تجزیه و تحلیل موانع اجرای مدل اطلاعات ساختمان (BIM) در ساختمان‌های صنعتی ایران*

مهدی زندیه[۱] (نویسنده مسئول)، ایرج محمودزاده کنی[۲]، پدرام حصاری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۹

چکیده

در مراحل طراحی، تولید و ساخت ساختمان‌های صنعتی موارد بسیاری دخیل هستند از جمله موارد غالب در این زمینه، محاسبات تأسیسات و سازه می‌باشد، معماری به عنوان پیونددهنده‌ی این موارد در راستای تأمین نیازهای اکولوژیک، انسانی، اقتصادی، امنیتی و ... الزاماتی را پیشنهاد می‌دهد، استفاده از یک روش کاربردی و هدفمند که نقاط قوت خود را در سطح ساخت و طراحی این‌گونه ساختمان‌ها به منظور تأمین نیازهای فوق در جهان به اثبات رسانیده است، لازم می‌آید. BIM، روشی کاربردی بر پایه‌ی اطلاعات ساختمان یکی از این روش‌ها می‌باشد که در ایران دارای شبهاتی در عدم اجرای آن در روند طراحی ساختمان‌های صنعتی است.

پژوهش حاضر با هدف تأکید و بازشناخت موانع اجرای بیم، در جهت تأکید در برطرف نمودن آن‌ها از جوانب مختلف به صورت اولویت‌بندی، کاربردی بوده و با فرض این که با افزایش دامنه اطلاعات و همچنین پیچیدگی‌های آن، در طراحی ساختمان‌های صنعتی، ضرورت بر مدیریت یکپارچه از طریق بیم وجود دارد، به توصیف موانع اجرای این سیستم مدیریتی در پروژه‌های صنعتی کشور اعم از نیروگاهی و غیره پرداخته و با مخاطب قراردادن مدیران ارشد، مشاوران و همچنین پیمانکاران، مواردی را با مشاوره متخصصان به صورت لیست ارائه نموده است و در مرحله‌ی دوم با استفاده از پرسشنامه و نظرسنجی از کارشناسان اعم از مدیران شرکت‌های مشاور، پیمانکاران و اساتید؛ چهار معیار اصلی اقتصادی، پشتیبانی، فنی و مدیریتی با زیر معیارهایشان را با روش سلسله مراتبی (AHP) و تحلیل نرم‌افزاری Expert Choice مورد بررسی قرار داده، در نهایت پشتیبانی با وزن نهایی ۰/۴۶۴ در رتبه‌ی اول تعیین شد و زیرمعیار تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین که ناشی از عدم بروزرسانی سریع توسط دانشگاه و پشتیبانی دولت در ورود روش‌های موفق در دنیا در صنعت ساختمان است را با وزن نهایی ۰/۲۶۵ در اولویت کلی می‌شمارد و عدم تخصص که از زیرمعیارهای فنی است را با وزن نهایی ۰/۱۳۲ در اولویت دوم بیان می‌نماید، بدین ترتیب اولویت توجّه به رفع این نواقص و موانع را با روش فوق دارای اولویت می‌سازد.

واژه‌های کلیدی:

مدل اطلاعات ساختمان (BIM)، ساختمان‌های صنعتی، طراحی، سلسله مراتبی (AHP).

۱. عضو هیئت علمی (دانشیار) دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران، دکتری معماری منظر از انگلستان، Mahdi_Zandieh@yahoo.com

۲. عضو هیئت علمی (استاد تمام) دانشگاه تهران، imkani@ut.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران، Pedramhessari2012@yahoo.com

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری آقای پدرام حصاری با عنوان بهبود طراحی فضای معماری با تأکید بر کارایی و اثربخشی در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، به راهنمایی آقای دکتر مهدی زندیه و آقای دکتر ایرج محمودزاده کنی در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) می‌باشد.

۱- مقدمه

صنعت ساختمان از آن دسته موضوعاتی است که در تمامی کشورهای دنیا جزء اولویت‌های تخصیص بودجه و برنامه‌ریزی می‌باشد، ساختمان‌های صنعتی با قرارگیری در این صنعت، خود دارای شرایط و ضوابطی در شروع طراحی می‌باید، ساختارهای رعایت الزامات زیست‌محیطی و همچنین سازه و تأسیسات و ... را فراهم آورند و این سازماندهی را به گونه‌ای شکل دهند که بتوانند مدیریت هزینه و زمان را در بهترین شکل به انجام رساند. یکی از روش‌هایی که در این زمان در تمامی دنیا دارای رواج شده است، مدل اطلاعات ساختمان (BIM) است. این روش یک تکنولوژی مدل‌سازی و مجموعه‌ای از فرآیندهای مرتبط با تولید، ارتباطات و تجزیه و تحلیل اطلاعات ساختمان است که به عنوان یک توانمندی در جهت بهبود بهره‌وری صنعت ساخت‌وساز است (Gerber& Rice, 2010:185).

همچنین، با توجه به این که ساختمان‌سازی در حال پیچیده‌ترشدن است و منابع بیشتری برای ساخت و فعالیت نیاز دارد و این یعنی افزایش هزینه طول عمر ساختمان، همانطور که این هزینه‌ها و پیچیدگی‌ها بیشتر می‌شود ما هم با انبوهی از اطلاعات برای مدیریت ساختمان روبرو شده‌ایم، برای همگام شدن با این روند رو به رشد، باید راه‌های بهتری را برای هماهنگ‌کردن این اطلاعات بیابیم و به طور واضح این اطلاعات را به گروه‌های مربوطه انتقال دهیم و در عین حال نقش خود را در بوم‌شناسی جهانی درک کنیم. با انجام چنین کاری، می‌توانیم از ابزارهای موجود در جهت ایجاد بازدهی بیشتر و استفاده‌ی بهینه از مصالح استفاده کنیم (کریگیل و نیس، ۱۳۹۳: ۴۹) در این روش لایه‌های مختلف کار در تیم مشاور (طراح)، پیمانکار با یکدیگر همپوشانی داده شده و در مدت زمان کوتاه‌تری خطاهای احتمالی و برآوردها صورت می‌پذیرد. البته این روش بر پایه‌ی اطلاعات ساختمان، نیازمند اطلاعات تکمیلی و خط‌مشی تعریف شده می‌باشد.

این در حالی است که در ایران، ساخت پروژه‌های صنعتی با تمرکز بر دانش سنتی و روش‌های پیگیری طراحی در محیط‌های دوبعدی و گاهاً سه بعدی انجام شده و با تمرکز بر توانایی‌های سازه و تأسیسات به صورت مجزا و با توجه کم و ناخودآگاه، تداخلات احتمالی مراحل مختلف کار با تخصص‌های گوناگون در مرحله‌ی پیش از ساخت صورت می‌پذیرد و در طی مراحل ساخت با دشواری‌هایی از بابت تغییرات احتمالی مواجه هستند که پیش‌بینی‌های زمانی و مالی را تحت‌الشعاع قرارداده و فشارهای بالقوه را به دنبال دارد، روش بیم که در کشورهای پیشرفته دارای فراگیری قابل توجهی شده است با توجه به مزایای آن و تجربیات دیگر کشورها، سیستم ساختمان‌سازی صنعتی دیگر کشورها را درنوردیده و با سرعتی زیاد این راه را می‌پیماید؛ ولی چرا این موضوع با این همه گستردگی در دنیا هنوز آنچنان که باید و شاید در ایران مورد استفاده نیست، لازم است در پژوهش‌هایی در ایران نیز دنبال شود. در واقع مسئله در این پژوهش این است که چرا ساختمان‌های صنعتی که اکثراً پشتیبانی دولت را دارا می‌باشند، در ایران از روش فوق با توجه به مزایای اثبات شده‌ی آن، در طراحی بهره نمی‌گیرند یا به آن کم توجه‌اند؟

این پژوهش سعی دارد با فرض ضرورت مدیریت یکپارچه اطلاعات در طراحی پروژه‌های صنعتی و نیاز روز افزون این بخش از ساخت‌و سازها در کشور به روش بیم، موانع اجرای آن را به روشی هدفمند و جامع در جهت بهبود این موانع دنبال کند و به تدوین این موانع در ایران با استفاده از تجربیات دیگر کشورها و نظر کارشناسان کشور در این امر بپردازد و در بخش تحلیل وجوب و لزوم عدم تحقق این امر را از منشأ مورد بررسی قرار دهد. در واقع هدف این پژوهش شناسایی عوامل عدم تحقق بیم از نظر کارشناسان، طراحان و مدیران ارشد و پیمانکاران ساختمان‌های صنعتی به منظور ورود و تقویت این شیوه‌ی مدیریت یکپارچه در صنعت ساختمان‌سازی در حیطه‌ی ساختمان‌های صنعتی است.

این مقاله با تمرکز بر ارائه یافته‌های حاصل از بررسی که با هدف درک ارزش BIM در صنعت ساخت‌وساز ایران در حوزه‌ی ساختمان‌های صنعتی، به منظور رفع این کاستی با اولویت تأکید و مداخله‌ی زودهنگام و جلوگیری از خطاهای فزاینده در طراحی، به شناخت معیارها و اولویت‌ها می‌پردازد. در این‌جا تصمیم‌گیری در میان خبرگان لازم بوده و پیمایش در بین نظرات افراد فرهیخته و دارای تخصص لازم کارگشا است. در واقع تصمیم‌گیری در مورد چگونگی مداخله، نیازمند روشی علمی و همچنین مشورتی می‌باشد، پیمایش مذکور از بین نظرات تعدادی از کارشناسان اعم از مدیران شرکت‌های مشاور، پیمانکاران و اساتید در حوزه طراحی و ساخت ساختمان‌های صنعتی است. در واقع معیارها در این زمینه از تحقیق دارای ارزش انتخاب بوده و نیازمند انتخاب روشی کارآمد است؛ روش تحلیل سلسله مراتبی از میان روش‌های موجود، به دلیل ماهیت ساده و جامع دارای مزیت است. این

فرایند یکی از جامع‌ترین نظام‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا در آن امکان درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسئله وجود دارد، علاوه بر این، روش مذکور بر مبنای مقایسه‌ی زوجی بنا نهاده شده است که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند، همچنین این روش میزان سازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایا آن تصمیم‌گیری چندمعیاره است، ضمن آن‌که از یک مبنای نظری قوی نیز برخوردار است. این فرایند شامل قدم‌های طراحی فرایند سلسله مراتبی و محاسبه‌ی وزن و بررسی سازگاری سیستم است (شاهین و کلیج، ۱۳۸۷: ۱۵۴). با توجه به ادبیات و چهارچوب‌های نظری موجود در زمینه‌ی موضوع مقاله، موانع سنجش و رتبه‌بندی اهمیت آن‌ها از دیدگاه صاحب‌نظران، شناسایی و معیارهای نهایی با بهره‌گیری از دیدگاه خبرگان در نرم‌افزار Expert Choice گزینش می‌شود.

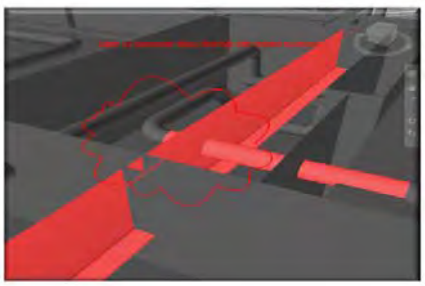
۲- ادبیات و چارچوب نظری پژوهش

۲-۱- ضرورت مدیریت یکپارچه اطلاعات در پروژه‌های صنعتی

ساختمان و سازه‌های صنعتی به طیف وسیعی از ساختمان‌ها و سازه، مانند کارخانه ها، نیروگاه‌ها، آزمایشگاه صنعتی و کارخانه های تولید فرآورده های مواد معدنی تقسیم می‌شوند(Smith, 2012: 5). ساختمان‌های صنعتی به عنوان یک سیستم ساختمانی که معمولاً به عنوان مجموعه ای از عناصر مرتبط به هم که با هم برای انجام عملکرد تعیین‌شده‌ای می‌باشد (Rostami, 2015: 183) تعریف می‌شوند در واقع مجموعه‌های صنعتی غالباً پروژه‌های حساس با ارزش بالا از نظر سرمایه گذاری اولیه همراه با پیچیدگی های ویژه از نظر مشخصات، عمومی و خصوصی هستند (Sandefur, 2011: 3). طبق تعریف زیمنس مجموعه‌ی صنعتی، مجموعه‌ای از ماشین‌ها و تجهیزات است که با یکدیگر جهت تولید محصول نهایی عمل می‌کنند، یک مجموعه صنعتی شامل ماشین‌آلات نیست، بلکه شامل زیرساخت‌هایی مانند تأمین نیرو، تهویه، دفع پسماند نیز می‌باشد (گرجی مهلبانی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۶)، در حقیقت در طراحی این چنین ساختمان‌هایی پیچیدگی در حد بسیار بالایی بوده و اتخاذ روشی در طراحی لازم است که در فاز مطالعاتی بتواند دامنه همه‌ی این اطلاعات را با یکدیگر در آمیزد و سیستمی یکپارچه و قابل اعتماد در آینده از بابت ساخت و تعمیر و نگهداری ارائه دهد.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان طراحی به کمک نرم‌افزارهای کاربردی، با مجموعه‌ای از تعامل خط مشی فرآیندها و فن‌آوری، به تولید یک روش مدیریت ضروری طراحی ساختمان و اطلاعات پروژه در یک فرمت دیجیتال در سراسر چرخه‌ی حیات ساختمان تعریف می‌شود (Eadie et al, 2014: 77). در این روش همه‌ی اطلاعات در یک مدل خلاصه می‌شود؛ هدف از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، واردکردن همه چیز در یک مدل است تا بتوان به ساختمان یا پروژه با دید کلی نگاه کرد. با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، می‌توان اجزاء تشکیل دهنده‌ی ساختمان را طراحی و اصلاح کرد و سیستم می‌تواند این تغییرات را در همه‌ی جنبه‌های دیگر طرح اعمال کند؛ {بنابراین همانطور که پلان ساختمان در حال طراحی است}، سیستم همزمان نمای ارتفاعی مقطعی و جزئیات را به همراه بار انرژی می‌سازد؛ {و اگر تغییر در نمای ارتفاعی اعمال شود} سیستم همین تغییرات را به شکل خودکار در پلان و مقطع اعمال خواهد کرد (کریگیل و نیس، ۱۳۹۳: ۵۰).

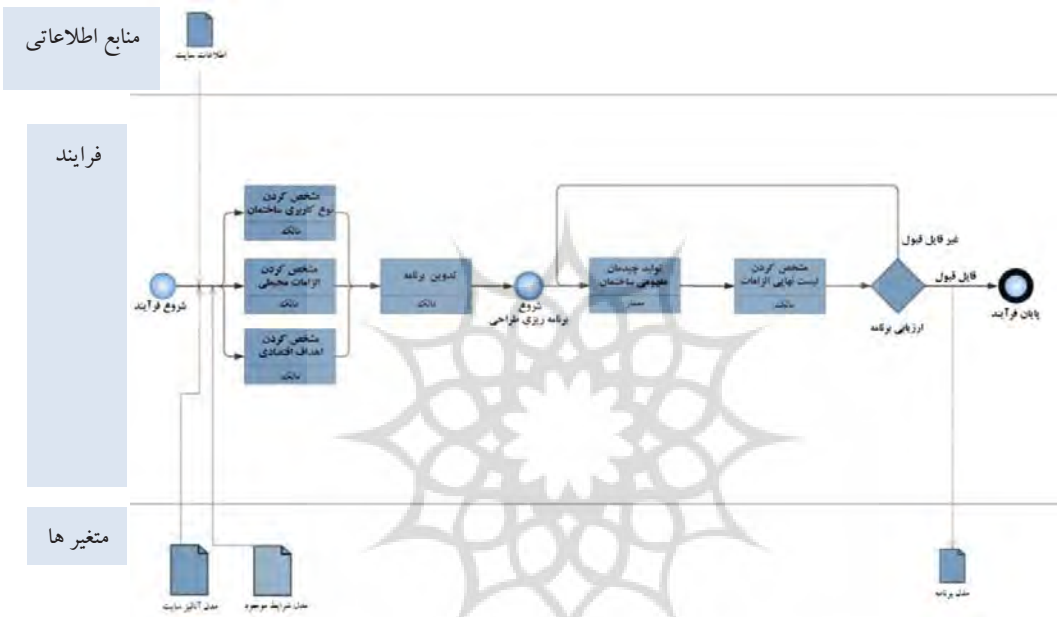
به طور کلی ضرورت انجام این شکل از پژوهش به دنبال مزایای بسیار بیم است؛ زیرا که بیم یک فرآیند مبتنی بر مدل هوشمند است که بینش برای ایجاد و مدیریت پروژه‌های ساخت‌وساز و زیرساخت‌های سریع‌تر، از نظر اقتصادی و با اثرات زیست محیطی کمتر را فراهم می‌کند. مدل‌های ایجاد شده با استفاده از نرم‌افزار، برای بیم، به دلیل داشتن روابط و اطلاعات، به صورت خودکار ساخته می‌شود. قطعات در مدل به صورت مداوم از نظر چگونگی عمل و تعامل با یکدیگر بررسی می‌گردند؛ مدل در واقع یک پایگاه داده‌ای از مجموعه‌ی عناصر، شامل اطلاعات هندسی و داده‌های غیرگرافیکی است. به صورتی که اگر طراحان یک عنصر مدل را تغییر دهند، نرم‌افزار BIM به طور خودکار مختصات تغییر در تمام موارد را نمایش می‌دهد (Autodesk, 2012: 3).



تصویر ۱. مدیریت با استفاده از نرم‌افزار Autodesk Navisworks و محصولات نرم‌افزاری Autodesk Revit برای کمک به تشخیص برخورد رفتارهای سازه و تأسیسات (Ibid: 10)

با اشاره به مثال بالا، در تیم استفاده‌کننده سازه و تأسیسات، این روش با بررسی ملاحظات ویژه با استفاده از نرم‌افزارهای خاص، خطاها را شناخته و از بروز خطاهای اجرایی در ساخت جلوگیری به عمل می‌آورد، این خطاها هزینه‌ی و زمان اجرای پروژه را زیاد می‌نماید که با این روش از بروز این فاجعه جلوگیری به عمل می‌آید.

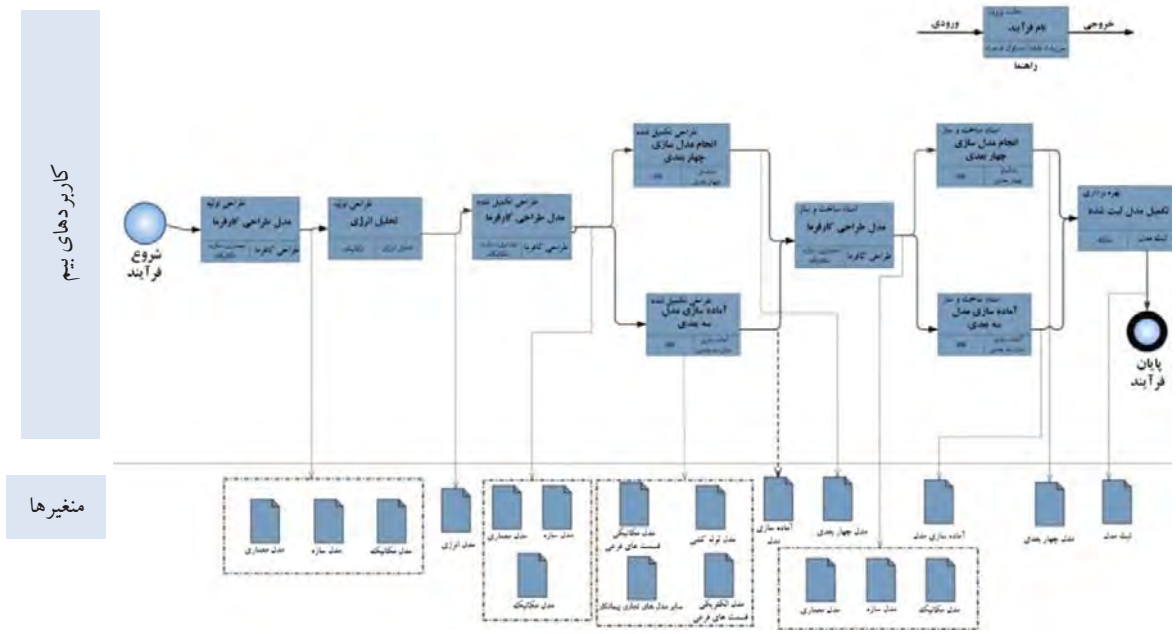
بسیاری از نرم‌افزارها در کشورهای پیشرفته در حال استفاده است که هر کدام مسئولیت خاصی از این مدیریت و یکپارچه‌سازی را به عهده دارند، نرم‌افزارهایی مبتنی بر سازه، تأسیسات و مکانیابی و ... که در جای خود و در ترکیب با توجه به نوع پروژه پیشبرد این روش را سبب می‌گردند، در واقع مدل از دو بعد به سه بعد و سپس چهار بعد گسترش می‌یابد. در حالی‌که در ایران بیشتر از ساختار دوبعدی CAD استفاده می‌گردد. در این روش منابع اطلاعاتی مورد نیاز به صورت تکمیل، مدون و طبقه‌بندی در فرآیندی با توجه به الزامات نهایی مورد نظر کارفرما، چیدمان مفهومی می‌گردد و با ارزیابی، قابلیت ادامه کار را مشخص می‌نماید.



نمودار ۱. روند برنامه ریزی بر مبنای مدل اطلاعات ساختمان(Anumba et al., 2010: 75) (بازترسیم: نگارنده)

در این روش مدل چهار بعدی از اطلاعات تهیه می‌گردد، بدین صورت که در ابتدا طراحی اولیه توسط تیم طراحی تهیه می‌شود، در این مرحله مدل دوبعدی از پروژه تهیه شده و در ورود به مرحله بعد سه بعدی می‌گردد، در این مرحله طراحی تکمیلی یا اسناد ساخت‌وساز، باید با توجه به الزامات طراحی در تمامی تخصص‌ها باشد و با طی‌نمودن آزمون و خطاهایی و شرط قبولی در این آزمون‌ها مدل ثبت می‌گردد. در صورت تغییر مدل سه بعدی در طول زمان ساخت، به اصطلاح مدل چهاربعدی تهیه می‌گردد. در ساختمان صنعتی مدل سازه، معماری و تأسیسات در کنار هم و همزمان با یکدیگر در طول زمان ساخت مدل چهاربعدی را درست می‌کنند.

در واقع به دلیل اهمیت این نوع از ساختمان‌ها در صنعت ساختمان‌سازی کشور به دلیل هزینه‌های مالی، زیست محیطی و نشان دادن توان ملی در ساخت‌وساز پویا و پایدار این روش بایستی مورد بررسی قرارگیرد و پیش زمینه‌های موانع ایجاد و رواج آن با دلایل موشکافانه و کارشناسانه با اولویت‌بندی در رفع بررسی گردد.



نمودار۲: نمونه‌ای از روند مدل‌سازی ساختمان‌های صنعتی(Ibid:88)، (بازترسیم نگارنده)

۲-۲- مروری بر ادبیات گذشته و اعمال آن در پژوهش حاضر

با توجه به رواج مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای توسعه یافته، پژوهش‌هایی دنبال شده است که در ایالات و کشورهای مختلف بوده است، در کشورهای گوناگون ادی و همکاران[۱] (۲۰۱۴) در مقاله‌ای تجزیه و تحلیل موانع برای اجرای بیم در ایالت کینگدام[۲] را با هزینه خرید نرم‌افزار و سخت افزار، عدم پذیرش توسط مدیر ارشد پروژه، هزینه آموزش کارکنان، عدم پذیرش توسط کارکنان، عدم تخصص فنی، مشکلات حقوقی، فقدان چشم انداز، فقدان فرهنگ انعطاف و تغییر در روش‌ها و ... را مشخص می‌نماید و در نهایت با رتبه‌بندی، فقدان فرهنگ انعطاف و تغییر در روش‌ها را مطرح می‌کند؛ این در حالی‌است که از سال ۲۰۱۶ دولت بریتانیا درصدد تصویب استفاده از این روش در ساختمان‌سازی این کشور دارد و هنوز در کنار برشمردن مزایای بسیار این روش، موانعی هست که باید شناخته شود تا این روش همه‌گیر گردد.

همچنین ککانا و همکاران[۳] (۲۰۱۴) نیز موانع تصویب این روش در آفریقای جنوبی را چند عامل می‌شمرد، استاندارد استفاده از بیم، تیم طراحی و مسئولیت آن، بیمه، مالکیت معنوی، ورود اطلاعات؛ که البته این موارد در تحقیقات ادی و همکاران به صورت زیرمجموعه‌ای و گسترده‌تری شکل گرفته است. زاریران و همکاران[۴] (۲۰۱۴)، در تحقیقی در مورد صنعت ساخت‌وساز مالزی مواردی را به شرح زیر قابل قبول دانسته و به اولویت‌بندی آن‌ها پرداخته است؛ عدم آگاهی از بیم، نرم‌افزار اتوکد نیاز آنها را برطرف می‌کند، گران بودن بیم، وجود نداشتن آموزش نرم‌افزار بیم، بیم زمان برنامه‌ریزی را افزایش می‌دهد، کارفرما تمایلی به استفاده از بیم ندارد، بیم از نظر اعضا تیم پروژه لازم نیست، بیم فرایند عادی پروژه را تغییر می‌دهد، بیم فرایند عادی تولید محصول را تغییر می‌دهد، عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای بیم، بی میلی مشتری، پیمانکاران و یا مشاور برای استفاده کردن از بیم، مشکلات نرم‌افزاری مانند سهولت در استفاده از بیم؛ از این مواردند، که در نهایت با پیشنهاداتی تحقیق را خاتمه می‌دهد و برای موفقیت برنامه گسترش BIM در مالزی، تنها فشار از طرف دولت را کافی ندانسته و همه تیم‌های دخیل در صنعت ساخت‌وساز را موظف به ترویج این روش می‌داند.

موهد نور و گرنت[۵] (۲۰۱۴)، نیز این موضوع را در مالزی با نوع دیگری از بررسی نمایش داده‌اند، بدین صورت که با بررسی پروژه‌ها و انواع آن‌ها در شرکت‌های ساختمانی و میزان استفاده‌ی آن شرکت‌ها از نرم‌افزارهای جدید و آینده‌نگری مدیران آن شرکت‌ها پیش بینی‌ای را انجام داده‌است. گربرو رایس[۶] (۲۰۱۰)، در ایالات متحده‌ی آمریکا نیز این موضوع را با دیدی وسیع‌تر از مالزی انجام داده‌اند، البته گربر و همکاران[۷] (۲۰۱۰)، نیز در قبل از این به بررسی جوانب استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در سیستم AEC[۸] پرداخته بودند و موارد عدم اجرای بیم در این صنعت را بر شمرده اند. کومار و مهرجه[۹] (۲۰۰۹)، با مطالعه‌ای در دامنه‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را در

هند بررسی نموده‌اند و تفاوت بین بهره‌وری در مراحل مختلف پروژه را با استفاده از بیم و روش‌های دیگر با داده‌های آماری و نموداری مقایسه می‌نماید. ژانگ و همکاران[۱۰] (۲۰۱۵) استفاده از بیم را در پس از ساخت‌وساز و مدیریت امکانات در ساختمان‌های هوشمند بررسی نموده است، در این پژوهش با ارائه‌ی پارامترهایی در نرم‌افزارهای مشخص و طراحی شده این موضوع را در بنا شکل می‌دهد و در مورد محاسن و معایب آن بررسی‌هایی را شامل می‌کند. به طور قطع پژوهش‌هایی دیگر نیز انجام شده است، در کلیت تمامی این تحقیقات پیدا نمودن راهکاری به منظور ترویج این روش مدنظر بوده؛ در بسیاری از کشورها حمایت دولت از این طرح به اندازه‌ای بوده است که تا سالیان آینده تمامی پروژه‌های بزرگ در آن کشورها ملزم به استفاده از این روش هستند.

در تمامی کشورها موانعی به منظور ورود این روش در صنعت ساخت‌وساز در تمامی عرصه‌ها وجود دارد. در این پژوهش با استفاده از تجارب دیگر کشورها در زمینه‌ی دریافت علل موانع در اجرای این نوع مدیریت اطلاعات ساختمان، موارد زیر به منظور پایایی و روایی مؤلفه‌ها با کارشناسان و اساتید دارای تجربه در زمینه ساخت و طراحی ساختمان‌های صنعتی به مشاوره گذاشته و دریافت شد:

- **عدم پذیرش BIM توسط مدیر ارشد پروژه**: در بسیاری از پروژه‌ها مدیریت ارشد به دلایلی مانند نداشتن دانش و امکانات لازم از استفاده این روش ممانعت می‌کند. این که شاید این مدل، بدون پشتیبانی در مسائل قانونی (Gerber.et al., 2010: 141) است از طرف مدیریت ارشد رد می‌گردد، زیرا که در این مدل به منظور هر عملکرد ساختمانی، نرم‌افزارها طراحی می‌شوند و از کپی آن نمی‌توان جلوگیری کرد.
- **هزینه اجرای BIM**: اگرچه، اندازه‌گیری ارزش تجاری BIM توجه محققان را به خود جلب کرده است، امّا یک ناسازگاری معیار هزینه و سود در ارتباط با پیشرفت و نوآوری فرآیند BIM وجود دارد (Gerber & Rice, :185 2010) در واقع پیاده سازی BIM مستلزم خرید نرم‌افزار مربوطه و سخت افزار و آموزش کارکنان در استفاده از آن نرم‌افزار است. تأثیر هزینه‌های این چنینی با توجه به موقعیت مالی هر سازمان متفاوت است. هزینه‌های بالای اولیه‌ی اجرای BIM به عنوان یک مانع قابل توجه در صنعت ساخت‌وساز عمل می‌کنند (Eadie et al., 2014: 80).
- **هزینه خرید نرم‌افزار و سخت افزار**: شرکت‌های کوچک در ابتدا باید نرم‌افزار BIM را خریداری کنند (Building Smart, 2010: 1) و این خود نیازمند هزینه‌های آموزش در ادامه است.
- **هزینه آموزش کارکنان:** فن‌آوری، پردازش، و سرمایه گذاری سازماندهی شده مورد نیاز برای اجرای BIM پر هزینه هستند، و اتخاذ BIM نیاز به تغییرات اساسی در چگونه صنعت طراحی سنتی و ایجاد پروژه‌ها دارد (185: Gerber & Rice, 2010).
- **سایر طرح‌ها و روش‌های رقابتی:** شک و تردید اتخاذ یک رویکرد جدید خیلی زود بوجود می‌آید. (Building Smart, 2010: 1) و این سایر طرح‌های رقابتی را پابرجا می‌گذارد. در واقع ترس و نبود دانش و تسلط می‌تواند این عامل را سبب گردد.
- **عدم پذیرش BIM توسط کارکنان:** تغییر روش کار در پروسه طراحی در تیم مشاوره گاه چندان راحت تغییرپذیر نیست. اگر چه BIM در بازار برای چند سال استفاده شده است، اما از تمامی ظرفیت آن استفاده نشده است (Gerber & Rice, 2010:185) مدل سازی اطلاعات ساختمان نیاز به آموزش و تغییر فرایند دارد (Building Smart, 2010: 1). و این که همه این نظر را ندارند که هم اکنون استفاده از این روش درست است (Mandhar& Mandhar, 2013:9). در نتیجه نیاز به درک کامل از شبکه و سخت افزار در حال اجرا برای BIM (Arayici et al, 2011: 15) نارضایتی کارمندان را در پی دارد.
- **عدم اطمینان به BIM:** این روش در صورت نداشتن اطلاعات جامع از ساختمان و همچنین عدم دانش کافی مدیر و کارمندان موفق نخواهد بود. به دلیل مشکلات سازمانی، برخی از سازمان‌ها تمایلی به تغییر فرایند کسب و کار خود نداشته و از تغییر فرایند کسب و کار خود، که شاید شامل هزینه و خطر باشد، می‌ترسند و بدین دلیل روند راه اندازی این مدل را عدم اطمینان از نتیجه بیان می‌کنند (Zahrizan et al., 2014: 3).
- **ابهام در مسئولیت‌ها:** ابهامی که در BIM واقعاً وجود دارد نحوه بکارگیری و اجرای آن را در یک صنعت به طور عادی برای اجرای تغییرات سخت می‌باشد. ابهام در مسئولیت قسمت‌های مختلف که در فرآیند جدید بوجود می‌آید (Arayici et al., 2011: 15) عدم انعطاف پذیری را شامل می‌گردد.

- **مالکیت معنوی / مشکلات حقوقی**: یکی از چالش‌های اولیه، تعیین مالک و صاحب‌داده‌های BIM است که چگونه کپی از آن را مدیریت کند.
- **تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین**: معرفی فرآیندهای جدید به یک سازمان شامل تغییر فرهنگ سازمان، به خطرات و چالش‌هایی با ملاحظات مالی محدود نمی‌شود، بلکه شامل انعطاف پذیری و یا تطبیق پذیری مردم و سیستم‌های سازمان است (Eadie et al., 2014: 81 & Azhar, 2011: 245) البته در این موضوع ورود دانش توسط سیستم دانشگاهی و اساتید دارای وجه‌ی مثبت تری است.
- **عدم تخصص فنی**: در طول دو دهه گذشته،BIM به آرامی معرفی شده است و در نهایت در صنعت ساختمانی کشورهایی مانند ایالات متحده آمریکا و استرالیا و اخیراً در انگلستان اجرا شده است (Kekana et al., 2014:109) که این موضوع عدم تخصص فنی را در دیگر کشورها گوشزد می‌نماید (Gerber, et al., 2010: 141).
- **عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای BIM**: با توجه به این که در این روش الزامات کارفرما و تغییرات در حین ساخت و پس از آن بررسی می‌گردد، پس تغییرات پروژه مسبب تعیین استاندارد های جدید می‌شود، از آن جایی که پروژه و شرایط آن‌ها با هم فرق دارند پس روش کار نیز در هر یک فرق داشته و در نتیجه نیازمند دانشی زیاد و به دور از تقلید است.

مشکل در ورود اطلاعات: ورود اطلاعات در ابتدا به منظور تدوین اسناد ساخت‌وساز بسیار مهم می‌باشد در حقیقت یکپارچه‌سازی و تکمیل اطلاعات اولیه مهم‌ترین روند این رویه است که اگر ناکافی و بر اساس شبهات باشد، تبعات برگشتی پروژه به حالت طراحی اولیه را دارد و این یعنی طولانی شدن مسیر طراحی، پس در این روش جامعیت و گسترش‌پذیری اطلاعات، مهم بوده و مانع از مشکلات در آینده می‌شود.

۳- روش تحقیق و نحوه اجرای آن

این پژوهش با روش توصیفی با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، متشکل از کتب و مجلات علمی بر پایه‌ی گردآوری و مصاحبه، سعی در اثبات فرضیه در قالب ضرورت مدیریت یکپارچه اطلاعات در پروژه‌های صنعتی و لزوم بالابردن توانمندی در این امر از روش بیم را داشته و با تأکید بر این امر، تلاش می‌کند عوامل و موانع اجرای بیم با مزایای بسیار در طراحی ساختمان‌های صنعتی ایران را با استناد بر پژوهش‌های پیشین و تجارب دیگر کشورها و همچنین تلفیق نظرات متخصصین داخلی در امر طراحی و ساخت شناسایی کند و ایده‌هایی در رفع این موانع بیان نماید. در این مرحله، پژوهش وارد فاز پیمایش شده و با طبقه‌بندی عوامل در زیر مجموعه‌های چهار معیار اصلی؛ پرسشنامه خبرگان را تعیین‌کننده و تشخیص دهنده محسوب نموده است. در این بخش نیاز به یک روش تحلیلی که دقت و ریزبینی بین مؤلفه‌ها را مدنظر دارد، انتخاب شد و روش سلسله مراتبی (AHP) از این بعد که موانع باید با چه اولویتی رفع‌گردند با نرم‌افزار مربوطه به ارائه‌ی مقادیر کمی و قابل استناد در قالب جداول و نمودارها پرداخته است، که در ادامه این موضوع به تفصیل بیان شده است.

تبیین موارد زیر شاکله‌ی اصلی این پژوهش را تشکیل می‌دهد:

- با فرض این‌که بیم یک روش کارآمد در سطح مدیریت یکپارچه اطلاعات در ساختمان‌سازی است نیاز به آن در طراحی ساختمان‌سازی صنعتی ایران احساس می‌شود؛
- پس؛ با توجه به فرض بالا سؤال این است که چرا هنوز روش بیم در زمینه ساختمان سازی صنعتی ایران رواج چندانی نداشته و فراگیر نشده است،
- در پاسخ به مطلب فوق، پس؛ برای اجرای بیم موانعی وجود دارد،
- بنابراین؛ لازم است موانع را شناخت و آن‌ها را با اولویت به اهمیت آن‌ها رفع نمود،
- برای رسیدن به هدف فوق، نیاز به یک روش محاسباتی و تحلیلی جهت اولویت‌بندی موانع لازم است،
- در نتیجه؛ روش سلسله مراتبی (AHP) به عنوان روشی قوی و پر استناد که معیارهای چندگانه را اولویت‌بندی و همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد، برگزیده شد.

با توجه به این‌که تحقیق در عملیات به عنوان یک روش علمی ریاضی تبدیل به یک ابزار مناسب جهت استفاده در بسیاری از حوزه‌های تصمیم‌گیری و مدیریتی شده است. مدل‌های ارائه شده در شاخه‌های مختلف تحقیق در عملیات می‌توانند به صورت عملی مدیران را جهت شناسایی وضعیت جاری و ارائه‌ی راهکارهای لازم به منظور ارتقا و پیشرفت یاری رسانند (دلبری و داوودی، ۱۳۹۱: ۵۷). در این پژوهش به منظور اولویت‌بندی در رفع معیارها و شاخص‌هایی که باعث عدم استفاده و یا نقص روش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در طراحی ساختمان‌های صنعتی در ایران است

باید روشی ارائه گردد، بدین منظور روش تحلیل سلسله مراتبی که بر نظر کارشناسان مربوطه به عنوان خبرگان است استفاده شده است، این روش؛ به وسیله‌ی ساعتی[11] در سال ۱۹۷۷ پیشنهاد شد و امروزه یکی از تکنیک‌های خوب برای وزن‌دهی می‌باشدکه برای حل مسائل چند معیاری پیچیده طراحی شده‌است. این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسائل چندمعیاری است که خصوصیت اصلی آن بر اساس مقایسات دو به دو می‌باشد (Nagi , 2005: 890 به نقل از هوشیار، ۱۳۹۰: ۱۳۵). روش تجزیه و تحلیل اطلاعات در این تحقیق بر اساس مدلAHP می‌باشد که مراحل آن به شرح زیر است:

- **هدف و درخت سلسله مراتبی**: در این مرحله مسأله تعریف می‌شود و هدف از تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عوامل و عناصر تشکیل‌دهنده تصمیم ترسیم می‌شود. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، نیازمند شکستن مسأله تصمیم با چندین شاخص به سلسله مراتبی از سطوح است (دلبری و داوودی، ۱۳۹۱: ۶۳).
- **تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها (وزن نسبی)**: اساس این روش بر مقایسه‌های زوجی عوامل مؤثر بر هر پدیده استوار است؛ تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب در تصمیم را نشان می‌دهد؛ سپس برخی مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسه‌ها وزن هر یک از شاخص‌ها و معیارها را در راستای گزینه‌های رقیب مشخص می‌سازد. در نهایت منطق AHP ماتریس‌های مقایسات زوجی را با همدیگر تلفیق می‌سازد تا تصمیم بهینه به دست آید (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۸: ۶۷). این خاصیت باعث می‌شود که برای مقایسه n معیار یا گزینه، تصمیم‌گیرنده تنها به2 / n (n-1) سؤال پاسخ دهد (دلبری و داوودی، ۱۳۹۱: ۶۴).

در این قسمت اطلاعات تحلیلی توسط نرم‌افزار مربوطه Expert Choice اندازه‌گیری می‌شود. در پرسش‌نامه اعداد از یک تا نه دارای مقیاس زیر می‌باشند:

جدول ۱: مقیاس AHP (مؤمنی و شریفی، ۱۳۹۰: ۵)

شرح	تعریف	نمره
دو عنصر اهمیت یکسانی داشته باشند.	اهمیت یکسان	۱
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری متوسط داشته باشد.	برتری متوسط	۳
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری زیاد داشته باشد.	برتری زیاد	۵
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری بسیار زیاد داشته باشد.	برتری بسیار زیاد	۷
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری فوق العاده زیاد داشته باشد.	برتری فوق العاده زیاد	۹
موارد بینابین در قضاوت‌ها	ارزش‌های بینابین	۸-۶-۴-۲
هنگامی که عنصرi با j مقایسه می‌شود، یکی از اعداد بالا به آن واگذار می‌شود، همچنین در مقایسه عنصر j با i مقدار معکوس آن واگذار می‌شود.		

- **وزن‌دهی نهایی**: پس از محاسبه وزن‌های نسبی، با تعیین رتبه هر یک از معیارها و در نظرگرفتن وزن رتبه وزن معیارهای سطح آخر، می‌توان به وزن نهایی رسید و نتیجه ارزیابی و نظر کارشناسی را اعلام کرد. برای محاسبه وزن نهایی باید رتبه تمام معیارهای سطح آخر مشخص شود و سپس مجموع حاصلضرب‌های وزن جمعی هر معیار در وزن (امتیاز) رتبه نظیر آن، ملاک تعیین رتبه ارزیابی خواهد بود (شاهین و کلیج، ۱۳۸۷: ۱۶۰).

۴- تجزیه و تحلیل اطلاعات و بحث در یافته‌های پژوهش

در این بخش مقاله با هدف اولویت‌بندی موانع اجرای بیم؛ با استفاده از مستندات مرتبط و پیشینه‌ی دیگر کشورها، ابتدا موانع به صورت کلی مطرح شد و در نظرسنجی از افراد متخصص در حوزه‌های ساخت‌وساز (تیم پیمانکار، طراح و کارفرما) ساختمان‌های صنعتی تعدادی از موانع حذف و تعدادی اضافه شد و در مرحله‌ی بعد به لایه‌بندی و زیرمجموعه‌سازی زیرمعیارها در قالب معیارها با نظر کارشناسان با استفاده از پرسشنامه، ساختار سلسله مراتبی و اولویت‌ها انجام شد.

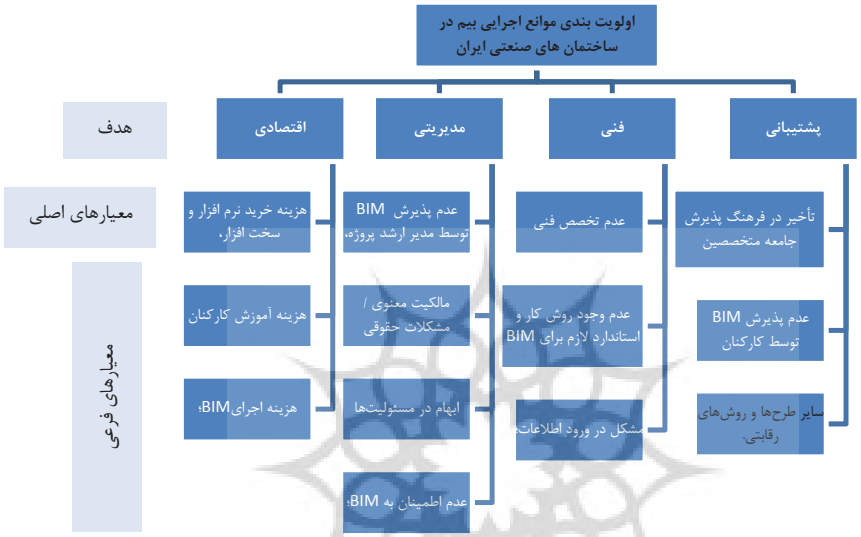
با توجه به مؤلفه‌های بالا، تقسیم معیارها به مجموعه‌هایی می‌تواند دقت در این سیستم را با روش تحلیل سلسله‌مراتبی افزایش دهد. تقسیم‌بندی به چهار معیار اصلی پشتیبانی، مدیریتی، فنی و اقتصادی از موارد بالا

با پیشنهاد متخصصان سبب دسته‌بندی و ریزبینی بیشتر بوده است.

- **اقتصادی**: هزینه خرید نرم‌افزار و سخت افزار، هزینه آموزش کارکنان، هزینه اجرایBIM؛
- **مدیریتی**: عدم پذیرش BIM توسط مدیر ارشد پروژه، مالکیت معنوی / مشکلات حقوقی، ابهام در مسئولیت‌ها، عدم اطمینان به BIM؛
- **فنی**: عدم تخصص فنی، عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای BIM، مشکل در ورود اطلاعات؛
- **پشتیبانی**: تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین، عدم پذیرش BIM توسط کارکنان، سایر طرح‌ها و روش‌های رقابتی.

۴-۱- تعیین هدف و درخت سلسله مراتبی

تعیین هدف و سپس معیار و زیرمعیار در این مرحله دارای اهمیت است.



نمودار ۳. نمودار درختی (نگارندگان)

۴-۲- تعیین ضریب اهمیت معیارهای اصلی و فرعی

ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها با استفاده از مقایسات دو به دو انجام می‌گردد، در این پژوهش به منظور این امر در مرحله‌ی تعیین اهمیت معیارها و زیر معیارها از نظر ۱۶ نفر از کارشناسان اعم از مدیران شرکت‌های مشاور، پیمانکاران و اساتید در حوزه طراحی و ساخت ساختمان‌های صنعتی بهره گرفته شده است. در این روش در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها اگر در میان خبرگان اختلاف نظر بسیار چشمگیر باشد با ضریب ناسازگاری بالاتر از ۰/۱ خطای محاسبه نمایش داده می‌شود، لذا می‌باید ضریب ناسازگاری کمتر یا مساوی عدد فوق باشد، در غیر این صورت نظرسنجی با تغییر در موارد معیار و یا زیرمعیار مجدد صورت می‌پذیرد.

۴-۲-۱- مقایسات زوجی و ضریب اهمیت معیارهای اصلی

نمودار ۴. ضریب اهمیت معیارهای اصلی، مأخذ: نگارندگان. ضریب ناسازگاری = ۰/۰۵

در این جا با توجه به نظر خبرگان عامل پشتیبانی در اولویت اول توجه است. در ادامه هر یک از زیر مجموعه‌ها با زیر معیارهای خود مقایسه می‌گردند.

جدول ۲: مقایسه زوجی بین معیارهای اصلی (مأخذ: نگارندگان)

معیارهای اصلی	اقتصادی	مدیریتی	فنی	پشتیبانی
اقتصادی		۱/۹۱۳۸۶	۱/۷۷۸۲۸	۲/۲۱۳۳۶
مدیریتی			۱/۶۹۳۰۲	۳/۶۳۱۳۹۶
فنی				۲/۳۴۰۳۵
پشتیبانی				

در مقایسات زوجی بالا اعداد نمایش داده شده قرمز بدین معناست که اولویت انتخاب به سمت متغیر است، به طور مثال مدیریتی (متغیر ردیف دوم جدول) نسبت به اقتصادی (ثابت ردیف اول جدول) دارای اولویت انتخابی ۱/۹۱۳۸۶ برابری از نظر کارشناسان می‌باشد.

۲-۲-۴- مقایسات زوجی و ضریب اهمیت زیرمعیارها

مقایسات زوجی و ضریب اهمیت زیرمعیارهای معیار اقتصادی:

نمودار ۵. ضریب اهمیت زیر معیارهای معیار اقتصادی، مأخذ: نگارندگان. ضریب ناسازگاری = ۰/۰۷

جدول ۳: مقایسه زوجی بین زیر معیارهای معیار اقتصادی (مأخذ: نگارندگان)

معیارهای اقتصادی	هزینه خرید نرم و سخت افزار	هزینه آموزش کارکنان	هزینه اجرای BIM
هزینه خرید نرم و سخت افزار		۴/۰۷۸۴	۱/۷۷۰۲۱
هزینه آموزش کارکنان			۳/۱۳۹۹۹
هزینه اجرای BIM			

در مقایسات زوجی بالا اعداد نمایش داده شده قرمز بدین معناست که اولویت انتخاب به سمت متغیر است، به طور مثال هزینه‌ی آموزش کارکنان (متغیر ردیف دوم جدول) نسبت به هزینه‌ی خرید نرم‌افزار و سخت افزار (ثابت ردیف اول جدول) دارای اولویت انتخابی ۴/۰۷۸۴ برابری از نظر کارشناسان می‌باشد.

مقایسات زوجی و ضریب اهمیت زیر معیارهای معیار مدیریتی:

نمودار ۶. ضریب اهمیت زیر معیارهای معیار مدیریتی، مأخذ: نگارندگان. ضریب ناسازگاری = ۰/۰۳

جدول ۴: مقایسه زوجی بین زیر معیارهای معیارمدیریتی (مأخذ: نگارندگان)

معیارهای مدیریتی	عدم پذیرش BIMتوسط مدیر ارشد پروژه	مالکیت معنوی / مشکلات حقوقی	ابهام در مسئولیت‌ها	عدم اطمینان به BIM
عدم پذیرش BIMتوسط مدیر ارشد پروژه		۳/۱۱۳۰۳	۱/۱۳۷۹۹	۱/۰۵۱۹۹

مالکیت معنوی / مشکلات حقوقی	۱/۰۹۰۵۱	۲/۹۵۶۱۵
ابهام در مسئولیت‌ها		۱/۴۸۷۷۴
عدم اطمینان به BIM		

در مقایسات زوجی بالا اعداد نمایش داده شده قرمز بدین معناست که اولویت انتخاب به سمت متغیر است، به طور مثال عدم اطمینان به بیم (متغیر ردیف چهارم جدول) نسبت به عدم پذیرش بیم توسط مدیریت ارشد (ثابت ردیف اول جدول) دارای اولویت انتخابی ۱/۰۵۱۹۹ از نظر کارشناسان می‌باشد. مقایسات زوجی و ضریب اهمیت زیر معیارهای معیار فنی:

نمودار ۷. ضریب اهمیت زیر معیارهای معیار فنی، مأخذ: نگارندگان. ضریب ناسازگاری = ۰/۰۶

جدول ۵: مقایسه زوجی بین زیر معیارهای معیار فنی (مأخذ: نگارندگان)

معیارهای فنی	عدم تخصص فنی	عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای BIM	مشکل در ورود اطلاعات
عدم تخصص فنی		۴/۱۱۹۵۳	۲/۲۷۵۹۷
عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای BIM			۱/۱۴۷۲
مشکل در ورود اطلاعات			

مقایسات زوجی و ضریب اهمیت زیرمعیارهای معیارپشتیبانی:

نمودار ۸. ضریب اهمیت زیرمعیارهای معیار پشتیبانی، مأخذ: نگارندگان. ضریب ناسازگاری = ۰/۰۴

جدول ۶: مقایسه زوجی بین زیر معیارهای معیارپشتیبانی (مأخذ: نگارندگان)

معیارهای پشتیبانی	تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین	عدم پذیرش BIM توسط کارکنان	سایر طرح‌ها و روش‌های رقابتی
تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین		۵/۲۸۰۸۲	۴/۴۰۲۴۹
عدم پذیرش BIM توسط کارکنان			۱/۵۲۹۸۲
سایر طرح‌ها و روش‌های رقابتی			

۳-۴- وزن‌دهی نهایی

محاسبه‌ی وزن نهایی در نرم‌افزار به شرح زیر می‌باشد، که در وزن‌دهی نهایی، مجموع اوزان باید برابر با یک باشد.

جدول ۷: وزن نهایی زیر معیارها. ضریب ناسازگاری = ۰/۰۵ (مأخذ: نگارندگان)

سایر طرح‌ها و روش های رقابتی	عدم پذیرش BIM توسط کارکنان	تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین	مشکل در ورود اطلاعات	عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای BIM	عدم تخصص فنی	عدم اطمینان به BIM	ابهام در مسئولیت ها	مالکیت معنوی / مشکلات حقوقی	عدم پذیرش BIM توسط مدیر ارشد پروژه	هزینه اجرای BIM	هزینه آموزش کارکنان	هزینه خرید نرم‌افزار و سخت افزار
۰/۰۴۹	۰/۰۶۱	۰/۲۶۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۱	۰/۱۳۲	۰/۰۹۶	۰/۰۶۰	۰/۰۳۸	۰/۰۹۰	۰/۰۱۹	۰/۰۷۸	۰/۰۲۵

۵- جمع بندی

با توجه به تعاریف بیان شده در راستای شناسایی و استفاده تیم‌های طراحی از روش بیم به صورت گسترده و پیوسته می‌توان ابراز نمود که تیم‌های پروژه می‌توانند اطلاعات موجود در مدل را به منظور بهبود و دقت‌بخشی اسناد و مدارک در کلیه کارهای تکمیلی، از جمله انرژی و تجزیه و تحلیل زیست محیطی، تجسم و شبیه‌سازی ساخت‌وساز استفاده کنند. در واقع تیم‌های پروژه به صورت متقابل در بخش ساخت‌وساز و زیرساخت‌ها با استفاده از این طرح مبتنی بر مدل، به عنوان مبنایی جدید برای کارآمدترشدن استفاده می‌کنند، گردش اطلاعات مشترک میان تمامی تخصص‌ها، دسترسی سریع به اطلاعات غنی در مدل را فراهم می‌کند، تا هر کس در تیم پروژه به بینش بیشتری دست یابد و به نتیجه پروژه به عنوان یک نتیجه تیمی برخواسته از همکاری حداکثری در قالب آگاهی کامل از تأثیرات و تأثرات بر بخش‌های پنهان بنگرند، این تیم می‌تواند تصمیم‌گیری آگاهانه در برنامه ریزی، طراحی، ساخت‌وساز و یا نوسازی فرایند را در هزینه‌های پروژه پدید آورده و پیش‌بینی نماید که خود علم به پایداری را نوید می‌دهد. از آنجایی که در ساخت ساختمان‌های صنعتی، بهره‌وری و بازدهی در حین ساخت و تعمیرنگهداری بسیار مورد توجه است، لذا این روش با توجه به ساختار قابل پوشش خود به طرق زیر می‌تواند این نیازها را برطرف نماید.

در واقع در مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، با تبدیل ابعاد طرح از دو به شش بعدی در پروژه های مختلف در سطح دنیا مطرح می‌گردد. بعد چهارم بیم اشاره به ارتباط هوشمند اجزای مدل سه‌بعدی مجموعه با اطلاعات زمان‌یندی پروژه دارد. به عبارتی بعد چهارم عبارت از مدل سه‌بعدی به اضافه برنامه‌ی زمان‌بندی ساخت‌وساز در پروژه می‌باشد.

بعد چهارم فعالیت‌های مختلف تیم‌های در یک پروژه (معماران، طراحان، پیمانکاران و کارفرمایان) را در طول فرآیند ساخت‌وساز به نمایش می‌گذارد. بعد پنجم بیم اشاره به ارتباط هوشمند اجزای مدل سه بعدی با برنامه زمان‌بندی و پس از آن با اطلاعات مربوط به هزینه‌های ساخت‌وساز دارد. مدل پنج بعدی (معماران، طراحان، پیمانکاران به صاحبان) هزینه‌های مرتبط با ساخت‌وساز را در طول زمان مشخص می‌نماید. بعد ششم بیم اشاره به ارتباط هوشمند اجزای مدل سه‌بعدی با تمام جنبه‌های اطلاعات مدیریتی در طول عمر پروژه دارد، بعد ششم بیم یک پروژه پس از اتمام ساخت‌وساز تهیه می‌گردد که شامل نقشه‌های "چون ساخت" به همراه اطلاعات مربوط به ساختمان مانند اطلاعات تعمیر و نگهداری / فعالیت‌ها، اطلاعات تولیدکننده و غیره می‌باشد، که این بعد برای کمک به مدیران در بهره‌برداری و نگهداری از امکانات می‌باشد.

با بررسی نهایی موانع اجرایی این روش در ساخت و طراحی ساختمان‌های صنعتی در ایران به منظور شناخت اولویت‌های رفع آن‌ها، با استفاده از روش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، عامل پشتیبانی با وزن نهایی ۰/۴۶۴ که تقریباً نصف میزان کل در بین ۴ معیار اصلی است، در اولویت اول قرار گرفت و زیرمعیار تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین (پشتیبانی) به دلایل کمرنگ بودن دانشگاه‌ها به عنوان مدخل ورودی علم از دنیا به کشور و همچنین تأکید کم دولت به تیم‌های طراحی و ساخت ساختمان‌های صنعتی از این روش با وزن نهایی ۰/۲۶۵ در اولویت اول زیرمعیارها تعیین شد.

جدول ۸: اولویت بندی موانع اجرای مدل اطلاعات ساختمان در طراحی ساختمان‌های صنعتی کشور ایران (مأخذ: نگارندگان)

معیارهای اصلی	ضریب اهمیت	رتبه	زیر معیارها	ضریب اهمیت	رتبه بندی کل
اقتصادی	۰/۱۳۷	۴	هزینه خرید نرم‌افزار و سخت افزار	۰/۰۲۵	۱۲
			هزینه آموزش کارکنان	۰/۰۷۸	۵
			هزینه اجرایBIM	۰/۰۱۹	۱۳
مدیریتی	۰/۲۳۲	۲	عدم پذیرش BIM توسط مدیر ارشد پروژه	۰/۰۹۰	۴
			مالکیت معنوی / مشکلات حقوقی	۰/۰۳۸	۱۱
			ابهام در مسئولیت‌ها	۰/۰۶۰	۷
			عدم اطمینان به BIM	۰/۰۹۶	۳
فنی	۰/۱۶۸	۳	عدم تخصص فنی	۰/۱۳۲	۲
			عدم وجود روش کار و استاندارد لازم برای BIM	۰/۰۴۱	۱۰
			مشکل در ورود اطلاعات	۰/۰۴۶	۹
پشتیبانی	۰/۴۶۴	۱	تأخیر در فرهنگ پذیرش جامعه متخصصین	۰/۲۶۵	۱
			عدم پذیرشBIM توسط کارکنان	۰/۰۶۱	۶
			سایر طرح‌ها و روش های رقابتی	۰/۰۴۹	۸

۶- نتیجه گیری

با توجه به هدف، که اولویت‌بندی موانع اجرای بیم در طراحی ساختمان‌های صنعتی کشور به منظور شناخت تمرکز صحیح بر رفع آن‌هاست، در روش سلسله مراتبی معیار پشتیبانی در اولویت اول انتخاب شد و معیار اقتصادی در آخر قرار گرفت، انتظار می‌رفت که زیر معیارهای هر یک از این مؤلفه‌ها نیز دارای این ترتیب باشند، ولیکن آنچه در این روش تحلیلی مهم و متفاوت است، بررسی کلی و وزن دهی به زیرمعیارها در حالت کلی است، در این صورت دیده شد که معیار پشتیبانی با اولویت اول انتخابی، دارای اولویت‌های زیرمجموعه‌ای ۱، ۶ و ۸ است و در بین مؤلفه اصلی اقتصادی که در رتبه آخر معیارهای اصلی است، رتبه‌ی ۵ موانع قرار دارد. با دقت در این موضوع می‌توان دریافت که دقت نظر این روش محاسباتی (AHP) در کل، تأکید بر کلیه‌ی مؤلفه‌ها را در بردارد، یعنی در عین فراگیر نمودن این روش در ایران از طریق دانشگاه‌ها و مراجع وابسته به دولت، باید تخصص در این زمینه را با تعریف رشته‌های دانشگاهی در راستای آموزش بیم و منعطف‌نمودن مدیران ارشد به سطح کارکنان شرکت‌های تابعه در زمینه ساخت و طراحی ساختمان‌های صنعتی متصل نمود.

با توجه به چنین امکاناتی که این روش مدیریت در پروژه‌های مهم دارد و نتیجه اولویت‌بندی موانع در این پژوهش، بازبینی در طرح‌های سنتی لازم می‌آید، به عنوان پیشنهاد به منظور اجرایی‌شدن این روش در کشور مخصوصاً در ساخت ساختمان‌های صنعتی می‌توان این‌گونه ابراز داشت که:

- از بعد پشتیبانی: ارتقای آگاهی افراد در مورد مزایای بیم از طریق ساخت مستندهای علمی و همچنین ارتباط با دانشگاه‌های دنیا که در این زمینه به صورت تخصصی فعالیت دارند، عوامل تشویقی در استفاده از بیم به عنوان مثال تخفیف مالیاتی، تعریف رشته‌های مرتبط با بیم،
- از بعد مدیریتی: پشتیبانی و اجرای بیم توسط و به اجبار دولت در سازمان‌ها تابعه، حمایت از بیم از طریق تعریف بیمه های شیوه های اجرایی منصوب به هر شرکت.
- از بعد فنی: همکاری با دانشگاه (آزمون و خطای بیم در دانشگاه)، تیم‌های تحقیقاتی مرتبط با دفتر صنعت به صورت واقع‌گرایانه، می‌تواند اهداف آموزش و یادگیری را ترمیم کنند. از بعد اقتصادی: بهتر است کارفرما هزینه اجرای بیم را قبول کند، در نظرگرفتن بودجه مناسب برای آموزش بیم توسط دولت، زیرا که نرم‌افزارهای مربوطه از نظر آموزش و نیروی متخصص نیازمند هزینه است.

پی‌نوشت:

1. Eadie et al
2. United Kingdom
3. Kekana et al
4. Zahrizan et al
5. Mohd-nor & Grant
6. Becerik-Gerber& Rice
7. Becerik-Gerber. et al
8. Architecture, Engineering, Construction

9. Vinoth Kumar & Mukherjee
10. Zhang et al
11. Saaty

فهرست منابع:

- آذر، عادل و رجب‌زاده، علی (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM، تهران: انتشارات نگاه دانش.
- دلبری، سید علی و داوودی، سید علی رضا (۱۳۹۱). کاربرد تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP در رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی جاذبه‌های توریستی، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، شماره ۲، صص. ۷۹-۵۷.
- کریگیل، ادی و نیس، بردلی (۱۳۹۳). مدلسازی اطلاعات ساختمان سبز، مترجمین: مهدی روانشادنیا و مهران قنبری مطلق، تهران: انتشارات سیمای دانش.
- گرجی مهلبانی، یوسف؛ هاشمی فشارکی، سید جواد؛ فرهمندیان، مجتبی (۱۳۹۴). روش‌های بهینه طراحی معماری ساختمان‌های صنعتی بر اساس آراء صاحب نظرات حوزه طراحی معماری، نشریه انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۱۰، صص. ۱۴۷-۱۳۳.
- شاهین، آرش؛ کلیج، یاسر (۱۳۸۷). ارزیابی نمایندگی‌های فروش با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی AHP، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۴۰، صص. ۱۷۱-۱۵۱.
- مؤمنی، منصور؛ شریفی سلیم، علیرضا (۱۳۹۰). مدل‌ها و نرم‌افزارهای چند شاخصه، تهران: انتشارات مولفین.
- هوشیار، حسن (۱۳۹۰). مکان‌یابی کاربری‌های درمانی با استفاده از روش AHP، (مطالعه موردی سهر مهاباد)، نشریه فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی اهر، شماره ۳۶، صص. ۱۵۰-۱۳۱.

- Anumba et al., (2010). Building Information Modeling Execution Planning Guide, The Computer Integrated Construction Research Group, Department of Architectural Engineering: The Pennsylvania State University.
- Arayici Y., Coates P., Koskela L. & Kagioglou M., (2011). BIM Adoption and Implementation for Architectural Practices, Structural Survey, Vol. 2, pp. 7-25.
- Autodesk (2012). Using BIM to Design a High-Performing Advanced Learning Center, Ideateinc.com.
- Azhar S., (2011). Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the Aec Industry, Leadership and Management in Engineering, No. 3, Vol. 11, pp. 241-252.
- Becerik-Gerber B., ASCE AM. & Kensek K., (2010). Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, No. 3, Vol. 136, pp.139-147.
- Becerik-Gerber B. and Rice Samara (2010). The Perceived Value of Bulding Information Modeling in the U.S. Building Industry, Journal of Information Technology in Construction, Vol. 15. pp. 185-201.
- Building Smart (2010). International Alliance for Interoperability; Constructing the Business Case, Building Information Modelling, British Standards Institution, London.
- Eadie R., Odeyinka H., Browne M., McKeown C. & Yohanis M., (2014). Building Information Modelling Adoption: An Analysis of the Barriers to Implementation, Journal of Engineering and Architecture, Vol. 2, No. 1, pp. 77-101.
- Kekana T.G., Aigbavboa C.O. & Thwala W.D., (2014). Building Information Modeling (BIM): Barriers in Adoption and Implementations Strategies in the South Africa Construction Industry, International Conference on Emerging Trends in Computer and Image Processing (ICETCIP), Dec. 15-16, Pattaya (Thailand), pp. 109-111.
- Vinoth Kumar J. & Mukherjee M., (2009). Scope of Building Information Modeling (BIM) in India, Journal of Engineering Science and Technology Review, No. 1, Vol. 2, pp. 165-169.
- Mohd-nor MFI & Grant M.P., (2014). Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian Architecture Industry, Vol. 10, pp. 264-273.
- Mandhar M. & Mandhar M., (2013). Biming the Architecture Curricula-integrating Building Information Modeling (BIM) in Architecture Education, International Journal of Architecture (IJA), Vol. 1, pp. 1-20.
- Ngai E.W.T. & Chan E.W.C. (2005). Evaluation of Knowledge Management Tools Using AHP, Expert Systems with Applications, Vol. 29.
- Rostami R. et al., (2015). Green and Sustainability Policy, Practice and Management in Construction Sector, A Case Study of Malaysia, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, No. 3, Vol. 9, pp.176-188.
- Sandefur D., (2011). DEWALT Electrical Code Reference, Second Edition: Based on the 2011 National Electrical Code, Cengage Learning.
- Smith D., (2012). Industrial Building Construction in the US, IBIS World Industry Report 23331.
- Zhang J., Seet B.C. & Lie T.T., (2015). Building Information Modelling for Smart Built Environments, www.mdpi.com/journal/buildings/, pp. 100-115.
- Zahrizan Z., Mohamed Ali N., Tarmizi Haron A., Marshall-Ponting A. & Zuhairi A., (2014). Exploring the Barriers and Driving Factors in Implementing Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian Construction Industry: A Preliminary Study, Journal – The Institution of Engineers,Vol. 75, No. 1, Malaysia, pp. 1-10.