

شناسایی و رتبه‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از رویکرد BWM فازی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۶

کد مقاله: ۳۱۳۶۷

دین محمد ایمانی^{۱*}، بیتا رمضی^۲

چکیده

پیشرفت روز افزون فناوری باعث شده مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یکی از فناوری‌های نوین در صنعت ساخت در حال رشد بوده و توجه محققین را برای استفاده و چگونگی توسعه آن جلب کند. هدف پژوهش حاضر شناسایی و رتبه‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از رویکرد BWM فازی بوده است. روش پژوهش بر اساس ماهیت کمی، بر حسب هدف کاربردی و بر اساس نحوه گردآوری داده‌ها از نوع پیمایشی است. ضمناً از روش جدید بهترین-بدترین برای حل مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره در فضای فازی استفاده شده است. جامعه آماری ۱۰ نفر از خبرگان حوزه ساختمان و برابر با نمونه آماری است. ابزار پژوهش پرسشنامه محقق ساخته و پرسشنامه استاندارد BWM بوده، جهت بررسی روایی از روایی محتوا و جهت بررسی پایایی از ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردیده است. یافته‌های پژوهش وجود ۱۵ شاخص در سه بخش اجتماعی، تاکتیکی و اقتصادی-مدیریتی را به عنوان چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی ساختمان با روش BWM موثر دانسته است. ضمناً معیار تاکتیکی با وزن ۴۹۹/ رتبه اول، معیار اجتماعی با وزن ۲۶۶/ رتبه دوم و معیار اقتصادی-مدیریتی با وزن ۲۳۴/ رتبه سوم را با این رویکرد کسب کرده است. همچنین وزن‌دهی و رتبه هر زیر معیار نیز مشخص، پیشنهادها و راهکارها جهت رفع چالش‌های موجود ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: رتبه‌بندی چالش‌ها، پیاده‌سازی BIM، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، BWM فازی

۱- استادیار، گروه مدیریت و بهره‌وری و پروژه دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، ایران، تهران،
(Imanim@iust.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت پروژه دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، ایران، تهران.

۱- مقدمه

BIM رویکردی جدید و امیدوارکننده در صنعت، معماری، مهندسی و ساخت است که به تدریج در حال کسب محبوبیت بین مالکان، معماران، مهندسان و پیمانکاران به عنوان فرایندی خلاقانه برای تولید، تجزیه و تحلیل و مدیریت داده‌های اطلاعاتی ساختمان در طول چرخه حیات آن می‌باشد. 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. در این فصل به کلیات تحقیق از جمله بیان مسئله، اهداف، سؤال‌ها، قلمرو تحقیق پرداخته می‌شود.

صنعت ساخت‌وساز یکی از بزرگ‌ترین صنایع داخلی می‌باشد که سالانه بیش از دو سوم درآمد ناخالص داخلی را به خود اختصاص داده است. صرف این میزان هزینه و اشکالات متداول انجام سنتی کارها در این صنعت در کنار بازدهی پایین آن و مشکلات زمان و هزینه و ادعاهای انتهای کار، همه و همه لزوم تحقیق در رابطه با افزایش بهره‌وری و بازدهی آن را ایجاب می‌کند. با توجه به مطالعات انجام شده در سراسر جهان مشاهده می‌شود که در پنجاه سال اخیر بهره‌وری صنعت ساختمان با کاهش چشم‌گیری مواجه بوده است. یکی از مهم‌ترین دلایل آن کمبود ارتباطات و همکاری بین افراد از طریق تبادل اطلاعات است (کیمل، ۲۰۰۸). ماهیت چندرشته‌ای بودن پروژه‌ها در صنعت ساختمان نیازمند ارتباطات روشن و همکاری مؤثر بین اعضای تیم پروژه است. فناوری اطلاعات نقش مهمی را برای تسهیل این امر برعهده دارد. در سراسر جهان محققان به فکر تغییرات اساسی در فرایندهای سنتی موجود و گسترش کاربرد فناوری اطلاعات در این صنعت افتاده‌اند (ایستمن، ۲۰۱۱).

یکی از مفاهیمی که به تازگی وارد ادبیات مدیریت پروژه و ساخت شده و از پیشرفت‌های اخیر این رشته به شمار می‌رود مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است که به اختصار "بیم" نامیده می‌شود. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان فرایند تولید و مدیریت اطلاعات ساختمان در طی چرخه حیات آن است. به عبارت دیگر یک مدل اطلاعات ساختمان نمایش سبدهای دیجیتال از ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی یک ساختمان می‌باشد (کیمل، ۲۰۰۸). استاندارد بین‌المللی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را نمایشی مجازی از مشخصات کارکردی و فیزیکی امکانات، از آغاز پروژه به بعد می‌داند (گلابچی، ۱۳۹۵).

پیشرفت روزافزون فناوری و نیاز صنعت برای استفاده از آن باعث شده مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یکی از فناوری‌های نوین در صنعت ساخت در حال رشد باشد و توجه محققین را برای استفاده و چگونگی توسعه آن جلب کند. برای بهره‌گیری از مزایای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، سازمان‌ها باید دانش لازم در خصوص چگونگی پیاده‌سازی آن را داشته باشند. به طور کلی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به نقشه‌های دوبعدی و مشخصات مربوط به آن، اجزای مدل‌سازی سه‌بعدی با ویژگی خاص، اضافه می‌نماید. تفاوت عمده مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با یک مدل سه‌بعدی متعارف CAD، ذخیره اطلاعات مهم کل فرایند ساخت با تمام اجزای آن می‌باشد. این اطلاعات مواردی از قبیل مشخصات مصالح (وزن، رنگ، اندازه، میزان مقاومت در برابر حریق و...)، ارتباطات فضایی، اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی، کمیت و مشخصات اعضای ساختمانی، تخمین هزینه، فهرست مصالح و زمان‌بندی پروژه را دارا می‌باشد (ازهر، ۲۰۰۸)؛ بنابراین مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک منبع مشترک اطلاعات، بین کل تیم طراحی و اجرای ساختمان، عمل می‌کند. نتیجه این یکپارچه‌سازی اطلاعات، افزایش هماهنگی، کاهش خطاها و ضایعات، و نهایتاً افزایش کیفیت کار می‌باشد (کیمل، ۲۰۰۸).

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیازمند ایجاد تغییراتی در تعریف مراحل معماری سنتی و به اشتراک‌گذاری داده‌های بیشتر نسبت به داده‌های معماران و مهندسان می‌باشد. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با مدل‌سازی تصاویر قسمت‌ها و قطعات واقعی مورد استفاده در فرایند ساخت‌وساز، تغییر عمده‌ای را از طراحی سنتی تا طراحی کامپیوتری به نمایش در می‌آورد (ایستمن و همکاران، ۲۰۱۱). پروژه‌های بسیار در سرتاسر جهان با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان انجام شده‌اند و این کار نتایج خوبی را برایشان به همراه داشته است. دستاورد این پروژه‌ها به صورت مقاله و پایان‌نامه‌های متعددی منتشر شده است. نتایج بسیاری از پروژه‌ها نشان می‌دهد که روش‌های سنتی دیگر جوابگو نخواهند بود. به نظر می‌رسد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حال به وجود آوردن انقلابی در صنعت ساخت‌وساز می‌باشد.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بسیاری از کشورها به سرعت در حال توسعه و پیشرفت است. با وجود این که در کشور ما تلاش زیادی برای معرفی این روش و به کارگیری آن در صنعت ساختمان انجام نشده است و بسیاری از پروژه‌ها به همان شکل سنتی اجرا می‌شوند و مشکلاتی از جمله تأخیر در پروژه‌ها، افزایش هزینه‌ها، عدم تأمین کیفیت مورد نظر مشتری و... در اکثر پروژه‌های ساخت وجود دارد. یکی از دلایل این امر که سازمان‌ها همچنان به روش‌های سنتی کار خود را انجام می‌دهند این است که اصلاً اطلاعاتی در رابطه با روش‌های نوین و مفاهیمی همانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ندارند. با وجود آن که تحقیقات اندکی در کشور ما در این زمینه انجام شده و سعی بر آن بوده که این مفهوم وارد ادبیات مدیریت پروژه و ساخت در کشور شود،

سردرگمی زیادی درباره این که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان دقیقاً چیست و چگونه باید استفاده و اجرا شود، وجود دارد. برای ورود مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به ادبیات ساخت در کشور و پیاده‌سازی آن در سازمان‌ها ابتدا باید شرایط موجود در سازمان‌ها در داخل کشور بررسی پرداخته گردد و با توجه به شرایط موجود پیاده‌سازی شود و به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در سازمان‌ها مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بسیاری از کشورهای دنیا در حال توسعه است ولی در کشور ما تلاش زیادی برای معرفی و به کارگیری این روش انجام نشده است و بسیاری از سازمان‌ها به همان روش سنتی کار می‌کنند.

در این تحقیق به شناسایی و رتبه‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در شرایط عدم قطعیت فازی در پروژه‌ها پرداخته می‌شود. برای بررسی و شناسایی چالش‌ها از مطالعات قبلی، نظر خبرگان از طریق پرسش‌نامه گرفته و سپس آن‌را تجزیه و تحلیل کرده و در نهایت آن‌ها را رتبه‌بندی خواهیم کرد. از روش بهترین - بدترین که از روش‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط جعفر رضایی، معرفی شده است در این تحقیق استفاده خواهیم کرد. اساس این روش اندازه‌گیری معیارها با مقایسه زوجی است. در BWM با تعیین اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها و ترجیح کلیه معیارها بر بدترین ملاک با تعیین مقیاس بین ۱ تا ۹، وزن معیارها مشخص می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

به منظور آشنایی بیشتر با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به بررسی مطالعات انجام شده در این حوزه خواهیم پرداخت. در پژوهشی که توسط مهدی ابطحی و ندا قادرپناه (۱۴۰۱) با عنوان شناسایی موانع و چالش‌های پیاده‌سازی و به کارگیری فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه‌های ساخت صورت گرفت.

در این راستا، پژوهش حاضر در قالب مطالعه‌ای مروری و با هدف معرفی فناوری BIM و ویژگی‌ها، قابلیت‌ها و چالش‌های آن در پروژه‌های ساخت نگارش یافته است. بر این اساس، با مطالعه عمیق ادبیات تحقیق، چارچوبی از چالش‌ها و موانع پیاده‌سازی و بکارگیری فناوری BIM در صنعت ساخت مشتمل بر ۶۴ چالش در ۶ بعد مالی، فنی، مدیریتی، سازمانی، محیطی و قانونی احصا و سازماندهی گردید. همچنین با مروری بر پیشینه پژوهش‌های مرتبط، خلأ پژوهش در این حوزه ارایه شد.

در پژوهشی که توسط نیلوفر روحانی (۱۴۰۰) با عنوان شناسایی و اولویت‌بندی موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت ایران صورت گرفت. بر این اساس، موانع "پیاده‌سازی BIM نیازمند تغییر در رویه‌های قانونی است"، "فقدان راهنماها و استانداردهای کاربردی"، "عدم آگاهی و حمایت مدیریت ارشد" و "مشارکت ضعیف بین مشاور و پیمانکار" به ترتیب پر اهمیت‌ترین موانع در سطوح دولت، انجمن‌ها و اصناف، سازمان و بین‌سازمانی شناخته شدند.

در پژوهشی دیگر حسین قمی بزرگی، جواد مجروحی و سعید جمالی (۱۳۹۸) با عنوان شناسایی و ارزیابی چالش‌های بکارگیری فناوری در صنعت ساخت به این نتایج دست یافتند که:

با بررسی اولیه عناوین چالش‌های ارائه شده در اسناد علمی معتبر، تعداد ۷۴۰ عنوان چالش شناسایی گردید. علیرغم تنوع بالای عناوین موانع و لیکن با دسته‌بندی مناسب، حذف چالش‌های مشابه و انتخاب عنوان مناسب برای هر چالش در نهایت در یک جمع‌بندی کل چالش‌ها مشتمل بر ۲۵ عنوان چالشی اصلی تعیین گردیدند. سپس بر اساس ماهیت هریک از عناوین موانع اصلی، در مجموع تعداد ۹ محور چالشی شناسایی و معرفی گردیده است. همچنین بر اساس درصد تکرار هریک از عناوین چالش‌های شناسایی شده در اسناد علمی منتخب، میزان اهمیت آنها به همراه درصد اهمیت هریک از محورهای چالشی به تفکیک هر کشور مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

در پژوهشی که توسط مریم قره‌آبادی (۱۳۹۷) با عنوان بررسی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی در پروژه‌های عمرانی (BIM) اطلاعات ساختمان انجام گردید. نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد که سطح بلوغ از نظر BIM در پروژه‌های عمرانی پایین است و با وضعیت مطلوب فاصله زیادی دارد. به همین دلیل حل کردن چالش‌های، همچون مقاومت افراد در برابر تغییر و عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی پیاده‌سازی از اولویت بیشتری برخوردار هستند.

در پژوهش دیگر که توسط محمد رضا کسائیان نائینی (۱۳۹۸) با عنوان بررسی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شرکت‌های کوچک انجام شد.

هدف از این پژوهش بررسی چالش‌های پیاده‌سازی BIM در شرکت‌های کوچک بر اساس استاندارد مدیریت پروژه و همینطور ارائه راهکارهایی برای حل و گذر از موانع و مشکلات پیش روی شرکت‌های کوچک برای پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است.

پژوهشی توسط مهدی زندیه و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان تجزیه و تحلیل موانع اجرای مدل اطلاعات ساختمان BIM در ساختمان‌های صنعتی ایران با هدف تاکید و بازشناخت موانع اجرای بیم، در جهت تاکید در برطرف نمودن آن‌ها از جوانب مختلف به صورت اولویت بندی، 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 قرار دادن مدیران ارشد، مشاوران و همچنین پیمانکاران، مواردی را با مشاوره متخصصان به صورت لیست ارائه نموده است و در مرحله 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 نرم افزاری Expert Choice مورد بررسی قرار داده، در نهایت پشتیبانی با وزن نهایی ۴۶۴/ در رتبه اول تعیین شد و زیر معیار 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 ۲۶۵/ در اولویت کلی می‌شمارد و عدم تخصص که از زیرمعیارهای فنی است را با وزن نهایی ۱۳۲/ در اولویت دوم بیان می‌نماید. در بخش زیر معیارهای مدیریتی مالکیت معنوی/ مشکلات حقوقی با وزن ۳/۱۱۳ و ایهام در مسئولیت‌ها با ۱/۱۲۷ و عدم اطمینان به BIM قرار گرفته‌اند.

در پژوهشی که توسط پگاه نعمتی ورکی (۱۳۹۴) با عنوان بررسی چالش‌ها و راهکارهای پیاده‌سازی (BIM) در صنعت ساختمان سازی ایران با روش مروری صورت گرفت.

نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که سطح بلوغ از نظر BIM در سازمان پایین است و با وضعیت مطلوب فاصله زیادی دارد. به همین دلیل حل کردن چالش‌های سازمانی همچون مقاومت افراد در برابر تغییر و عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی پیاده‌سازی از اولویت بیشتری برخوردار هستند. به طور کلی همچون بسیاری از سیستم‌ها نقش افراد برای پیاده‌سازی موفق BIM بسیار پررنگ‌تر از ابزارها است.

در پژوهشی حسینی (۲۰۲۱)، با عنوان ارزیابی تاثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها برای مدیریت درست یک پروژه انجام شده است براساس نتایج، همه جنبه‌های PMBOK از BIM به طور یکسان بهره می‌برند. علاوه بر این، نشان داده شده است که ظرفیت‌های مدل سه بعدی، از جمله تشخیص تعارضات و اصلاح و بروزرسانی برنامه، از ظرفیت‌های بعد شش و هفت برتر هستند.

گورگاریو (۲۰۱۹)، این مقاله با هدف ارائه یک بررسی پیشرفته از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شیوه ساخت و ساز در انگلستان تدوین شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مزایای گزارش شده مربوط به همکاری و ترکیبی از محصول (نرم‌افزار) و نوآوری فرآیند است، در حالی که تفکر چرخه عمر و کاهش زباله غالباً نادیده گرفته می‌شوند. در حال حاضر، آگاهی گسترده‌ای در مورد BIM وجود دارد اما با مانع مالی برای سرمایه‌گذاری در توسعه قابلیت‌های دیجیتال، به ویژه برای شرکت‌های کوچک و متوسط دیده می‌شود.

مصطفی (۲۰۲۰)، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به طور قابل توجهی در صنعت ساخت و ساز تأثیر داشته است. نتایج نظرسنجی فرصت‌ها و موانع ادغام BIM را مستند می‌کند و بینش حرفه‌ای در مورد چگونگی بهره‌برداری BIM از صنعت پیش‌ساخته را ارائه می‌دهد. این مطالعه به بدنه دانش در افزایش بهره‌وری در عمل پیش‌ساخته از طریق ادغام BIM در زمینه مسکن استرالیا کمک می‌کند.

پژوهشی توسط آروین مانقاساریان و محمد علی نکویی (۲۰۱۶)، با عنوان بررسی و تحلیل سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی و اولویت‌بندی صورت گرفته است. نتایج نشان داد که چهار زیر معیار پراکندگی اطلاعات و نبود سیستم یکپارچه با وزن ۰/۲۲۷، فضای پیچیده برنامه‌ها با وزن ۰/۱۶۳، بالا بودن هزینه طراحی با نرم‌افزارهای BIM با وزن ۰/۱۵۷ و نیاز به نیروهای مختلف مقیم دفتری برای پروژه با وزن ۰/۱۳۵ به ترتیب بیشترین اهمیت و در نتیجه بیشترین تأثیر را در اولویت‌بندی عوامل عدم تحقق BIM را داشته‌اند. با شناسایی علل مؤثر در بروز چالش‌های عدم تحقق BIM می‌توان تدابیر پیش‌گیرانه برای جلوگیری از شکست این گونه پروژه‌ها و قرار دادن آنها در مسیر موفقیت را فراهم نمود.

بنبرگ (۲۰۱۵)، در این مقاله قصد داریم تا به واکاوی کاربردهای BIM (مدل اطلاعات ساختمان) در ایجاد زیرساخت‌های پایدار بپردازیم. BIM کمک می‌کند تا از مدل‌های دیجیتال سه بعدی در طراحی و ساخت پروژه‌ها و مدیریت بهره‌برداری نهایت بهره گرفته شود.

در پژوهشی که توسط چن و پان (۲۰۱۵) با عنوان یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره یکپارچه برای ارزیابی شاخص‌های عملکرد کلیدی تحویل پروژه یکپارچه و مدل BIM برای یک پروژه حمل و نقل زیرساخت در غرب هند انجام گرفت. نتایج نشان‌دهنده چهار شاخص مؤثر و حیاتی هستند. آنها دسترسی و دقت اطلاعات توسط BIM، تسهیل دسترسی به داده‌های بلادرنگ، قابلیت همکاری و سازگاری داده‌ها و به حداقل رساندن ادعاها و اختلافات بودند. از این رو، باید توجه بیشتری به MCKPIها برای بهبود عملکرد پروژه‌های زیرساختی پیچیده مانند ساخت و ساز ریل مترو داده شود.

۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر برحسب هدف در حیطه پژوهش‌های کاربردی جای می‌گیرد. بدین دلیل که به زمینه‌یابی برای حل یک مسئله در دنیای واقعی می‌پردازد. همچنین از نظر گردآوری اطلاعات در حیطه پژوهش‌های پیمایشی قرار می‌گیرد. پیمایش، پژوهشی است که بر اساس انتخاب نمونه‌ای تصادفی و معرف از افراد جامعه پژوهش و پاسخ آن‌ها به یک مجموعه پرسش با استفاده از پرسشنامه، نظرسنجی و یا روش‌های دیگر به مطالعه وضع موجود اعم از نگرش‌ها، عقیده‌ها، رفتارها و به‌طور کلی استخراج اطلاعات درباره فرضیه‌ها، می‌پردازد. در این پژوهش از روش بهترین_بدترین برای حل مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره در فضای فازی معرفی می‌گیرد. در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، تعدادی گزینه پیشنهادی با توجه به تعدادی معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تا بهترین گزینه انتخاب گردد. بر اساس این روش، بهترین (مطلوب‌ترین، مهم‌ترین) و بدترین (نامطلوب‌ترین، بی‌اهمیت‌ترین) معیار به وسیله تصمیم‌گیرنده مشخص و مقایسات زوجی بین هر یک از دو معیار و دیگر معیاره صورت می‌پذیرد.

۴- یافته‌ها

در این بخش به تجزیه و تحلیل داده های پژوهش پرداخته می‌شود هدف در این پژوهش شناسایی و رتبه‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از رویکرد BWM فازی می‌باشد برای دستیابی به این هدف در نرم افزار اکسل و محاسبات BWM فازی در نرم افزار لینگو انجام شده است.

۴-۱- معرفی عوامل پژوهش

در این بخش ابتدا بر اساس مرور ادبیات و پیشینه پژوهش ۱۶ شاخص در ۳ بعد شناسایی و استخراج شد که جهت بومی سازی این عوامل طی پرسشنامه‌ای از ۱۰ نفر از خبرگان خواسته شد که بر اساس طیف ۱ تا ۵ لیکرت (۱=اهمیت خیلی کم، ۲= اهمیت کم، ۳= اهمیت متوسط، ۴= اهمیت زیاد، ۵= اهمیت خیلی زیاد) به هر شاخص امتیاز دهند. سپس میانگین امتیازات هر شاخص محاسبه شد چنانچه میانگین امتیاز شاخصی از عدد ۲٫۵ کمتر باشد حذف می‌گردد این مقدار ۲٫۵ با استفاده از نظر خبرگان انتخاب شده است. نتایج نشان داد که ۱۵ شاخص از بین آنها مورد تایید خبرگان است یعنی میانگین تمامی شاخص‌ها بالاتر از عدد ۲٫۵ می باشد. نتایج در جدول ۴-۵ آورده شده است.

جدول ۴-۵: نتایج نظرات خبرگان

بعد	شاخص	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶	خبره ۷	خبره ۸	خبره ۹	خبره ۱۰	میانگین
اجتماعی	تجربه ناکافی	۳	۴	۲	۴	۱	۴	۳	۱	۵	۴	۳٫۱۰
	عدم تمایل به تغییر و مقاومت در برابر آن	۵	۵	۴	۳	۴	۵	۳	۳	۵	۵	۴٫۲۰
	زمان بر بودن یادگیری به دلیل نرم افزارهای پیچیده	۴	۳	۳	۴	۵	۴	۳	۳	۲	۴	۳٫۵۰
	فقدان استانداردهای یکپارچه	۳	۴	۱	۳	۲	۳	۲	۲	۵	۳	۲٫۸۰
	بی میلی و عدم تقاضای مشتریان	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۵	۴٫۷۰
	کمبود دانش و اطلاعات کافی در خصوص BIM	۵	۴	۳	۴	۵	۴	۴	۳	۴	۴	۴٫۰۰
تکنیکی	عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت افزارهای مربوطه	۵	۳	۳	۵	۵	۳	۴	۴	۵	۵	۴٫۲۰
	عدم پشتیبانی از ذینفعان در فرآیند تحویل پروژه	۵	۳	۵	۳	۵	۳	۴	۳	۵	۳	۳٫۹۰
	عدم آشنایی با کاربردهای BIM	۴	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴٫۸۰
	عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و مراحل پیاده سازی	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴٫۷۰
اقتصادی و مدیریتی	هزینه های بالای سرمایه گذاری و پیاده سازی BIM	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۲	۳	۳٫۱۰
	عدم تعریف روشن از نقش های جدید	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۵	۵	۵	۲	۲٫۸۰
	عدم حمایت مدیران ارشد	۲	۲	۲	۴	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۲٫۵۰
	عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص	۴	۳	۳	۵	۴	۳	۵	۵	۵	۵	۴٫۲۰
	کمبود پرسنل ماهر در دسترسی	۳	۲	۲	۴	۵	۲	۵	۲	۴	۱	۳٫۰۰

با توجه به جدول ۴-۵، تمامی شاخصهای پژوهش دارای میانگین بالاتر از ۲,۵ هستند پس امتیاز لازم را کسب کرده‌اند و تایید می‌شوند. شاخص‌های تایید شده به صورت کد بندی در جدول ۴-۶ آورده شده است.

جدول ۴-۶: نتایج ارزیابی عوامل

کد	شاخص	بعد
SO1	تجربه ناکافی	اجتماعی (SO)
SO2	عدم تمایل به تغییر و مقاومت در برابر آن	
SO3	زمان بر بودن یادگیری به دلیل نرم افزارهای پیچیده	
SO4	فقدان استانداردهای یکپارچه	
SO5	بی میلی و عدم تقاضای مشتریان	
SO6	کمبود دانش و اطلاعات کافی در خصوص BIM	
EN1	عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت افزارهای مربوطه	تاکتیکی (EN)
EN2	عدم پشتیبانی از ذینفعان در فرآیند تحویل پروژه	
EN3	عدم آشنایی با کاربردهای BIM	
EN4	عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و مراحل پیاده‌سازی	
EC1	هزینه های بالای سرمایه گذاری و پیاده سازی BIM	اقتصادی و مدیریتی (EC)
EC2	عدم تعریف روشن از نقش های جدید	
EC3	عدم حمایت مدیران ارشد	
EC4	عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص	
EC5	کمبود پرسنل ماهر در دسترسی	

۴-۲- نتایج روش بهترین بدترین فازی

در این بخش از روش بهترین بدترین فازی جهت وزن دهی و اولویت بندی به عوامل پژوهش استفاده می‌شود.
الف- تعیین با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص ها: در اولین گام روش بهترین بدترین باید با اهمیت ترین (بهترین) و کم اهمیت ترین (بدترین) شاخص مشخص شود در این پژوهش با استفاده از نظرات خبرگان پژوهش ابتدا در معیارهای اصلی و سپس در بین زیرمعیارهای هر معیار، با اهمیت ترین (بهترین) و کم اهمیت ترین (بدترین) شاخص مشخص شدند.
ب- تشکیل مقایسات زوجی: در این قسمت مقایسات زوجی بهترین معیار نسب به دیگر معیارها (BO) و دیگر معیارها نسبت به بدترین معیار (OW) انجام می‌شود که در این پژوهش ابتدا مقایسات زوجی تشکیل و در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار داده شد تا بر اساس طیف جدول ۳-۱ میزان ارجحیت در مقایسات زوجی را مشخص کنند بعد از پاسخگویی، مقایسات زوجی با روش میانگین هندسی ادغام شدند که در ادامه آورده شده است.

جدول ۴-۷: مقایسه زوجی معیارهای اصلی

		SO	EN	EC
بهترین معیار	EN	(۱,۵۹۸,۱,۹۴۳,۲,۳۱۸)	(۱,۱,۱)	(۱,۹۱۷,۲,۱۰۷,۲,۲۸۷)
بدترین معیار	EC	(۱,۰۹۷,۱,۱۹۶,۱,۲۹۴)	(۱,۹۱۷,۲,۱۰۷,۲,۲۸۷)	(۱,۱,۱)

جدول ۴-۸: مقایسه زوجی زیرمعیارهای اجتماعی

		SO2	SO2	SO3	SO4	SO5	SO6
بهترین معیار	SO5	۷۳۲,۲,۰۸۳ (۲,۴۴)	۰,۹۳۵,۱,۲۸۲ (۱,۷۳۶)	۱,۴۲۸,۱,۷۱۲,۱, (۹۹۶)	۲,۹۶۷,۲,۴۸۲ (۴,۰۳۲)	(۱,۱,۱)	۱,۵۶۵,۱,۹۱۱,۲ (۲,۶۳)
بدترین معیار	SO4	۱,۰۴۶,۱,۱ (۴۹,۱,۲۶)	۰,۹۸۴,۱,۳۳۵ (۱,۷۹۶)	۱,۲۵۱,۱,۴۳۱,۱, (۶۰۷)	(۱,۱,۱)	۱,۵۶۵,۱,۹ (۱۱,۲,۲۶۳)	۱,۰۵۹,۱,۴۷۳,۲ (۰,۱۸)

جدول ۴-۹: مقایسه زوجی زیرمعیارهای تاکتیکی

		EN1	EN2	EN3	EN4
بهترین معیار	EN3	(۱,۳۹۳,۱,۵۱۶,۱,۶۲۳)	(۱,۹۱۸,۲,۲۵۹,۲,۶۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱۳۵,۱,۳۲,۱,۵۱۴)
بدترین معیار	EN2	(۰,۹۱۵,۱,۰۸۱,۱,۲۶۷)	(۱,۱,۱)	(۱,۱۳۵,۱,۳۲,۱,۵۱۴)	(۰,۹۵۶,۱,۱,۰۴۶)

جدول ۴-۱۰: مقایسه زوجی زیرمعیارهای اقتصادی و مدیریتی

		EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
بهترین معیار	EC4	(۲,۲۰۳,۲۶۲۵,۳,۰ (۳۶	(۰,۹۷۲,۱,۱۹۶,۱,۴۶۱) (	(۳,۱۰۹,۳۶۲۶,۴,۱ (۳۸	(۱,۱,۱)	(۱,۸۵۵,۲,۳۶۴,۲,۹۰۱ (
بدترین معیار	EC3	(۰,۸۵۲,۱,۰۷۲,۱,۳ (۴۲	(۱,۰۰۲,۱,۳۲,۱,۶۹۷)	(۱,۱,۱)	(۱,۸۵۵,۲,۳۶۴,۲,۹ (۰۱	(۱,۱۹۳,۱,۲۸۲,۱,۳۷۲ (

۴-۱-۳- محاسبه وزن معیارها

در این گام با استفاده رابطه ۷ مدل بهینه سازی غیرخطی مسئله را تشکیل خواهیم داد اما جو و ژائو (۲۰۱۷) بیان کردند که در مدل‌های دارای سه معیار یا بیشتر بهتر است مدل به خطی تبدیل شود. بنابراین مدل خطی روش BWM فازی تشکیل شد و توسط نرم افزار Lingo 17 حل گردید و اوزان معیارها حاصل شد که در ادامه آورده شده است.

به عنوان مثال برای بر اساس جدول ۴-۷، مدل بهینه‌سازی خطی معیارهای اصلی به صورت زیر باشد:

$$\begin{aligned}
 &l2-1.598*u1 \leq z*u1; \quad l2-1.598*u1 \geq -z*u1; \\
 &m2-1.943*m1 \leq z*m1; \quad m2-1.943*m1 \geq -z*m1; \\
 &u2-2.318*l1 \leq z*l1; \quad u2-2.318*l1 \geq -z*l1; \\
 &l2-1.917*u3 \leq z*u3; \quad l2-1.917*u3 \geq -z*u3; \\
 &m2-2.107*m3 \leq z*m3; \quad m2-2.107*m3 \geq -z*m3; \\
 &u2-2.287*l3 \leq z*l3; \quad u2-2.287*l3 \geq -z*l3; \\
 &l1-1.097*u3 \leq z*u3; \quad l1-1.097*u3 \geq -z*u3; \\
 &m1-1.196*m3 \leq z*m3; \quad m1-1.196*m3 \geq -z*m3; \\
 &u1-1.294*l3 \leq z*l3; \quad u1-1.294*l3 \geq -z*l3; \\
 &*0,167l1+0.668*m1+0.167*u1+ \\
 &*0,167l2+0.668*m2+0.167*u2+ \\
 &*0,167l3+0.668*m3+0.167*u3=1; \\
 &l1 \leq m1; \quad m1 \leq u1; \quad l1 \geq 0; \\
 &l2 \leq m2; \quad m2 \leq u2; \quad l2 \geq 0; \\
 &l3 \leq m3; \quad m3 \leq u3; \quad l3 \geq 0;
 \end{aligned}$$

سپس با حل مدل بالا در نرم‌افزار Lingo 17 وزن معیارها محاسبه می‌شود که در جدول ۴-۱۱ آورده شده است.

جدول ۴-۱۱: وزن و رتبه نهایی معیارهای اصلی

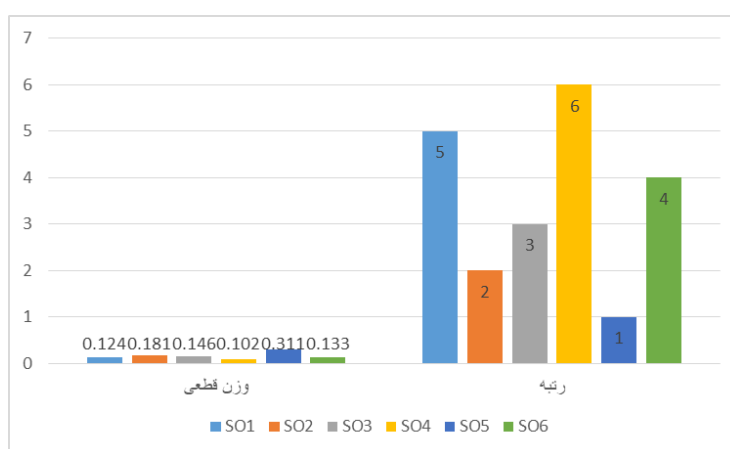
رتبه	وزن قطعی	وزن فازی	معیار
۲	۰,۲۶۶	(۰,۲۴۲,۰,۲۶۶,۰,۲۸۸)	اجتماعی
۱	۰,۴۹۹	(۰,۴۴۴,۰,۵,۰,۵۴۸)	تاکتیکی
۳	۰,۲۳۴	(۰,۲۳۴,۰,۲۳۴,۰,۲۳۴)	اقتصادی و مدیریتی

در جدول ۴-۱۱ وزن فازی مستقیماً از حل مدل در نرم‌افزار Lingo حاصل شده است سپس این اوزان فازی توسط رابطه $R(\tilde{a}_i) = (l_i + [4m]_i + u_i)/6$ تبدیل به وزن قطعی شده است. به عنوان مثال وزن فازی معیار اجتماعی به صورت $(0,242, 0,266, 0,288)$ است که وزن قطعی آن برابر با $(0,242 + 0,266 * 4 + 0,288) / 6 = 0,266$ می‌شود. بر این اساس معیار تاکتیکی با وزن $0,499$ رتبه اول را کسب کرده است. معیار اجتماعی با وزن $0,266$ رتبه دوم و معیار اقتصادی و مدیریتی با وزن $0,234$ رتبه سوم را کسب کرده است.

به طریق مشابه برای زیرمعیارها نیز مدل بهینه سازی خطی تشکیل شده و توسط نرم افزار حل می-شود که اوزان نهایی حاصل شده و در جداول ۴-۱۲ تا ۴-۱۴ آورده شده است.

جدول ۴-۱۲: وزن و رتبه زیرمعیارهای اجتماعی

کد	معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
SO1	تجربه ناکافی	(۰,۱۱۱,۰,۱۲۷,۰,۱۳۷)	۰,۱۲۴	۵
SO2	عدم تمایل به تغییر و مقاومت در برابر آن	(۰,۱۴۷,۰,۱۸۶,۰,۱۹۴)	۰,۱۸۱	۲
SO3	زمان بر بودن یادگیری به دلیل نرم افزارهای پیچیده	(۰,۱۳۲,۰,۱۴۹,۰,۱۴۹)	۰,۱۴۶	۳
SO4	فقدان استانداردهای یکپارچه	(۰,۰۸۷,۰,۱۰۵,۰,۱۰۵)	۰,۱۰۲	۶
SO5	بی میلی و عدم تقاضای مشتریان	(۰,۲۶۶,۰,۳۲,۰,۳۲)	۰,۳۱۱	۱
SO6	کمبود دانش و اطلاعات کافی در خصوص BIM	(۰,۱۱۹,۰,۱۳۶,۰,۱۳۷)	۰,۱۳۳	۴

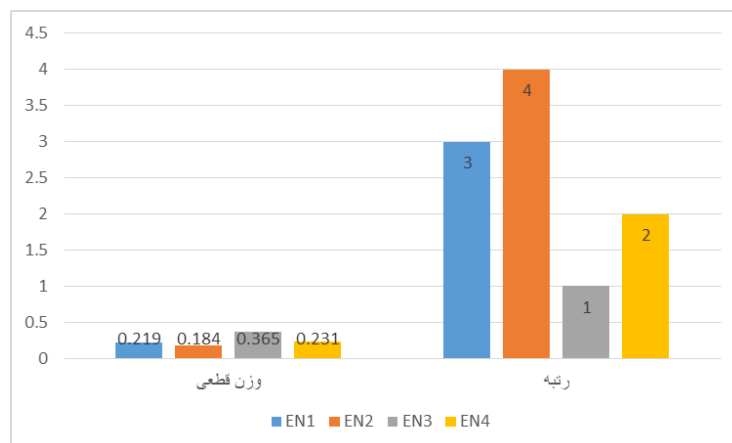


شکل ۴-۵: وزن زیرمعیارهای اجتماعی

با توجه به جدول ۴-۱۲، در بین زیرمعیارهای اجتماعی، بی میلی و عدم تقاضای مشتریان با وزن ۰,۳۱۱ رتبه اول را کسب کرده است. عدم تمایل به تغییر و مقاومت در برابر آن با وزن ۰,۱۸۱ و زمان بر بودن یادگیری به دلیل نرم افزارهای پیچیده با وزن ۰,۱۴۶ به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را کسب کرده‌اند.

جدول ۴-۱۳: وزن و رتبه زیرمعیارهای تاکتیکی

کد	معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
EN1	عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت افزارهای مربوطه	(۰,۲۱۸,۰,۲۱۹,۰,۲۱۹)	۰,۲۱۹	۳
EN2	عدم پشتیبانی از ذینفعان در فرآیند تحویل پروژه	(۰,۱۷۶,۰,۱۸۴,۰,۱۸۹)	۰,۱۸۴	۴
EN3	عدم آشنایی با کاربردهای BIM	(۰,۳۱۲,۰,۳۶۷,۰,۴۱۱)	۰,۳۶۵	۱
EN4	عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و مراحل پیاده سازی	(۰,۲۳۱,۰,۲۳۱,۰,۲۳۱)	۰,۲۳۱	۲



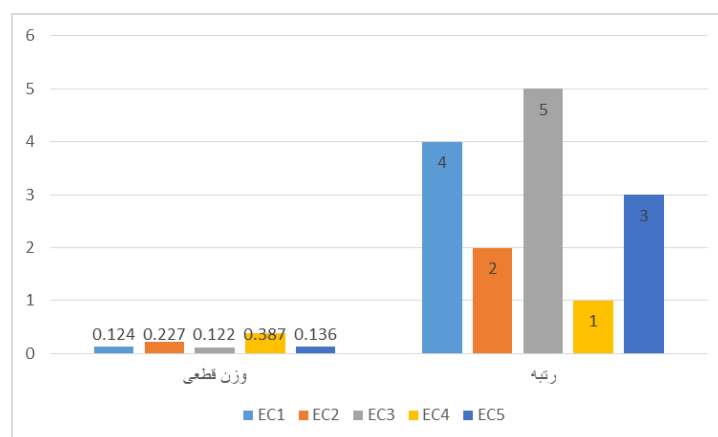
شکل ۴-۶: وزن زیرمعیارهای تاکتیکی

با توجه به جدول ۴-۱۳، در بین زیرمعیارهای تاکتیکی، عدم آشنایی با کاربردهای BIM با وزن ۰,۳۶۵، رتبه اول را کسب کرده است.

عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و مراحل پیاده‌سازی با وزن ۰,۳۳۱، رتبه دوم عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت افزارهای مربوطه با وزن ۰,۲۱۹، رتبه سوم را کسب کرده‌اند.

جدول ۴-۱۴: وزن و رتبه زیرمعیارهای اقتصادی و مدیریتی

کد	معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
EC1	هزینه های بالای سرمایه گذاری و پیاده سازی BIM	(۰,۱۱۲,۰,۱۲۶,۰,۱۲۷)	۰,۱۲۴	۴
EC2	عدم تعریف روشن از نقش های جدید	(۰,۲۰۱,۰,۲۳۲,۰,۲۳۳)	۰,۲۲۷	۲
EC3	عدم حمایت مدیران ارشد	(۰,۱۰۲,۰,۱۲۴,۰,۱۳۳)	۰,۱۲۲	۵
EC4	عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص	(۰,۳۴۶,۰,۳۹۵,۰,۳۹۵)	۰,۳۸۷	۱
EC5	کمبود پرسنل ماهر در دسترسی	(۰,۱۱۶,۰,۱۳۸,۰,۱۴۶)	۰,۱۳۶	۳



شکل ۴-۷: وزن زیرمعیارهای اقتصادی و مدیریتی

با توجه به جدول ۴-۱۴، در بین زیرمعیارهای اقتصادی و مدیریتی، عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص با وزن ۰,۳۸۷، رتبه اول را کسب کرده است. عدم تعریف روشن از نقش های جدید با وزن ۰,۲۲۷، رتبه دوم و کمبود پرسنل ماهر در دسترسی با وزن ۰,۱۳۶، رتبه سوم را کسب کرده است.

۴-۱-۴- اوزان نهایی زیرمعیارها

اوزان نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن نسبی زیرمعیارها حاصل می‌شود که در جدول ۴-۱۵ آورده شده است. بر این اساس عدم آشنایی با کاربردهای BIM رتبه اول را در بین تمامی شاخص‌های کسب کرده است. عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت‌افزارهای مربوطه به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را کسب کرده‌اند.

جدول ۴-۱۵: وزن نهایی زیرمعیارها

رتبه	وزن نهایی شاخص	وزن نسبی شاخص	شاخص	وزن بعد	بعد
۱۱	۰,۰۳۳۰	۰,۱۲۴	تجربه ناکافی	۰,۲۶۶	اجتماعی
۸	۰,۰۴۸۱	۰,۱۸۱	عدم تمایل به تغییر و مقاومت در برابر آن		
۹	۰,۰۳۸۸	۰,۱۴۶	زمان بر بودن یادگیری به دلیل نرم افزارهای پیچیده		
۱۵	۰,۰۲۷۱	۰,۱۰۲	فقدان استانداردهای یکپارچه		
۶	۰,۰۸۲۷	۰,۳۱۱	بی میلی و عدم تقاضای مشتریان		
۱۰	۰,۰۳۵۴	۰,۱۳۳	کمبود دانش و اطلاعات کافی در خصوص BIM	۰,۴۹۹	تاکتیکی
۳	۰,۱۰۹۳	۰,۲۱۹	عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت افزارهای مربوطه		
۴	۰,۰۹۱۸	۰,۱۸۴	عدم پشتیبانی از ذینفعان در فرآیند تحویل پروژه		
۱	۰,۱۸۲۱	۰,۳۶۵	عدم آشنایی با کاربردهای BIM		
۲	۰,۱۱۵۳	۰,۲۳۱	عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و مراحل پیاده‌سازی		
۱۳	۰,۰۲۹۰	۰,۱۲۴	هزینه های بالای سرمایه گذاری و پیاده سازی BIM	۰,۲۳۴	اقتصادی و مدیریتی
۷	۰,۰۵۳۱	۰,۲۲۷	عدم تعریف روشن از نقش های جدید		
۱۴	۰,۰۲۸۵	۰,۱۲۲	عدم حمایت مدیران ارشد		
۵	۰,۰۹۰۶	۰,۳۸۷	عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص		
۱۲	۰,۰۳۱۸	۰,۱۳۶	کمبود پرسنل ماهر در دسترسی		

۵- نتیجه‌گیری

سوال یک پژوهش: چه چالش‌هایی در پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مؤثر هستند؟

یافته‌های جدول ۴-۵ و ۴-۶ چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به تعداد ۱۵ چالش را در سه بعد اجتماعی (۶ چالش)، تاکتیکی (۴ چالش) و اقتصادی_مدیریتی (۵ چالش) که مورد تایید خبرگان واقع شده‌اند و در پیاده‌سازی مدل‌سازی BIM تاثیرگذار هستند را نشان می‌دهند نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش مریم قره‌آبادی و مصطفی خانزادی (۱۳۹۷) و پژوهش پگاه نعمتی ورکی (۱۳۹۴) در تاثیر چالش‌های مقاومت در برابر تغییر و عدم آگاهی افراد در خصوص پیاده‌سازی را و با نتایج پژوهش محمد رضا کسائیان (۱۳۹۸) در تاثیر چالش‌های عدم شناخت کافی، مقاومت در برابر یادگیری، کمبود نیروی متخصص و با تجربه در رشته‌های مربوطه، نبود استاندارد مشخص و تعدد نرم‌افزارهای مدل‌سازی و با نتایج پژوهش نیلوفر روحانی در تاثیر چالش‌های عدم آگاهی و حمایت مدیران ارشد از BIM و فقدان راهنماها و استانداردهای کاربردی راتایید و در راستای این پژوهش می‌باشد. سوال دوم پژوهش: وزن‌دهی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از رویکرد BWM فازی چگونه است؟

بر اساس جدول ۴-۱۱ وزن فازی و قطعی معیارهای اصلی در بعد اجتماعی ۳۶۶/ در بعد تاکتیکی ۴۹۹/ و در بعد اقتصادی _مدیریتی ۲۳۴/ می‌باشد. که به ترتیب در میزان وزن‌دهی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان معیار تاکتیکی بیشتر از بعد اجتماعی و بعد اقتصادی و مدیریتی است. ضمناً بر اساس جدول ۴-۱۲ وزن‌دهی زیر معیارهای اجتماعی و تاکتیکی و اقتصادی _مدیریتی مشخص گردیده که در بعد معیارهای اجتماعی میزان وزن‌دهی معیار بی میلی و عدم تقاضای مشتریان ۳۱۱/ و بیشتر از سایر معیارها و در بعد زیر معیارهای تاکتیکی وزن قطعی معیار عدم آشنایی با کاربردهای BIM با ۳۶۵/ از سایر معیارها بیشتر و در بعد معیارهای اقتصادی _مدیریتی وزن قطعی معیار عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص با ۳۸۷/ از سایر معیارها بیشتر می‌باشد. نتایج معیار مدیریتی با نتایج پژوهش مهدی زندیه (۱۳۹۶) در یک راستا می‌باشد.

سوال سوم پژوهش: رتبه‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از رویکرد BWM فازی چگونه است؟

بر اساس جدول ۴-۱۲ در بین زیر معیارهای اجتماعی، بی میلی و عدم تقاضای مشتریان با وزن دهی ۳۱۱/ رتبه اول و عدم تعامل به تغییر و مقاومت در برابر آن با وزن دهی ۱۸۱/ رتبه دوم و زمان بر بودن یادگیری به دلیل نرم افزارهای پیچیده با وزن دهی ۱۴۶/ رتبه دوم را کسب نموده‌اند.

بر اساس جدول ۴-۱۳ در بین زیر معیارهای تاکتیکی، عدم آشنایی با کاربردهای BIM با میزان وزن دهی ۳۶۵/ رتبه اول، عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی مراحل پیاده سازی با وزن دهی ۲۳۱/ رتبه دوم، عدم دسترسی به نرم افزارها و سخت افزارهای موجود با وزن دهی ۲۱۹/ رتبه سوم را کسب کرده‌اند. همچنین به استناد جدول ۴-۱۴ در بین زیر معیارهای اقتصادی _ مدیریتی، عدم وجود اطلاعات حقوقی و قانونی مشخص با وزن دهی ۳۸۷/ ، رتبه اول و عدم تعریف روشن از نقش های جدید با وزن ۲۲۷/، رتبه دوم و کمبود پرسنل ماهر در دسترس با وزن دهی ۱۳۶/ رتبه سوم را به خود اختصاص داده است.

در جدول ۴-۱۵ وزن نهایی زیر معیارها مشخص گردید که عدم آشنایی با کاربردهای BIM رتبه اول و عدم آگاهی افراد در خصوص چگونگی و مراحل پیاده سازی و عدم دسترسی به نرم افزار و سخت افزارهای مربوطه رتبه دوم و سوم را کسب کردند. که تقریباً در راستای نتایج پژوهش آروین مانقاساریان و محمد علی نکویی (۱۳۹۵) می باشد.

سوال چهارم پژوهش: چه راهکارها و پیشنهاداتی جهت رفع چالش های موجود پیشنهاد می دهید؟

به استناد سوال باز پاسخ از خبرگان پژوهش پیشنهادات و راهکارهای رفع چالش های موجود در پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان مورد بررسی و با توجه به درصد فراوانی نظرات موارد ذیل استخراج گردیده است:

با سهامداران شرکت جهت سرمایه گذاری های به موقع و مناسب در جهت رسیدن به اهداف شرکت همکاری های لازم انجام شود.

قوانین داخل شرکت با قوانین و مقررات دولتی هماهنگ و همراستا شوند.

افزایش تبادل اطلاعات و مدیریت دانش صورت گیرد.

شناسایی نقاط قوت و ضعف، تهدیدات و فرصت ها در ارتباط با تولید پایدار جهت رویارویی با فشار و مشکلات رقبا و عوامل غیر منتظره و انجام اقدامات لازم.

با ذینفعان ساخت در طراحی و مهندسی همکاری گردد.

برنامه ریزی فعالیت های ساخت و نیز جانمایی سایت و بهبود ایمنی آن

۵-۱- پیشنهادات

به تحقیق این حوزه نیز پیشنهاد می شود سایر محرک هایی که بر تولید پایدار موثر است و کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، را با روش های مختلف شناسایی و با روش های مختلف مورد بررسی قرار دهند تا ابعاد مختلف تولید پایدار برای جامعه علمی و اجرایی کشور شناخته تر شده و سیاست گذاری در این حوزه نیز با دقت بیشتری انجام شود.

در تحقیق حاضر پروژه های عمرانی و ساخت و ساز مدنظر قرار گرفت که پیشنهاد می شود تنوع بیشتری از سازمان ها مورد مطالعه قرار گیرد .

همچنین پیشنهاد می گردد با تلفیق روش ISM و DMATLE پس از درک روابط علی- معلولی میان عوامل، آنها را اولویت بندی نمود و میزان اثرگذاری هر یک از عوامل را سنجید.

۵-۲- پیشنهادات تحقیقات آتی

۱) در این پژوهش چندین معیار کلی در نظر گرفته شد لذا پیشنهاد می شود جهت پژوهش های آتی، ارزیابی از معیارهای جدیدتری استفاده شود.

۲) پیشنهاد می شود از روش ANP یا خاکستری جهت وزن دهی به عوامل اصلی در پژوهش های آتی استفاده شود.

۳) مبحث تولید پایدار که اخیراً از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است می توان به عنوان پژوهش های آتی مورد استفاده قرار گیرد لذا پیشنهاد می شود در زمینه تولید پایدار پژوهش هایی صورت گیرد.

منابع

۱. ابطی، مهدی؛ قادریانه، ندا (۱۴۰۰). شناسایی موانع و چالش های پیاده سازی و به کارگیری فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه های ساخت، چهارمین کنفرانس بین المللی و پنجمین کنفرانس ملی عمران، معماری، هنر و طراحی شهری.

۲. اندایش سر، زهره (۱۴۰۰). به کارگیری نقشه برداری جریان انرژی جهت کاهش اتلاف در پروژه‌های خط انتقال گاز، همایش: الگوهای نوین مدیریت کسب و کار، دوره ۴
۳. بدایق، مصطفی (۱۳۹۶). به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حوزه‌های دانش مدیریت پروژه، تهران: دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و حسابداری.
۴. براد هاروین، داو مک کول (۱۳۹۶). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت پروژه ساختمانی ترجمه یوسفی‌خو، زهره؛ نوابی، ابوالفضل، چاپ ۱
۵. بلوریان تهرانی، محمد (۱۳۹۱). عوامل کلیدی موفقیت در مدیریت ارتباط با مشتری در شرکت‌های بیمه (مطالعه موردی: بیمه سامان، نشریه: مدیریت بازاریابی، شماره ۱۶
۶. تقی‌آ، ساراسادات (۱۳۹۶). تعریف BIM: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ایران.
۷. حبیبی، آرشد (۱۳۹۷). تصمیم‌گیری چند معیاره، آموزش روش بهترین-بدترین، انتشارات پارس مدیر
۸. حسینی، سید حسن؛ بهرامخانی، محمد رضا (۱۴۰۰). ارزیابی تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها، دومین کنفرانس بین‌المللی فناوری‌های نوین در مهندسی و شهرسازی ایران.
۹. حافظ نیا، محمد رضا (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی، ۲۴۴
۱۰. خاکی، غلامرضا (۱۳۸۷). روش تحقیق در مدیریت، بررسی روایی محتوایی، ص ۲۸۹
۱۱. خاکی، غلامرضا (۱۳۸۷) «روش تحقیق با رویکرد پایان نامه نویسی»، نشر بازتاب، چاپ چهارم.
۱۲. دلاور، علی (۱۳۹۶). مبانی نظری و عملی پژوهش در علوم انسانی و اجتماعی، تهران: انتشارات رشد، ۳۷۴
۱۳. روحانی، نیلوفر؛ بنی‌هاشمی، یاسر (۱۴۰۱). اولویت بندی موانع پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ساخت صنعت ایران، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۲
۱۴. زندیه، مهدی؛ محمودزاده کنی، ایرج؛ حصاری، پدram (۱۳۹۶). تجزیه و تحلیل موانع اجرای اطلاعات ساختمان بیم در ساختمان‌های صنعتی ایران، نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران ۶۲-۴۹
۱۵. سبزه‌پور، مجید (۱۳۹۷). ارائه الگوی پیشنهادی جهت استانداردسازی و اجرای مدیریت دانش در پروژه‌های تحقیقاتی - صنعتی، فصلنامه علمی-ترویجی مدیریت استاندارد و کیفیت، سال پنجم، شماره ۲
۱۶. ستوده بیدختی، امیرحسین (۱۳۹۳). مقدمه‌ای بر استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM در مدیریت بهره برداری و نگهداری ساختمان‌ها، تهران: اولین کنفرانس ملی شهری و توسعه پایدار، تهران
۱۷. سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس؛ حجازی، الهه (۱۳۹۳). روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات آگاه، چاپ ۲۷
۱۸. شهپری، ابودر (۱۴۰۰). آشنایی با BIM و کاربرد آن، انتشارات دانش‌پژوهان شریف، چاپ اول.
۱۹. صفایی موحد، سعید؛ اکبرزاده، مریم (۱۳۹۱). شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر گرایش معلمان به آموزش الکترونیکی، فصلنامه فناوری آموزش و یادگیری، دوره ۲، شماره ۷
۲۰. فانی، فرزاد؛ طاهرخانی، روح ... (۱۳۹۳). کاربردهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت پروژه‌های ساخت و ساز، اولین کنگره سراسری فناوری‌های نوین ایران، تهران
۲۱. فرازراپورز، ویستا (۱۳۹۸). استانداردهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) مفاهیم و اصول، انتشارات گیسوم، چاپ اول
۲۲. قره‌آبادی، مریم؛ خانزادی، مصطفی (۱۳۹۷). بررسی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه‌های عمرانی، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران.
۲۳. قمی بزرگی، حسین؛ مجروحی، جواد؛ جمالی، سعید (۱۳۹۸). شناسایی و ارزیابی چالش‌های به کارگیری فناوری (BIM) در صنعت ساخت سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت.
۲۴. کسائیانی نایینی، محمد رضا (۱۳۹۸). بررسی چالش‌های پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در شهرک‌های کوچک، ششمین کنگره ملی عمران، معماری و توسعه شهری.
۲۵. گلابچی، محمود (۱۳۹۵). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.
۲۶. مانقاساریان، آروین؛ نکویی، محمدعلی (۱۳۹۶). بررسی و تحلیل سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل عدم تحقق آن در صنعت ساختمان ایران، فصلنامه علمی-تخصصی، مهندسی و مدیریت ساخت، سال اول، شماره ۱

۲۷. مانقاساریان، آروین؛ نکویی، محمدعلی (۱۳۹۵). بررسی زیرساخت‌های مورد نیاز اطلاعات ساختمانی (BIM) در بخش طراحی پروژه‌های ساختمانی و عمرانی.
۲۸. محسنی، مریم (۱۳۹۳). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مزایا و چالش‌های پیش رو، تهران: دومین کنگره بین‌المللی سازه معماری و توسعه شهری
۲۹. نعمتی ورکی، پگاه (۱۳۹۴). بررسی چالش‌ها و راهکارهای پیاده‌سازی (BIM) در صنعت ساختمان سازی ایران (مطالعه موردی: شرکت سرمایه‌گذاری مسکن)، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، دانشکده تربیت مدرس، دانشکده هنر و معماری.
۳۰. یزدانی، سامان (۱۳۹۶). طراحی یک مدل بهینه‌سازی برای سریع‌سازی و کاهش زمان پروژه‌های ساخت و ساز کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در عمران، معماری و شهرسازی.
31. Abanda, F.H., Vidalkis, C., Oti, A.H., Tah, J.H.M., (2015). A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. pp183-201
 32. Azhar, S. (2008). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges .
 33. Azhar, S. (2012). Building information modeling (BIM) : now and beyond. Australasian Journal of Construction Economics and Building, vol.12, pp.15-28 .
 34. Bonenberg, W., & Wei, X. (2015). Green BIM in sustainable infrastructure. Procedia manufacturing, 3, 1654-1659
 35. Chen, L., Pan, W., (2015). A BIM _Integrated Fuzzy Multi _criteria Decision making Model for Selecting low _Carbon Building measures. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction. pp 606_613
 36. Guo, S. and Zhao, H., (2017). Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. Knowledge-Based Systems, 121, pp.23-31.
 37. Dang, T., Maz, T. (2012). Impact of 4D Modelling on Construction Planning Process.
 38. Eastman, C., Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition. Wiley.
 39. Eastman, C. et al., (2011). BIM Handbook :A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
 40. Georgiadou, M. C. (2019). An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects. Construction Innovation.
 41. Hosseini, M.R., Banihashemi, S., Chileshe, N., Oraee Namzadi, M., Udeaja, C.E., Rameezdeen, R., McCuen, T. (2016) . BIM adoption within Australian Small and Medium-sized Enterprises (SMEs): an innovation diffusion model, Construction Economics and Building, 16(9) 71-86
 42. Rezaei, J., (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, pp.49-57.
 43. Kerzner, H., (2009). Project Management A Systems Approach to Planning ,Scheduling, and Controlling .
 44. Kymmell, W., (2008). Building Information Modeling, New York: The McGraw-Hill Companies.
 45. MacGrawHill-Construction, (2014). The business value of BIM for construction in major global market: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling.
 46. Miglinskas, D. et al., (2013). Benefits, obstacles and problems of practical BIM Implementation pp.767-774
 47. Mostafa, S., Kim, K. P., Tam, V. W., & Rahnamayiezekavat, P. (2020). Exploring the status, benefits, barriers and opportunities of using BIM for advancing prefabrication practice. International Journal of Construction Management, 20(2), 146-156.
 48. Novák, V.; Perfilieva, I. (1999). Mathematical principles of fuzzy logic. Dordrecht: Kluwer Academic. ISBN 978-0-7923-8595-0. Text "lasMočkoř, J." ignored (help).
 49. Teicholz, P. (2013). BIM for Facility managers Owner BIM for FM guiderlines pp 47-83.

Identifying and Ranking the Implementation Challenges of Building Information Modeling Using Fuzzy BWM Approach

D.M.Imani¹, B.Ramazi²

1- Assistant professor, Management, Productivity and Project Department, Faculty of Industrial Engineering, University of Science and Technology, Iran, Tehran, Email: Imanim AT iust.ac.ir

2- Masters student, Project Management, Faculty of Engineering, University of Science and Technology, Iran, Tehran

ABSTRACT

The increasing progress of technology has made building information modeling as one of the new technologies in the growing construction industry and has attracted the attention of researchers for its use and how to develop it. The aim of the current research was to identify and rank the challenges of implementing building information modeling using the fuzzy BWM approach. The research method is based on the quantitative nature, according to the practical purpose, and based on the method of data collection, which is a survey type. In addition, the new best-worst method has been used to solve the multi-criteria decision making problem in the fuzzy space. The statistical population is 10 experts in the field of construction and equal to the statistical sample. The research tool was a researcher-made questionnaire and a standard BWM questionnaire. It was used to check content validity and Cronbach's alpha coefficient was used to check reliability. The findings of the research found the existence of 15 indicators in three social, tactical and economic-management sectors as effective challenges of building modeling implementation with the BWM method. In addition, the tactical criterion with a weight of 499/499 has won the first rank, the social criterion with a weight of 266/2 has won the second rank, and the economic-management criterion with a weight of 234/2 has won the third rank with this approach. Also, the weighting and ranking of each sub-criterion is specified, suggestions and solutions to solve the existing challenges have been presented.

Keywords: Rating challenges, BIM implementation, Building Information Modeling, fuzzy BWM