2), 37-48.
20. Vahid Shahhosseini, H.H., Amirnojan Naderi, Alireza Joshaghani, taking advantage of building information modeling technology integrated in the delivery of project items a novel approach to sustainable construction. 2014.
21. Samir Emdanat; Robert Mauck, A., P.E.; and Matthew Jogan, AIA, IPD, BIM, and supply chain optimization Bottom-line benefits of 3D-enabled lean delivery for AEC projects
22. Professional Development Advertising Section — Bentley Systems, Inc., 2010.
23. Thomassen, M., BIM Collaboration in the AEC Industry. Thesis in Master of Science in Engineering in Management in the Building Industry (Cand. Scient. Techn.), Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Aalborg University, Denmark., 2011.
24. Brynjolfsson, K.a.O.R., Governing the implementation of BIM. Chalmers University of technology, 2013.
25. Hui-Hsuan, Y., Meng-Hsing, Lee1, Fu-Cih, Siao2, and Yu-Cheng, Lin3, Use of BIM for Constructability Analysis in Construction. 2013.
26. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K., BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Wiley, New Jersey, 2011, 2011.
27. Academic Resource Center, I., Conceptual approach for Integrated Project Delivery (IPD) & Building Information Modeling (BIM).
28. Ahad Nazari and S.S. Ashtiani, Analysis of lean management model integration (. LEAN MNG) and Building Information Modeling (BIM). 9th International Conference on Project Management, 2013.
29. Benedict, I.a.D.J.K.D., Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry :A Conceptual Study. Engineering, Project, and Production Management, 2012.
30. Bullen, J.R.a.C., A primer on critical success factors. Center for Information Systems Research Working Paper No 69. Sloan School of Management, MIT, 1981.
31. Trigunarsyah, B., The key to successful implementionproject management of sustainable infrastructure provision Sustainable urban and regional infrastructure development Hershey. New York: Information Science Reference Publication, 2010.
32. Othman, A.A.E., Constructability for Reducing Construction Waste and Improving Building Performance. Built Environmental Journal, 2011. Vol. 8, No. 2, 31-54, 2011.
33. Jadidoleslami, S., Ehsan Saghatforoush, and A. HeraviTorbati, Using the Integrated Project Delivery (IPD) to Reduce Reworks and Ease the Constructability Implementation in the Tehran Mass-Construction Projects. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Art in Project Management/ MEHRALBORZ Virtual University, 2016.

simultaneous usage of IPD approach and BIM in terms of teamwork and collaboration of project agents can result in reducing mistakes and finally duplications and facilitating constructability implementation.

It is recommended that future studies focus more on real case studies trying to consider both contractual and technical aspects of making such integration happen in construction projects in order to measure more tangible outcomes.

References

1. Jadidoleslami, S., et al., Provide solutions to increase constructability based on principles of constructability of the Construction industry. 3rd National & 1st International Conference in applied research on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, 2015.
2. Jadidoleslami, S., et al., Assessing Barriers to the implementation of the concept of constructability in the construction industry. 3rd International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development-29-31 December 20 ,۱۵Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 2015.
3. Alikhah, F., Assesment of sotial impact: Ghavin-Rasht Highway. 10th Conference on Science and Research, Gilan University, 2009.
4. Yustisia, H., The evaluation of constructability towards construction safety (Case study: Kelok-9 Bridge project, West Sumatera). 2014.
5. Amirhossein Arjmandi, Tahmasb Mazaheri, and M. Eghtedari, Evaluation Integrated Project Delivery and compared to the existing contractual agreements. 6th National Congress on Civil Engineering, May 20 ,۱۱Semnan University, Semnan, Iran, 2011.
6. Saghatforoush E, et al., Effectiveness OF Constructability Consept in The Provision of Infrastructure Assets. 1st International Postgraduate Conference on Engineering, Designing and Developing the Built Environment for Sustainable Wellbeing, Brisbane QLD 4000, Australia, 2011.
7. IPENZ, Constructability. The Institution of Professional Engineers New Zealand Incorporated (IPENZ), 2008. ISSN 1176–0907.
8. Fischer, M. and C.B. Tatum, Characteristics of Design-Relevant Constructability Knowledge. Journal of Construction Eng. & Management, 1997: p. p. 253-260.
9. Radtke, M.W., & Russell, J. S, Project-level model process for implementing constructability. Journal of Construction Engineering and Management, 1993.
10. Saghatforoush, E., Extension of Constructability to Include Operation and Maintenance for Infrastructure Projects. 2014.
11. Griffith, A., & Sidwell, T., Constructability in building and engineering projects. Wiltshire: MACMILLAN, 1995.
12. David Arditi ,M.A.A.E.a.Y.C.T., Constructability Analysis in the Design Firm. ASCE Journal of Construction Engineering & Management, 2002. 10.1061/(ASCE)0733-9364~2002!128:2(117).
13. Council, A.I.o.A.a.A.C., Integrated Project Delivery: A Guide. (2007.
14. Glaser, G.S., 1967; Strauss & Corbin ,1990.
15. AIA&AGC, A.-. Primer on project delivery. New York: AIA and AGCA, 2011.
16. Shahhosseini, N., Hajaroasvadi, Barriers to the use of integrated delivery project items in Iran. 2013.
17. Nida Azhara, Y.K., and Irtishad U. Ahmada, Factors Influencing Integrated Project Delivery in Publicly Owned Construction Projects: An Information Modelling Perspective. ScienceDirect, 2014.

According to the above table, theoretical advances in BIM are not only useful for geometric modeling of building information, but also they can be used in managing construction projects. One of its aspects is parallel application of BIM and IPD, which leads to increasing the capability of constructability and resolving the barriers to its implementation.

8.Discussion

Many problems of the construction projects are due to separation and lack of integration in the project phases and lack of a realistic view about its final result and output. Using IPD approach, practically common objectives are defined for various stakeholders of the project that prevents dissatisfactions in the project. In this regard, BIM - as a means for facilitating IPD approach- plays a significant role in reducing these problems [20]. One of the most obvious usages of BIM, both for designers and contractors, is exchanging design decisions with members of working team and the employer. One of the significant benefits of BIM is that it allows the contractor and his/her team to analyze and test several procedures and its required equipment before the operation begins. This feature results in timely reveal of major and small problems, which if they are discovered late, they will cause serious challenges. After discovering the executive problems, the contractor will discuss about the issue with the designer to amend the plan. On the other hand, this working review can lead to approval of quality standards and evaluating safety of the construction.

Previous studies refer to BIM as an IPD facilitator [25-27], and IPD is also recognized as one of the ways of facilitating constructability [32]. However, what is not addressed so far, is evaluating the parallel impact of simultaneous usage of BIM and IPD for facilitating constructability. Since many project problems, such as increasing time and cost, lack of plan integration and weakness of executive system, are due to lack of exchange of information and effective communication of the design and construction phases and ignoring design decision impacts in the plan constructability, more effective context should be presented for enhancing the construction projects’ integration, through evaluating the parallel impact of IPD and BIM on constructability implementation.

9. Conclusions

In order to implement IPD approach and using BIM as a facilitator for its implementation to reduce the problems of constructability and duplications, through a closer look at the findings of this study, we find that after contractual problems, cultural issues are among the most challenging barriers, which resolving them is the basic prerequisite of education and cultural improvement and requires revision of the rules.

Factors such as poverty of decision making, lack of knowledge about details of designing components of a project, poor coordination among agents, incorrect estimation of time and cost, unclear structure of responsibilities and tasks of agents, lack of applying updated technology, lack of realistic planning and insufficient feasibility studies, not equal participation of the consultant and the contractor in the project profit and loss, legal and contractual processes of selecting the contractor, lack of awareness of employers about benefits of teamwork and cultural poverty in the field of teamwork and weakness in the participatory thinking and decision making, are among items determined during research as barriers to constructability implementation [1].

According to research findings and studies conducted about IPD and applying BIM and the parallel impact of applying these two approaches, if they are localized in cases such as resistance to technological changes and a tendency toward traditional performance, and also political and legal restrictions, most of the barriers to constructability implementation will be covered. It is evident that

4	Lack of communication tools and lack of transparency of information	Establishing relations based on mutual respect and trust	Creating a clear view toward improving the decisions for reducing mistakes and enhancing the quality of the product [27]
		The necessity of free and transparent relations	
5	The long process of dispute resolution	Ignoring the claims between parties as one of the IPD contractual principles	BIM performance as a common source of information between whole of design team and building components will result in conflict prevention [28, 29]
		Sharing risk and reward according to project outcomes	
		Participatory decision making	
		Formation of target criteria collaboratively	
6	Lack of realistic planning and full justification studies	The necessity of early presence of main stakeholders and agents involved in the project	Using BIM and project information simulation will led to realistic planning and reducing the likelihood of errors [20, 24]
		Planning improvement as one of IPD principles	
7	Lack of effective encouraging and punishing regulations	Existence of an encouraging mechanism with a fair and acceptable rewarding approach	
		Sharing risk and reward according to project outcomes	
8	Existence of managerial conflicts and lack of integration	The necessity of clear management and decisions	Integrating technology by using BIM for more analysis [20]
		Participatory decision making	Existence of an array of information related to various activities and tasks of construction management in BIM performance, due to its 3-dimensional physical nature [25, 28]
		Matrix design determining the range of services and tasks	
		Project team assures that tasks, responsibilities, and the scope of authorities and services are determined as soon as possible and are defined clearly.	
9	Lack of interaction culture and team work	Establishing relations based on mutual respect and trust	Permanent and coordinated interaction of all working groups and the determining role of BIM in facilitating and accelerating such interactions [20, 30]
		Formation of target criteria collaboratively	
		Participatory decision making	
		The desire for cooperation and participation	
		Free communications	
		Expert and ability-based organization and leadership	
10	Lack of proper participation of the consultants in project risk allocation process	Equal commitment of main stakeholders	Reducing risks due to changes or incompatibility or incorrect designs by the consultant because of project information simulation [25, 28]
		It is defined based on the clarity of scopes and share of people in risk taking	
11	Not using updated technologies and lack of knowledge	Specifying the type of applied technology at the beginning of the job	Technology type catalyst for stimulating changes [22, 26, 31]
		The necessity of using appropriate technology for accelerating and improving communications	
12	Lack of awareness of employers about benefits of team work	Early presence of agents and team work are supported by the employer	Due to complete modeling of project details, understanding its nature and structure will be clear from the beginning for the employer and stakeholders [21]
		The desire for cooperation and participation	

Table 2: The barriers to implementing constructability, IPD solutions for resolving the available barrier

facilitating and accelerating these interactions are undeniable. In forming team, capabilities, simultaneous working capability, communications, creating honesty and agreement for the integrated process are considered. The process of team making and team forming should successively include

evaluation, diagnosis, and communication training for forming a strong team with separate components. When a team is formed, an environment should be created to allow cooperation and communication grows. Defining cumulative goals for the project and metrics for measuring concurrent performance during adjusting models adapt individual success with project success can create incentives for team work [13].

7.Data Analysis

In this study, available barriers to implement constructability process have been studied and classified through descriptive analysis of data using the NVIVO software [1]. The result of this analysis is presented in the Table 2 with classification of barriers to constructability implementation and solutions provided by IPD approach, and in parallel to that, by using BIM solutions given to resolve these barriers. This table shows how important it is to look at both contractual and technical aspects of easing the constructability implementation in construction projects. Lack of attention to any of these two important aspects may cause delays in proper integration of knowledge from construction phase to the planning and design phases.

Row/ Title	Barriers	IPD-Solutions [13]	BIM-Solutions
1	Incorrect time, method, and criteria adopted for contractor selection	The necessity of early presence of all project agents through mentioning it in the integrated contract	Realistic simulation of project information by using BIM and the likelihood of reducing errors [20, 24]
		Establishing relations based on mutual respect and trust	Enhancing assurance of the contractor's abilities regarding transparency of type of performance and project scope depending on BIM [21]
		The contribution of the consultant and the contractor in the project profit and loss and paving the way for building trust	Using BIM by providing conditions for a safe working environment with least mistake, duplications and wastes, and earning maximum profit and the least cost, paves the way for selecting the correct contractor [23]
2	Lack of mutual trust and respect among project agents	Establishing relations based on mutual respect and trust	BIM performance as a common source of information between whole of design team and building components and reducing conflicts [21, 25]
		The contribution of the consultant and the contractor in the project profit and loss and paving the way for building trust	
		Emphasis on the existence of free and transparent relations	
		Main stakeholders are committed to each other equally.	
		The necessity of participatory decision making in IPD approach	
3	Exerting personal tastes and the monopoly of the right to make the final decision for the employer	The necessity of participatory decision making in IPD approach	Managing changes due to matching with BIM [22]
		The necessity of free and transparent relations	
		Formation of target criteria collaboratively	More understandable impacts due to applying custom changes on the suggested design regarding its visualization and 3-dimensional feature for the employer and stakeholders, and the probability of reducing or adjusting these changes [25, 26]
		Early definition of goals	
		The necessity of existence of organization and leadership based on projects' abilities and value and objectives	

BIM features	IPD features supported by BIM
Sustainability and accuracy of information	Collaborative decision making and control/objectives developed jointly.
Design visualization	Collaborative decision making and control/objectives developed and enforced jointly.
Ease of supply	Divided risk and reward/ objectives developed jointly.
Cooperation of several users	Early presence of project people/ objectives developed and enforced jointly./ multilateral contract
Energy efficiency and sustainable development	Collaborative team making and control/ objectives developed and enforced jointly./ divided risk and reward
Reporting	Collaborative team making and control/ objectives developed jointly./ divided risk and reward

Table 1. Overlapping BIM and IPD features

BIM has the capability to facilitate high level of cooperation required for IPD system. Using 3D visualization abilities, modeling of integrated system enables early identification of potential problems in the design phase. In the following, some of the benefits of using BIM in implementing IPD and/or projects with IPD approach are identified:

1) **BIM and legal aspect of using IPD:**
Using BIM in projects doesn't have any direct impact on legal issues. These need making changes in the law and regulations to help selecting services and processes of risk allocation for implementing IPD system. However, BIM can recognize the significance of IPD system and supports using IPD system to achieve maximum profit by using such advanced technology [22].

2) **BIM and organizational aspect of IPD implementation:**
In terms of organization, BIM helps reducing problems related to IPD implementation. Therefore, in organizations developed for matching BIM, organizational changes will be created in an integrated form and changes in the workflow occurred due to IPD system, are easier than those changes not having any background in using BIM [23].

3) BIM and technological aspect of IPD implementation:
BIM can operate as a technological catalyst to stimulate changes. Organizations invest in the field of infrastructures inclined to BIM, will not need investing in additional resources. Therefore, this is one of the benefits of such organizations and provides them a place nearer to implementing IPD through saving extra expenses of IT infrastructures. The result of this information integration is enhanced coordination, reducing mistakes and wastes, and finally increasing work quality [17].

4) **BIM and team making aspect of IPD:**

Project team is the blood artery for IPD. In this method, all agents of the project come together as an integrated team with an ambitious goal for designing and building a successful project. In the traditional projects, if there is a problem, people prepare themselves for encountering a period of problems, communications are damaged and the project struggles to save itself from failure. In contrast, in IPD projects, when there is a problem, it requires that everyone cooperate with each other. Therefore, project team prepares abilities of team members for making up a new method and coordinated teamwork, in such a critical situation. Permanent and coordinated interaction of all working groups and bold role of IBM in

Finally coding process was performed through descriptive and pattern analyses of data using the NVivo Software. To ease the data analysis process, they are classified through descriptive analysis of collected qualitative data using the NVIVO software. Next section highlights analyses of qualitative data collected. In the NVivo software, which is used for analysis of texts in the qualitative studies, after entering data obtained from interviews, there is the possibility of coding the text. This software is also used for checking the existing codes and their relationship with characteristics of participants. This software allows users to follow research ideas. Next sections describe the analysis process applied using this software.

6.The necessity to parallel application of IPD and BIM to facilitate constructability implementation

Constructability refers to optimal use of construction experience and knowledge in planning, design, procurement, and implementation to achieve the overall objectives of the project. This technique - before project implementation and through identifying barriers -will result in reducing and/or preventing mistakes, delays, and also costs overrun. It requires simultaneous cooperation of project agents and early presence of them, particularly contractors, in the preliminary studies and design phases. Although up to now, the construction industry has grown significantly in different aspects, it still it suffers many problems. Due to the common contractual problems in the construction industry, the possibility of parallel cooperation of stakeholders and project key agents is very limited. Despite careful planning and cost estimations, many projects pass the red lines of time and costs, due to anticipated and unanticipated reasons, most of which are because of lack of presence of key stakeholders in all phases of the project. This issue results in financial losses and dissatisfaction of the employer and lack of constructability of the plan. So far there is no study to focus on increasing implementation in the construction industry and facilitating constructability by reforming contracts and also correcting and improving project implementation method, which lead to reduction and/or removal of many duplications. This study exclusively is focused on resolving constructability barriers and facilitating its implementation by using IPD and BIM, in order to reduce and even to remove the problems of constructability implementation.

In the traditional project delivery methods, contractors were often not considered until the completion of the design phases. This issue does not allow contractors to enter data in the project, and usually design is controlled by the design team until the time of implementation. This issue is not true about the IPD system. Because this system depends on using BIM and cooperation processes of all team members throughout the project. However, due to lack of evolution of IPD system, there are few studies applied this system. After 2009 that Texas State decided to use BIM in all of its projects, this idea arose that through using BIM, they can expect to reduce changes. This is a warning expectation for design companies that are responsible for costs incurred by changes in their contracts [21]. In Table 1, overlapping of IPD and BIM features is specified [17].

Some solutions are also offered for resolving the barriers to constructability implementation [2]. They are classified in the same way and are shown in the Figure 2. The presented solutions may potentially have the capability to resolve several barriers in the field of facilitating constructability implementation, so they should not be considered as restricted solutions.

Figure 2: Available solutions to resolve the barriers to constructability [2]

Having the list of barriers and solutions in hand, this research uses the following methodology to find out the parallel impact of IPD and BIM on facilitating constructability implementation in construction projects.

5.Research Methodology

This study evaluates the parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation, and finally addresses the common impacts to enhance integrity of the construction projects and the significance of paying attention to the effectiveness of both technical and contractual aspects of facilitating constructability in the construction projects.

In order to determine these parallel impacts on facilitating constructability, qualitative method of literature review is used. Its aim is to classify available parallel and common impacts on applying IPD and BIM to implement constructability in the urban construction processes. For that, available barriers and solutions to implement constructability process -identified in the previous studies by these researchers trough Meta-synthesis approach- were considered as the basis of this article.

Figure 1: Conceptual framework of the barriers to constructability [1]

Such early presence in the design stage and increase of team work spirit in IPD approach, have direct effects on enhancing constructability and reducing duplications.
Managing infrastructure projects in developing countries is so difficult due to problems such as unreliable transport system, cultural differences, lack of access to some necessary equipment, and undeveloped delivery methods. Flexibility in projects provides appropriate opportunities for implementing constructability programs. These measures result in enhancing the quality of design and construction and long-term maintenance of a project. If the contractor and other executive agents learn to state their needs from the beginning of the project and the involved people understand each other's needs through cooperation, then common goals will be created. However, the owner's goal- creating an affordable project- may be against the contractor's motivation to earn profit. Meanwhile, IPD is an appropriate way for covering constructability issues. Considering the direct impact of this approach on enhancing plan implementation, the next section will address the constructability studies.

4.Available barriers and solutions to facilitate constructability implementation

Available barriers and solutions to facilitate constructability implementation, have been evaluated and classified by researchers of this study through literature review method using Meta-synthesis technique earlier [1]. These problems have been classified and assessed in three groups of macro barriers as shown in the following figure.

participatory, to facilitate communication, risk division/reduction, increased productivity and creating a context for earning effective experiences by project employers. IPD is one of these participatory systems [15]. Another incentive for moving toward applying IPD, are international issues, which increasingly will be affective on internal markets in future. Today, responding to changing economic conditions requires that architects and contractors change their working methods to increase productivity, and/or witness their destruction.

L-Academy 4 in its studies found that industry and university's experts not only emphasize on early involvement of main suppliers and builders in the internal conflict resolution system, but also they focus on extensive communication among team members and their leadership. In this study, he introduced and identified ten approaches for successful development of projects' integrated contracts [13]:

- Developing project environment compatible with non-flexible decision systems
- Using autonomous project manager in all rules
- Applying external facilitators to help integrated implementation and resolving conflicts
- Integrated design process
- Developing integrated timing
- Early involvement of key suppliers and contractors in the project
- Applying open account or fixed price wages against percentile wages, which can encourage people to manipulate the expenses
- Reward and punishment for all participatory components
- Offering a clear and unambiguous view about growth
- Structuring internal conflict resolution processes that address resolving conflicts between parties without need to court or external references.

BIM is a tool that can simply enhance the technical aspect of integrating people in early planning and design phases. Next section focuses on this concept.

3. Building Information Modeling (BIM)

BIM is a new approach to ensure integrity and coordination in the project. In IPD, the need for coordination and communication is more tangible. On the other hand, exchanging project features among its stakeholders requires documenting such coordination. BIM replaces traditional methods, and through creating a virtual environment, realizes a level of communication and cooperation. This level of cooperation is far beyond the traditional processes [16].

AIA [17] states that although achieving the IPD system is possible without BIM, the justification for this study is that using BIM is necessary for efficient achievement of the cooperation required for IPD system. Achieving success with this method requires that the team be formed as soon as possible, and all of its members have free and equal access to information. Involvement of builder from early stages of the project helps significantly in earning the sustainability desired by the employer [18]. Moreover, it guarantees observing constructability principles during the project design process. Since consultants are often not interested to resolve the problems related to constructability and cooperation, the need for contractual requirements is more tangible in terms of creating responsibility and team making as soon as possible [19].

In IPD, each person and group's profit depends on the other party. It means that at the end of the project, all agents together will win or lose. This feature will encourage the spirit of cooperation and teamwork. In IPD, the final model approved by design team will be evaluated by contractor in terms of constructability and possible implementation problems. Then some solutions will be presented about the identified defects by cooperation of the design team and the contractor. If there is no defect in the plan, the contractor will present some ameliorative suggestions by reviewing the model [20].

The concept of constructability leads to improvements and savings in all aspects of a project, including its time and cost from beginning to its operation and maintenance phases. These advantages will be provided through creating contexts to facilitate the presence of implementation contractors in the initial phases of the project. According to literatures on the constructability concept, it is a long term issue and should be followed up continuously. Communication problems affect the constructability implementation severely. Due to the capability of constructability to affect costs and time progress to achieve optimum conditions, it is necessary to consider plan constructability in the initial phases of the project lifecycle [11]. Nowadays, existence of a clear constructability program in each design company is necessary for enhancing the quality of services and more significantly, for surviving in the competitive market. Constructability program refers to integrating engineering design and implementation knowledge and experience for better achievement of the project's objectives. However, designer's partial understanding of construction and implementation requirements, and owners' resistance to constructability, due to additional costs visible in the project, are main barriers to its implementation. Usually, constructability program leads to creating a cost added to the design cost, and it may harm the company in the competition.

An ideal constructability program starts during the planning phase and continues conceptually to the end of construction [12]. This highlights the need to contractual arrangement to be made to ease such an early integration of project stakeholders. Next section discusses IPD as a solution for that.

2.Integrated Project Delivery (IPD) Method

IPD is an approach in the form of project implementation that integrates business factors and structures, systems, and people in a process. This participatory process uses collective talents and insights of all agents involved in the project to optimize project results, to increase project value for the employer, to reduce waste of resources, and to maximize efficiency of all phases of the project. IPD structure is applicable in a wide range of contractual forms. Integrated projects are distinguishable from other usual projects, due to the effective participation among team members in all stages of the project [2]. This system enjoys high participation and cross-functional teams, which are composed of stakeholders of project lifecycle; including employer, designer, contractor, engineers, and sellers. The prerequisite to achieve success through this method is that the team be formed as soon as possible, and all of its members have free and equal access to information, and project risks and rewards be divided equally among them. Relying on technical advancements in sharing information through world wide web, the team becomes stronger and even its members can cooperate with each other from any point of the world and complete the design and exploit the project faster and cheaper [13].

This method simply prevents many issues such as lack of alignment of people's success motivations with project success in the common systems of project implementation. Accordingly, it suggests that through concluding a multi-lateral contract, all agents share projects' profit and loss. IPD is a very participatory process that integrates skills and expertise of project teams in the initial stages of the project. Experts from different p[project phases attend throughout the project process to ensure that design decisions meet all of the needs of involved agents. In fact, IPD basic principles are involving key stakeholders and their benefits throughout the project and also sharing risks [3].

IPD method is based on cooperation and mutual trust. If there is a trust-based cooperation, the culture of focusing on project goals will be created instead of focusing on personal goals. IPD is threatened without trust-based cooperation, and project stakeholders remains in a hostile and incompatible communicative environment. IPD changes project results in a better way, if thinking of people involved in the project grows. Achieving the IPD benefits requires that all of the agents get involved in the project [14].

New buildings are like complicated machines that need skill, experience, and expertise of professional forces to be completed. The construction industry has used new systems, most of which are

Introduction

One of the measures of developing countries to improve their economic performance is implementing infrastructural civil projects. A large portion of country's budget is allocated to these projects, so proper planning for their plans is necessary in order to achieve the lowest cost to efficiency ratio. Each year, a huge part of the country's funds and financial resources is used for investing in major infrastructure and civil projects [1, 2].

One of the issues raised in Iran during recent decades is the emphasis of policy makers and managers on the construction industry. In that, interdependencies between pre and post construction stages of the projects have mostly been neglected. Usually, management of the construction projects does not have basic assumption of a generalist view [3]. This technique reduces and/or prevents mistakes, delays and also costs overflows, through identifying barriers before project implementation. It requires aligned cooperation of project agents and their early presence, particularly construction contractors.

Due to common contractual problems in the construction industry, aligned cooperation of stakeholders is very restricted. Despite careful planning and cost estimations, many projects go beyond the redlines of time and cost, due to anticipated and/or unanticipated reasons, some of which come from the absence of key stakeholders throughout all project phases. In this regard, Building Information Modeling (BIM) is a new approach toward assurance of this integration, and focuses on the technical aspect of the project, and through creating a virtual environment, provides such communication and cooperation that is far beyond the traditional processes. On the other hand, the Integrated Project Delivery (IPD) approach also overshadows the its contractual aspect. The necessity to pay attention to BIM, as a means for implementing IPD approach, and the common role of their parallel application in facilitating the constructability process, have not been explored so far. Accordingly, the aim of this study is evaluating the parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation.

Early formation of the project team and participation of contractors in the design stage in the IPD approach causes design's completion before beginning the documentation phase and increasing plan's implementation. Such project coordination in the design phase leads to reducing duplications and time wastes in the construction phase [5]. Using IPD and BIM approaches, this study will present solutions to facilitate constructability implementation in the construction Projects.

1.Constructability

Constructability refers to principles used so far in various projects consciously or unconsciously, and have been discussed and studied frequently by various researchers and organizations as "optimal use of construction knowledge and experience in the conceptual planning stages, detailed engineering and construction to achieve projects' overall objectives" [6]. Throughout the construction projects, there are various phases including goals and tasks definition, planning, design, implementation, and operation. Constructability is a system for achieving optimal integration of knowledge and experience in planning, engineering, procurement, and the process of construction implementation, and creating balance in various projects and environmental restrictions to achieve the overall objectives [7].

In order to explain the principles of constructability before project implementation, integrating construction knowledge, experience, and skills in the initial planning and design is considered, which results in improved productivity and reduction of problems [8] and better team work in the project process and the implementation phase [9]. Such integration provides planners and designers a clearer view of the construction phase. This is more significant in the infrastructure projects, because there are often more complexities in such projects compared with those smaller ones. This issue can influence project success in terms of time and budget taken for completion [10].

Parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation

Samereh Jadidoleslami[1], Ehsan Saghatforoush [*2]

MSc in Project and Construction Management, Mehralborz Institute of Higher Education, Tehran - Iran
eslami.samereh@gmail.com

Senior Lecturer, School of Construction Economics and Management, University of the Witwatersrand, Johannesburg South Africa
ehsan.saghatforoush@wits.ac.za

Abstract

Constructability is a project management technique to review the construction process throughout the project before starting its implementation. This technique reduces project mistakes, delays, and also overflows through identifying possible barriers. It requires project agents' aligned cooperation and their early presence -particularly contractors- in the preliminary studies and design phases. Due to common contractual problems in the construction industry, aligned cooperation of stakeholders and project key agents is very restricted. Despite careful planning and cost estimations, we usually encounter lack of constructability of the plans, lack of integration and weak coordination in projects, due to anticipated and/or unanticipated reasons, some of which are because of the absence of key stakeholders in all phases of the project. In this regard, Building Information Modeling (BIM) is a new approach toward assurance of this integration. BIM replaces traditional methods of documenting and, through creating a virtual environment, makes possible cooperation and communication, which are far beyond the traditional processes. Yet, BIM is a means for facilitating the Integrated Project Delivery (IPD) approach, which tries to facilitate the constructability process through focusing on the contractual reforms. The aim of this study is evaluating the parallel impacts of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation. Practically, these new approaches portray common objectives for various project stakeholders that prevent dissatisfactions in projects. Applied research method for this study is qualitative method. Literature review is used for in-depth data collection, reviewing previous studies and their interpretation; then data were classified through descriptive analysis. The necessity of conducting this study comes from this fact that a great deal of problems in projects -such as increased time and cost, lack of integration of the plan, and weak implementation system- are due to lack of information exchange and effective communication of design and construction people and ignoring the effects of design decisions on plan's constructability. In this study, through evaluating the parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation, common impacts are presented. This study highlights the significance of paying attention to both parallel impacts of technical and contractual aspects on facilitating constructability in construction projects.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); Constructability; Integrated Project Delivery (IPD); Integration

بخش چهارم

چکیده لاتین مقالات

Implementation of BIM and review the organizational culture and behavior by considering on the experiences of South Housing Investment Company

Abstract

Over the last years, the word "BIM" and the modeling of construction information and its application in the construction industry has become a hot topic across the country, but in the reality, it is still very obscure. First of all, this paper attempts to study the topic of “BIM” and its role and purpose in building projects. And then briefly reviews the BIM process (especially culture and behavior) based on valid international laws.

Finally, it studies the implementation of BIM in the projects of the Housing Investment Company as one of the best construction company in Iran. This paper attempts to evaluate the BIM in large-scale companies such as the South Housing Investment Company with the goal of creating value in an organization. It attempts to have a positive role in establishing an effective framework for similar projects by similar companies throughout the country.

Keywords: BIM, organizational culture, organizational behavior, value engineering, South Housing Investment Company

Integrating Life Cycle Cost (LCC) to design green school using Building Information Modelling (BIM)

Abstract

Evaluating the environmental impacts and energy simulation of building's components at the conceptual design stage are very helpful for designers needing to decide on the most appropriate alternative design that would lead to energy efficient building design. Building Information Modeling (BIM) enables designers to evaluate different design alternatives at the conceptual design phase of the project so that energy and life cycle cost (LCC) strategies and systems are attained. This paper intends to provide the basics of life cycle cost (LCC) and its implementation in green buildings and design optimization to evaluate the applications of this technology in simulating energy and cost analysis. The implementation is within developing plug-ins on BIM tool capable of measuring the environmental impacts (EI) and embodied energy of building components. Using this method, designers will be provided with a new way to visualize and to identify the potential gain or loss of energy for the building as a whole and for each of its associated components. In order to prove the efficiency and validation of this method, a proposed model for the green school design has been studied. The results of this study are proof of the accuracy of this claim.

Keywords: Building Information Modelling (BIM), green building, Life Cycle Cost (LCC), energy efficiency.

Two paradigms and a future; the role of BIM and PMBOK in the development of the building industry

Abstract

Management knowledge in each field plays a leading role in the implementation and success of the projects. In other words, project management can be considered as the main factor behind the abstract design to efficient architectures. Therefore, construction manager, whether an architect or a specialist in other disciplines which involved in the construction industry, should adhere to the principles of management and requirements. Management knowledge in each field plays a leading role in the implementation and success of the projects. In other words, project management can be considered as the main factor behind the abstract design to efficient architectures. Therefore, construction manager, whether an architect or a specialist in other disciplines which involved in the construction industry, should adhere to the principles of management and requirements. Building information modeling as a design method has evolved architectural, structural, and project management and project management throughout the life cycle of a project (feasibility studies, design, implementation, exploitation), needs to be combined with Effective concepts in management. PMBOK as a set of management principles that have shared points with BIM elements can play a complementary role in the transition of the building industry towards development. The transition from traditional methods of managing workshop and construction requires a paradigm shift in social and economic infrastructure, both BIM and PMBOK discourses have been created with this vision and purpose to integrate theoretical, technical. The executive will increase the quality of the construction projects.

Keywords: BIM, PMBOK, Construction Industry, Architecture, Project Management

A Review of Three Dimensional Building Model Creation Using 3D laser Scanners

Abstract

Considering the expansion of the use of 3D models of buildings in different parts of the project management, it is important to have this a three-dimensional model. Nowadays in recently built buildings, often; the three-dimensional model is being prepared at the project design stage using existing software for example Revit, which can be used to manage the resources. It is meanwhile the buildings built in the past, lack such digital models, and there may even be no two-dimensional maps as their documentation, in which case the use of new technologies, including laser scanner device, seems more likely that we can use the output of this devices to build a three-dimensional model. In this article, the process of transforming the output of the laser scanner device into semantically element of structure such as the wall, is presented step by step based on the articles and researches carried out so far.

Keywords: Modeling; 3D Modeling; Laser Scanning

BIM Implementation in the construction industry and project management practices, common points and solutions

Abstract

Modling buliding's details is getting to be a comprehensive cooperation between different sections of construction industry which merges various majors through efficient connectivities and analysis the systems of a project for the proper compatibility with each other. Moreover, by using an assessment for given values, it estimates costs and time of a project and consequently it provides a perspective and valuable database for the project thanks to the conducted model for project's team. On the other hand, all of the aforementioned items will be usually done by the project management's team during lifetime of project's construction. However, benefiting from the advantageous of modeling details of a building, one can easily analyze the process of construction in a more efficient way and find the best approach to manage the project. Hence, this research aims to establish a connection between the concept of modeling building's details and project management and achieve an actual vision of their conflicted and common aspects and finally integrate these two for acquiring the best proper performance and achievements in construction fields.

Keywords : Project Management, BIM, Construction Industry

Parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation

Abstract

Constructability is a project management technique to review the construction process throughout the project before starting its implementation. This technique reduces project mistakes, delays, and also overflows through identifying possible barriers. It requires project agents' aligned cooperation and their early presence -particularly contractors- in the preliminary studies and design phases. Due to common contractual problems in the construction industry, aligned cooperation of stakeholders and project key agents is very restricted. Despite careful planning and cost estimations, we usually encounter lack of constructability of the plans, lack of integration and weak coordination in projects, due to anticipated and/or unanticipated reasons, some of which are because of the absence of key stakeholders in all phases of the project. In this regard, Building Information Modeling (BIM) is a new approach toward assurance of this integration. BIM replaces traditional methods of documenting and, through creating a virtual environment, makes possible cooperation and communication, which are far beyond the traditional processes. Yet, BIM is a means for facilitating the Integrated Project Delivery (IPD) approach, which tries to facilitate the constructability process through focusing on the contractual reforms. The aim of this study is evaluating the parallel impacts of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation. Practically, these new approaches portray common objectives for various project stakeholders that prevent dissatisfactions in projects. Applied research method for this study is qualitative method. Literature review is used for in-depth data collection, reviewing previous studies and their interpretation; then data were classified through descriptive analysis. The necessity of conducting this study comes from this fact that a great deal of problems in projects -such as increased time and cost, lack of integration of the plan, and weak implementation system- are due to lack of information exchange and effective communication of design and construction people and ignoring the effects of design decisions on plan's constructability. In this study, through evaluating the parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation, common impacts are presented. This study highlights the significance of paying attention to both parallel impacts of technical and contractual aspects on facilitating constructability in construction projects.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); Constructability; Integrated Project Delivery (IPD); Integration

BIM solutions in parametric panelling skin and experiences of Isfahan international conferences center project

Abstract

BIM approaches in middle to large scale projects can improve the quality of construction and reduce costs and time which can , in turn , lead to an increase in productivity and deline in wasting energy .
This issue has been investigated in the Isfahan international conferences center . A circular building with a parametric panelling face was designed in the centeral part . As the construction of the panels in a circular facade was complicated and also due to lack of precise information . Model of project was made in order to measure the distances between panels and the sizes of the coordination and asbuilt documents .
Using BIM increase the quality of the project , but it also made unpredictable changes which were caused by construction limitations easier to make . The result was a complete coordination between the construction and the technical teams as well as the operational group . Such projects have led to some improvements in operations and basic theories . They have also made a bright outlook of this stage of constructions . Using BIM which is proportionate with the scale and costs of each project can translate into higher efficiency and more benefits . The resulted profits make great satisfaction and can flourish the market .

Keywords: BIM , information modeling , parametric facade , construction coordination , asbuilt document , reduce costs and time

Emplementation of building information modeling (BIM) and managing stakeholders in construction project

Abstract:

Building Information Modeling (BIM) in the past decade emerged as a key stage of construction and engineering research (Civil-architecture) in the world. BIM is a digital presentation of equipment specifications and physical dimensions as an addition technology to the construction projects can be applied in other areas of construction. In other words, BIM is a blend of art and science skills that are useful to improve the stages of the project to be enjoying it. The use of building information modeling as a plan of action to coordinate and organize actions can be made to achieve the goals and decision that an average of 70% to 80% construction costs determined by the design decisions in the early design stages. By creating a comprehensive view of the architecture, engineering and construction industry,reducing the cost of implementing BIM on projects of%7have been reported. With the advancement and development of this technology in addition to 3D modeling, other dimensions such as time, cost, sustainable building, facilities and assets management (7D Modeling) located in a building information modeling. In this paper by checking previous researches in recent decades and determine areas of influence and case study in two different project type (scale & poupose), implementation of BIM in construction projects to create the best impact in the manufacturing process and stakeholder management, are presented.

Keywords: Building information modeling (BIM), implementation, Stakeholders management, 3d, 7d.

Two Approaches for Classification of Barriers to the Implementation of Building Information Modeling (BIM): Type of Barriers and Decision-making Level

Abstract

As the global application of Building Information Modeling (BIM) Technology in the AEC industry expands, adoption of this technology in third world countries, including Iran, is facing many barriers. In order to promote the use of BIM in these areas, it is essential to identify the barriers and problems associated with its implementation. This article, consequently, used a systematic review of the relevant literature to identify and categorize these obstacles. The past studies are also reviewed in terms of year of publication and country of study. In this paper, two types of classifiations are utilized to organize obstacles. The first type of classification is based on the type of barriers including social-organizational, technical, legal, economic and contractual categories. For eliminating the barriers it is essential to identify the responsible institutions in different levels of decision-making. Therefore, the second classification is based on the decision-making levels for removing these barriers, which includes three levels of governmental/industrial, organizational and inter-organizational.

Keywords: Building Information Modeling, BIM, Impelemenation Barriers, decision-making level

Feasibility Study on Building Information Modeling (BIM) Implementation in Architectural Consulting Companies in Urmia- Iran

Abstract

Nowadays, Integrated Project Delivery (IPD) along with Building Information Modeling (BIM) is considered as a research process in project management. Projects are getting bigger and more complex due to the development of human needs, but the issue of the relationship between existing project information remains a challenge, due to the inadequacy of current software design and modeling (AutoCAD, 3ds Max) are causing many problems in creating coordination between the various project factors. In this research, the general principles of BIM and its relationship with construction, the degree of acquaintance of selected architectural consulting companies with BIM and feasibility study of BIM implementation in Urmia city architectural consulting companies was investigated through the distribution of questionnaires and its results were analyzed using SPSS software. The results indicate that Urmia city architects lack the knowledge of the BIM system, which is a lack of acquaintance as a result of the newness of the BIM system and the lack of any training for familiarization with the system at the educational centers.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Integrated Project Delivery (IPD), Designing and Modeling Software, Architectural Consulting Companies.

Integrating Decision Support System(DSS), Building Information Modeling(BIM) For Selecting Sustainable Materials

Abstract

Selection of sustainable building component is one of the great challenges in every project. Designers decide by their experiences that constitute to a plethora of problems. There are various criteria for selecting the building materials and building elements, so making a good decision is difficult.

In this paper, we propose a methodology that integrates Decision Support System(DSS) and Building Information Modeling(BIM) from the approach of sustainability. DSS using different methods like TOPSIS & SAW to decide about the materials and suggest them to the user. The weight matrix is getting from expert opinion.

At the end of the process, This model evaluates the selected materials by Life Cycle Cost (LCC) and validate the performance of the model.

Keywords: Sustainability, Decision Support System, Selecting Materials, Building Information Modeling

Integration of life cycle assessment and building information modeling at the conceptual stage of building projects

Abstract

There is an increasing global concern towards environmental issues such as global warming and air pollution, which necessitates Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry to evaluate environmental impacts for construction materials. Designing sustainable buildings necessitates the selection of materials and systems with good environmental performances, which in turn requires that the impacts of the selected materials on the environment be quantified. A common method employed for this quantification is Life Cycle Assessment (LCA), which is globally recognized as one of the most complete methods for the environmental assessment of buildings. Building Information Modeling (BIM) offers designers the ability to assess different design alternatives at the conceptual stage of the project, allowing them to select the right type of materials during the early design stage and to make energy-related decisions that can have great impact on the building's life cycle. This research aims to focus on a methodology to integrate BIM and LCA as two recognizing concepts from the very early conceptual model to support building design at all levels of development, instead of generating LCA results only when the fully detailed BIM model is ready and where design and material choices have been made. The successful implementation of such a methodology represents a significant advancement in the ability to attain sustainable design of a building during the early stages, to evaluate its environmental impacts. An application of an actual building project will be presented in order to illustrate the usefulness and capabilities of the developed approaches.

Keywords: Building information modeling, BIM, Life cycle assessment, LCA, sustainable design

IN THE NAME OF GOD

Proceedings of
The First International Conference on Building Information Modeling

CONTENTS

Abstracts:

Integration of life cycle assessment and building information modeling at the conceptual stage of building projects …… 1

Integrating Decision Support System(DSS), Building Information Modeling(BIM) For Selecting Sustainable Materials …… 2

Feasibility Study on Building Information Modeling (BIM) Implementation in Architectural Consulting Companies in Urmia- Iran …… 3

Two Approaches for Classification of Barriers to the Implementation of Building Information Modeling (BIM): Type of Barriers and Decision-making Level …… 4

Implementation of building information modeling (BIM) and managing stakeholders in construction project …… 5

BIM solutions in parametric panelling skin and experiences of Isfahan international conferences center project …… 6

Parallel impact of IPD and BIM approaches on facilitating constructability implementation …… 7

BIM Implementation in the construction industry and project management practices, common points and solutions …… 8

A Review of Three Dimensional Building Model Creation Using 3D laser Scanners …… 9

Two paradigms and a future; the role of BIM and PMBOK in the development of the building industry …… 10

Integrating Life Cycle Cost (LCC) to design green school using Building Information Modelling (BIM) …… 11

Implementation of BIM and review the organizational culture and behavior by considering on the experiences of South Housing Investment Company …… 12

Proceedings of
The First International Conference on
Building Information Modeling

2018

اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) به همت جمع کثیری از اساتید دانشگاه های مرجع کشور، دستگاه های سیاستگذار و بخش خصوصی کشور، هفتم و هشتم اسفند ماه ۱۳۹۶ برگزار شد. در این کنفرانس از بین مجموع مقالات ارسال شده به کنفرانس، ۸ مقاله در بخش شفاهی و ۱۰ مقاله در بخش پوستر پذیرفته شدند که در این کتاب، متن کامل تمامی مقالات، جهت اطلاع عموم، منتشر شده است.

ISBN:978-600-7589-99-1

برگزارکننده کنفرانس: گروه طرح و ساخت مهرگان

حامیان کنفرانس: