

Prioritizing BIM applications and advantages in construction project management

اولویت بندی کاربردها و فواید BIM در مدیریت پروژه های ساخت و ساز

Farzad Fani *

M.Sc. Student of Engineering & Construction Management, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University (Karaj Branch), Karaj, Iran.

Roohollah Taherkhani

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran.

Majid Sabzehparvar

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University (Karaj Branch), Karaj, Iran.

فرزاد فانی*

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج)، کرج، ایران.

روح اله طاهرخانی

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

مجید سبزه پرور

استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج)، کرج، ایران.

*Corresponding author's email address:
f.fani20@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۳

Abstract

Managers and employers in the construction industry should become more familiar with Building Information Modeling (BIM) and its applications as a tool for successful project management. Research and surveys conducted in other countries indicate a growing trend among construction industry stakeholders to use BIM in recent years, and this trend continues to rise. In this study, after identifying the applications of BIM through literature review, case studies, and articles, a group of experts and specialists in areas related to BIM workflows were surveyed using the Delphi technique about the impact and benefits of BIM applications on four project management criteria: cost, time, quality, and scope (which according to the PMBOK standard, are the four basic knowledge areas of project management). Fuzzy TOPSIS technique is utilized for prioritizing BIM applications based on their potential impact on projects. Ultimately, identifying the most important and impactful applications for implementation planning is possible.

Keywords

Building information modeling (BIM), project management, prioritization of BIM applications and advantages, fuzzy TOPSIS technique.

چکیده

مدیران ساخت و کارفرمایان باید بیشتر با مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) و کاربردهای آن در صنعت ساخت و ساز به عنوان ابزاری برای موفقیت و مدیریت مؤثرتر پروژه ها آشنا شوند؛ چرا که طبق تحقیقات و نظرسنجی های صورت گرفته در دیگر کشورها، تمایل دست اندرکاران صنعت ساختمان به استفاده از BIM در چند سال اخیر رشد فزاینده ای داشته است و همچنان در حال افزایش است. در این پژوهش، پس از شناسایی کاربرد های BIM از مرور ادبیات، مطالعات موردی، مقالات، با استفاده از تکنیک دلفی از گروهی از خبرگان و متخصصان در حوزه های مرتبط با فرآیندهای کاری BIM، درباره ی میزان تأثیر کاربردها و فواید BIM بر ۴ معیار هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه (که طبق استاندارد PMBOK، ۴ سطح دانش پایه ای مدیریت پروژه می باشند) سوالات مطرح گردید. برای اولویت بندی کاربردهای BIM بر اساس میزان تأثیری که بر پروژه می توانند داشته باشند، از تکنیک تاپسیس فازی استفاده می گردد. در نهایت می توان کاربردهای مهم تر و اثر گذارتر را شناسایی برای پیاده سازی آنها برنامه ریزی نمود.

کلمات کلیدی

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مدیریت پروژه، اولویت بندی کاربردها و فواید BIM، تکنیک تاپسیس فازی.

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) نمایش دیجیتالی خصوصیات فیزیکی و کاربردی یک ساختمان می باشد. BIM یک منبع دانش مشترک برای اطلاعات ساختمان است که مبنایی قابل اعتماد برای تصمیم گیری در طول چرخه عمر پروژه از مراحل ابتدایی تا مراحل پایانی، تشکیل می دهد. یکی از اصول اساسی این مدلسازی اطلاعات، همکاری ذینفعان مختلف در فازهای مختلف چرخه ی عمر پروژه است که می توانند اطلاعات مدل ها را وارد کنند، توسعه دهند، به روز رسانی و با ویرایش کنند [۱].

نظر سنجی شرکت مک گراهیل از دست اندرکاران صنعت ساختمان ایالات متحده ی آمریکا نشان داد که ۶۲٪ از کل پاسخ گوینان قصد استفاده از BIM در ۳۰٪ از پروژه هایشان را دارند و ۸۲٪ از کاربران حرفه ای BIM بر این عقیده اند که BIM تأثیر مثبت بسیار زیادی

۱- مقدمه

همگام با تحولات اخیر صنعت ساخت و رویکرد همه جانبه آن به سوی توسعه پایدار [۱]، این صنعت به دنبال آنست که از تکنولوژی های جدید به عنوان ابزاری برای تحقق ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پایداری بهره برد [۲]. افزایش روزافزون میزان تولید و حجم انبوه فعالیت ها در صنعت ساخت [۳-۴]، از یک سو و دستیابی به ساخت و ساز پایدار از سوی دیگر ایجاب می کند که صنعت ساخت در فرآیندهای خود تغییر ایجاد کند [۵]. نیاز به این تغییر ضرورت بکارگیری تکنولوژی های نوین و ابزارهای سودمندی همچون مدلسازی اطلاعات ساختمان را دوچندان می کند.



3 (2), 2019

دوره ۳، شماره ۲

تابستان ۱۳۹۸

فصلنامه پژوهشی



بر بهره‌وری شرکت دارد [۲]. علاوه بر آن ۴۴٪ از کاربران حرفه‌ای BIM در صدد برآورد بازگشت سرمایه‌ی به کارگیری BIM در پروژه‌هایشان هستند [۳]. همان‌طور که CAD از روی نقشه‌کشی دستی بهبود و توسعه یافت، BIM نیز از روی CAD توسعه داده شده است. به زبان ساده تر، CAD + مشخصات و ویژگی‌های اجزاء = BIM [۴]. در ابتدا CAD، با راحت‌تر و سریع‌تر کشیدن خطوط و رفع نگرانی‌های مربوط به پاک کردن اشتباهاتی که در هنگام ترسیم بر روی کاغذ ایجاد می‌شدند و در واقع برای تسهیل نمودن طراحی ارائه شد. این برتری‌ها باعث صرفه‌جویی‌هایی در زمان و انرژی در فاز طراحی شد. با توسعه‌ی CAD، قابلیت ترسیم انواع خطوط مختلف و مجزاء از هم توسط طبقه‌بندی آنها در لایه‌های مشخص، فراهم شد. این اقدام اولین گام در انتقال به طراحی سه بعدی بود. با انتقال از خطوط ۲ بعدی به اجسام سه بعدی و بهبود نرم افزارهای سه بعدی، انقلابی در طراحی به وجود آمده است و دوره‌ی BIM آغاز گردیده است [۵]. برای استفاده از BIM باید آن را بهتر شناخت و متناسب با نیاز واقعی آن را به کار گرفت. از این رو در این پژوهش به اولویت بندی کاربردهای رایج BIM بر اساس میزان تأثیر بر پروژه پرداخته می‌شود.

۲- مرور ادبیات تحقیق

بر خلاف عقیده‌ی عمومی، طراحی سه بعدی و تصویرسازی ویژگی اصلی BIM نیست، در حالی که امروزه نرم افزارهای ساده CAD این قابلیت را دارند. تفاوت اصلی BIM و CAD این است که بر خلاف نقشه‌های CAD که با خطوط ایجاد می‌گردند، در BIM اجزاء هوشمند هستند و جزئیات مربوط خودشان مانند اندازه، نوع

مصلح و ... را دارند. در مدلسازی اطلاعات ساختمان، مفهوم اطلاعات می‌تواند شامل اضافه نمودن بعد چهارم و پنجم به مدل باشد که به ترتیب بعد زمان و بعد هزینه می‌باشد. به دلیل اینکه BIM علاوه بر طراحان، تمام طرفین درگیر در پروژه را مشارکت می‌دهد، می‌تواند ابزاری کاربردی و مفید برای تمام صنعت ساخت و ساز باشد. باید به این نکته توجه داشت که انتقال و مهاجرت از CAD به BIM، یک فرآیند طولانی است. همچنین فواید واضح و مشخص BIM در کاهش هزینه و زمان و بهبود کیفیت و ایمنی، باعث شده که طراحان برای استفاده از BIM با سرعت حداقل دو برابر آنچه که برای انتقال از نقشه‌کشی دستی به CAD داشتند، حرکت کنند. پیاده سازی BIM بدون برنامه ریزی، همانند سفر کردن بدون دانستن حجم بارها و وسایل زیادی است که می‌توانند باعث کاهش سرعت حرکت شوند. شرکت‌ها ممکن است مالکیت نرم افزارها را داشته باشند، اما هنوز نتوانسته باشند بر فرآیند کاری تسلط یابند [۶].

۲-۱- کاربردها و فواید BIM

پیاده سازی فرآیند BIM برای طراحی ساختمان با ایجاد اطلاعات هماهنگ سازی شده و قابل اطمینان برای طراحی پروژه آغاز می‌گردد. این اطلاعات در یک مدل ۳ بعدی هوشمند از ساختمان به نمایش در می‌آیند که اجزای طرح به صورت پویا با اطلاعاتی غنی با یکدیگر در ارتباطند. با این روش، BIM می‌تواند ارزیابی طرح‌های بیشتری را تسهیل کند [۷]. در جدول ۱ برخی از کاربردهای مدل‌های گوناگون BIM در فازهای مختلف چرخه‌ی عمر پروژه [۱۱] نمایش داده شده است.

جدول ۱ برخی از کاربردهای مدل‌های BIM در فازهای مختلف چرخه‌ی عمر پروژه

		فازهای چرخه‌ی عمر پروژه				
		طراحی مفهومی	طراحی جزئیات	تهیه نقشه‌های ساخت	ساخت و اجرا	راه اندازی و نگهداری
نوع مدل						
		مدل سه بعدی مفهومی	مدل سه بعدی تجاری	مدل سه بعدی طراحی	مدل سه بعدی کمیته‌های اجزاء ساختمان	مدل سه بعدی ساخت و اجرا
کاربرد مدل	- برنامه ریزی اصلی - اخذ مجوزهای ساخت - مهندسی ارزش	- تصاویر رندر شده - نمایش قسمت‌های مختلف توسط انیمیشن - پشتیبانی برای تبلیغ و فروش واحدها	- مرور و بررسی طرح‌ها - هماهنگ سازی طرح‌ها - کشف نقاط تداخل - مهندسی ارزش	- متره و برآورد مقادیر و مصالح - برآورد هزینه (مدل ۵بعدی) - برنامه ریزی - آماده سازی و انجام اقدامات مقدماتی کارها	- پایش پیشرفت و هزینه پروژه - پیش ساختگی و شبیه سازی ساخت - برنامه ریزی مراحل پروژه - مدیریت پیمانکار	- مدل‌های چگون-ساخت پروژه - راه اندازی و نگهداری ساختمان - مدیریت دارایی‌های ساختمان

به عنوان بخشی از فرآیند طراحی، مهندسی می توانند مدل اطلاعات ساختمان را به کارگیرند و شبیه سازی و تحلیل ساختمان را انجام دهند تا بهینه سازی طرح در موضوعاتی مثل قابلیت ساخت، توسعه پایدار و ایمنی ساختمان محقق شود. همچنین با فرآیند BIM اقلام قابل تحویل طرح می توانند به طور مستقیم از مدل اطلاعاتی ساختمان تهیه گردند. اقلام قابل تحویل فقط شامل نقشه های ۲ بعدی ساخت نمی شوند، بلکه خود مدل و تمام اطلاعات ارزشمند درون آن می باشد که می تواند برای متره و برآورد مقادیر مصالح و کارها، ترتیب مراحل ساخت و مقایسه نقشه ها و مدل چون ساخت و حتی بهره برداری و نگهداری ساختمان مورد استفاده قرار بگیرد [۷].

۲-۲- اهداف اصلی پروژه

معروف ترین و گسترده ترین استاندارد مدیریت پروژه، استاندارد PMBOK (پیکره دانش مدیریت پروژه) است که توسط مؤسسه ی مدیریت پروژه PMI (Project Management Institute) توسعه داده شده است. در این استاندارد ۴ سطح دانش پایه ای (Core knowledge Areas)، مدیریت هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه بیان شده اند. زیرا مستقیماً منجر به تولید تحویل شدنی ها و تأمین اهداف پروژه می گردند [۸].

در ادامه برخی از نتایج و فوایدی که شرکت ساختمانی جری با به کارگیری BIM در فرآیندهای کاری خود بدست آورده اند بیان می شود: حذف ۴۰ درصدی تغییرات خارج از برنامه حاصل شد، دقت برآورد و تخمین هزینه در حدود ۳ درصد بود، افزایش هزینه های فاز اولیه ی پروژه کمتر از ۱ درصد شد، پیشنهاد مناقصه با دقت ۲/۵ درصدی هزینه های واقعی ساخت انجام می گرفت، ۶۰ درصد نیاز به گزارش گیری اطلاعات جدید کمتر شد، مدت زمان انجام متره و برآورد هزینه ۸۰ درصد کمتر شد، صرفه جویی کلی ناشی از به کارگیری کشف نقاط تداخل به مقدار ۱۰ درصد مبلغ قرارداد بود، هزینه برنامه ریزی کاهش ۷ درصدی داشت و بازگشت سرمایه ۱۰ تا ۲۰ برابری به دلیل وجود آنالیز چرخه ی عمر پروژه حاصل شد [۹]. واضح است که BIM و برنامه ریزی ۴ بعدی مزایای بالقوه ی زیادی برای همه ی ذینفعان و گروه های درگیر در صنعت ساخت و ساز دارد و باید از سوی آن ها مورد حمایت قرار گیرد. اگرچه ممکن است ذینفعان به دلیل بازگشت سرمایه بهتر و افزایش سود از این فناوری حمایت کنند، اما مدیران و متخصصان پروژه علاوه بر سود بیشتر به دلایل دیگری از جمله بهره وری بیشتر، ارتباطات مؤثرتر، مدیریت یکپارچه ی پروژه و نهایتاً انجام فعالیت های ارزش آفرین برای پروژه، راغب به استفاده از BIM هستند.

در آینده پیاده سازی BIM، با چالش هایی همراه خواهد بود؛ در ابتدا به سرمایه گذاری اولیه نیازمند است. هزینه های سخت افزاری، نرم افزاری و آموزشی آن باعث کند پیش رفتن این فرآیند می شود و بدون حمایت دولت، بعید است که در آینده ی نزدیک به روشی رایج تبدیل شود. در هر حال، مدیران ساخت و کارفرمایان باید بیشتر با مدل سازی اطلاعات ساختمان و کاربردهای آن در صنعت ساخت و ساز به عنوان ابزاری برای موفقیت و مدیریت مؤثرتر پروژه ها آشنا

شوند؛ چرا که طبق تحقیقات و نظرسنجی های صورت گرفته در دیگر کشورها، تمایل دست اندرکاران صنعت ساختمان به استفاده از BIM در چند سال اخیر رشد فزاینده ای داشته است و همچنان در حال افزایش است. بنابراین برای شناسایی بهتر کاربردهای BIM و فوایدی که می تواند برای پروژه های ساخت و ساز به همراه داشته باشد و با توجه به هزینه های پیاده سازی آن در پروژه، باید بسته به اهمیت نیازها، کاربردهایی که نیاز واقعی پروژه را رفع می کنند در اولویت قرار گیرند. از این سو، آشنایی بیشتر با کاربردهای BIM و فوایدی که در مدیریت پروژه های ساخت و ساز می تواند داشته باشد، به تصمیم گیری مناسب تر کمک می کند.

۳- روش تحقیق

ابتدا پس از مرور ادبیات تحقیق، مطالعات موردی و مقالات مرتبط با موضوع BIM، کاربردها و فواید به کارگیری آن در مدیریت پروژه های ساخت و ساز شناسایی و مطالعه گردید. سپس با خبرگان و متخصصان مرتبط با مدیریت پروژه های ساخت و ساز مصاحبه برگزار گردید و افرادی که حوزه ی کاری آنها به فرآیند های کاری BIM مرتبط بود انتخاب گردیدند. پس از انتخاب گروه خبرگان و متخصصین، با استفاده از تکنیک دلفی و از طریق پرسشنامه با حضور محقق و به صورت چهره به چهره سوالات مطرح شد.

ابتدا خبرگان و متخصصین درباره ی موضوع بحث آگاهی یافتند و نظرات خود را درباره ی BIM و کاربردهای ارائه شده در پرسشنامه مطرح کردند. سپس، کاربرد های BIM از مرور ادبیات، مطالعات موردی، مقالات و همچنین نظر متخصصین شناسایی گردیدند. از هر یک از خبرگان و متخصصین خواسته شد تا تأثیر کاربردها و فواید BIM را بر ۴ معیار هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه که ۴ سطح دانش پایه ای مدیریت پروژه می باشند [۱۰] بر اساس جدول ۲ که برگرفته از استاندارد PMBOK می باشد و با طیف لیکرت ۵ درجه ای مطابق مرجع [۱۲] مشخص کنند. برای مقابله با نایقینی و عدم قطعیت ناشی از پاسخ گویی، از طیف لیکرت فازی استفاده گردید. بنابراین متغیرهای زبانی با طیف لیکرت فازی ۵ درجه ای مطابق جدول ۳ تعریف گردیدند.

پس از مصاحبه و مباحثه با اساتید و متخصصین و تأیید مقیاس پیشنهادی، جدول تهیه شده مبنای پاسخ گویی به سوالات پرسشنامه قرار گرفت. در این مرحله هر یک از متخصصین بدون تحمیل نظرات دیگر افراد متخصص و بدون تأثیر ارتباط حضوری با دیگر متخصصان و خبرگان و با حفظ گمنامی پاسخ دهندگان، نظرات خود را ارائه دادند. سپس نتایج حاصل از پرسشنامه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج و پاسخ های راند دوم با حفظ گمنامی پاسخ دهندگان، به هر یک از پاسخ دهندگان ارائه شد تا از نظرات خبرگان دیگر آگاهی یابند و بازخورد نظرات را ببینند. مجدداً از آنها خواسته شد به سوالات پاسخ دهند که پس از جمع آوری و تحلیل داده ها، ضریب آلفای کرونباخ ۰.۹۵ بود که نشان از پایایی خوب نتایج می باشد. به دلیل پایایی خوب نتایج و همچنین عدم تغییر محسوس نظرات طی دو راند متوالی، پیمایش راندها متوقف می شود و نتایج به دست آمده از راند سوم برای مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار می گیرد.



3 (2), 2019

دوره ۳، شماره ۲

تابستان ۱۳۹۸

فصلنامه پژوهشی



جدول ۲ ماتریس ارزیابی میزان تأثیر بر اهداف اصلی پروژه

اهداف اصلی پروژه	میزان تأثیر			
	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد
هزینه	تغییر ناچیز هزینه	تغییر حداکثر تا ۱۰٪ هزینه	تغییر بین ۱۰٪ و ۲۰٪ هزینه	تغییر بین ۲۰٪ و ۴۰٪ هزینه
زمان	تغییر ناچیز زمان	تغییر حداکثر تا ۵٪ زمان	تغییر بین ۵٪ و ۱۰٪ زمان	تغییر بیشتر از ۱۰٪ زمان
کیفیت (ارضای معیارهای مورد قبول)	تأثیر نامحسوس و خیلی کم بر کیفیت	تأثیر کم و جزئی بر کیفیت	تأثیر متوسط بر کیفیت	تأثیر خیلی زیاد بر کیفیت و ارضای معیارهای مورد قبول
محدوده (اتمام پروژه مطابق نیازمندی های ذینفعان و شفاف سازی تحویل شدنی ها)	تأثیر نامحسوس و خیلی کم بر محدوده	تأثیر کم و جزئی بر محدوده	تأثیر متوسط بر محدوده	تأثیر خیلی زیاد و کمک به شفاف سازی تحویل شدنی ها و تطابق با نیازمندی های ذینفعان

جدول ۳ اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۵ درجه

عبارت کلامی	عدد فازی
بسیار کم	(۱,۱,۳)
کم	(۱,۳,۵)
متوسط	(۳,۵,۷)
زیاد	(۵,۷,۹)
بسیار زیاد	(۷,۹,۹)

می رود. با استفاده از نتایج حاصل از جدول ۴ و استفاده از تکنیک تاپسیس فازی به اولویت بندی کاربردها و فواید به کارگیری BIM که همان گزینه ها هستند، بر اساس میزان تأثیر بر اهداف اصلی پروژه یعنی هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه که همان شاخص ها می باشند، پرداخته می شود. وزن معیارها طبق مرجع [۱۳] برای معیارهای هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه به ترتیب، ۰,۰۸۲، ۰,۱۰۶، ۰,۵۱۹، ۰,۲۹۳ در نظر گرفته شده است که به اطلاع خبرگان رسیده است.

در ادامه به یافته های مراحل تکنیک Topsis فازی جهت اولویت بندی کاربردها و فواید BIM بر اساس معیارها می پردازیم. **گام اول:** تشکیل ماتریس تصمیم گیری ارزیابی گزینه ها: این ماتریس در جدول ۴ نشان داده شده است.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

برای اولویت بندی کاربردهای BIM بر اساس میزان تأثیری که بر پروژه می توانند داشته باشند، می توان از روش های تصمیم گیری چند معیاره (Multiple- criteria decision making) استفاده نمود. تکنیک تاپسیس فازی یکی از این روش ها است که برای اولویت بندی گزینه ها بر اساس معیارهای مطرح شده به کار

جدول ۴ میانگین فازی نظرات خبرگان و متخصصین برای کاربردها و فواید BIM.

معیارها	اهداف اصلی پروژه				
	هزینه	زمان	کیفیت (ارضای معیارهای مورد قبول)	محدوده (اتمام مطابق نیازمندی ها)	
کاربردها و فواید BIM					
A1	تصویرسازی و ارائه تصاویر واقعی از پروژه	(۲,۲۶۶۷,۴۶۶۷)	(۱,۳۳۳,۲,۴)	(۴,۵,۶,۵,۸,۱,۶۷)	(۴,۵,۶,۵,۷,۶۶۷)
A2	همانگ سازی ۳ بعدی و کشف تداخل	(۵,۶۶۷,۷,۶۶۷,۹)	(۴,۶,۸)	(۴,۶,۷,۶۶۷)	(۲,۸۳۳,۴,۸۳۳,۶,۶۶۷)
A3	ساخت دیجیتال ساختمان قبل از اجرا	(۲,۳۳۳,۴,۱۶۷,۶,۱۶۷)	(۲,۸۳۳,۴,۵,۶,۱۶۷)	(۴,۸۳۳,۶,۸۳۳,۸,۶۶۷)	(۳,۴,۶۶۷,۶,۵)
A4	تحلیل های مهندسی مدل ها	(۱,۶۶۷,۲,۸۳۳,۴,۸۳۳)	(۱,۶۶۷,۲,۴)	(۴,۶,۷,۸۳۳)	(۱,۳۳۳,۲,۴)
A5	مرور و بررسی طرح ها	(۲,۸۳۳,۴,۵,۶,۱۶۷)	(۱,۸۳۳,۲,۱۶۷,۵)	(۵,۷,۸,۳۳۳)	(۲,۳۳۳,۳,۳۳۳,۵)
A6	برنامه ریزی مراحل چرخه عمر پروژه (مدل ۴ بعدی) و کنترل پروژه	(۴,۸۳۳,۶,۸۳۳,۸,۳۳۳)	(۵,۱۶۷,۷,۱۶۷,۸,۵)	(۴,۶,۸)	(۱,۵,۲,۸۳۳,۴,۸۳۳)
A7	ایجاد امکان کار گروهی و همکارانه	(۲,۱۶۷,۳,۸۳۳,۵,۸۳۳)	(۲,۸۳۳,۴,۶۶۷,۶,۶۶۷)	(۳,۵,۵,۵,۷,۵)	(۲,۱۶۷,۳,۶۶۷,۵,۶۶۷)
A8	متره و برآورد مقادیر و مصالح	(۳,۴,۳۳۳,۵,۸۳۳)	(۳,۶۶۷,۴,۶۶۷,۶,۳۳۳)	(۲,۸۳۳,۴,۵,۶,۵)	(۲,۵,۴,۶)
A9	برآورد هزینه (مدل ۵ بعدی)	(۳,۵,۶,۶۶۷)	(۳,۱۶۷,۵,۱۶۷,۷,۱۶۷)	(۳,۵,۵,۵,۷,۵)	(۲,۱۶۷,۳,۸۳۳,۵,۸۳۳)
A10	مدلسازی شرایط موجود	(۱,۱,۶۶۷,۳,۶۶۷)	(۱,۶۶۷,۲,۵,۴,۵)	(۲,۱۶۷,۳,۸۳۳,۵,۸۳۳)	(۱,۵,۲,۸۳۳,۴,۸۳۳)
A11	مدل بایگانی اطلاعات پروژه	(۱,۶۶۷,۲,۳۳۳,۴,۳۳۳)	(۲,۱۶۷,۳,۴,۶۶۷)	(۱,۶۶۷,۳,۳۳۳,۵,۳۳۳)	(۱,۳۳۳,۲,۴)

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (3)$$

نتایج حاصل از بی مقیاس سازی در جدول ۵ نشان داده شده است.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m \quad \text{تعداد گزینه‌ها}$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad \text{تعداد معیارها}$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (7)$$

در این رابطه \tilde{r}_{ij} ماتریس بی مقیاس به دست آمده از گام دوم است و هم وزن فازی معیار \tilde{w}_j زام می‌باشد. جدول ۶ ماتریس بی مقیاس وزین فازی را نشان می‌دهد:

گام دوم: بی مقیاس نمودن ماتریس تصمیم‌گیری: در این گام بایستی ماتریس تصمیم‌گیری فازی ارزیابی گزینه‌ها را به یک ماتریس بی مقیاس فازی (\tilde{R}) تبدیل نمائیم. برای به دست آوردن ماتریس، کافی است از یکی از روابط زیر استفاده نمایید:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m \quad \text{تعداد گزینه‌ها}$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad \text{تعداد معیارها}$$

اگر اعداد فازی به صورت (a,b,c) باشند، \tilde{R} که ماتریس بی-مقیاس (نرمالیزه شده) است برای معیار مثبت (که همه ی معیارهای ما مثبت هستند) بدین صورت به دست می‌آید:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad (2)$$

در این رابطه c_j^* ماکزیمم مقدار C در معیار j در بین تمام گزینه-هاست. رابطه شماره (۳) این موضوع را بیان می‌کند:

جدول ۵ ماتریس بی مقیاس فازی

	C1 هزینه	C2 زمان	C3 کیفیت	C4 محدوده
A1	(0.222,0.296,0.519)	(0.157,0.235,0.471)	(0.519,0.75,0.942)	(0.587,0.848,1)
A2	(0.63,0.852,1)	(0.471,0.706,0.941)	(0.462,0.692,0.885)	(0.37,0.63,0.87)
A3	(0.259,0.463,0.685)	(0.333,0.529,0.725)	(0.558,0.788,1)	(0.391,0.609,0.848)
A4	(0.185,0.315,0.537)	(0.196,0.235,0.471)	(0.462,0.692,0.904)	(0.174,0.261,0.522)
A5	(0.315,0.5,0.685)	(0.216,0.373,0.588)	(0.577,0.808,0.962)	(0.304,0.435,0.652)
A6	(0.537,0.759,0.926)	(0.608,0.843,1)	(0.462,0.692,0.923)	(0.196,0.37,0.63)
A7	(0.241,0.426,0.648)	(0.333,0.549,0.784)	(0.404,0.635,0.865)	(0.283,0.478,0.739)
A8	(0.333,0.481,0.648)	(0.314,0.549,0.745)	(0.327,0.519,0.75)	(0.326,0.522,0.783)
A9	(0.333,0.556,0.741)	(0.373,0.608,0.843)	(0.404,0.635,0.865)	(0.283,0.5,0.761)
A10	(0.111,0.185,0.407)	(0.196,0.294,0.529)	(0.25,0.442,0.673)	(0.196,0.37,0.63)
A11	(0.185,0.259,0.481)	(0.255,0.353,0.549)	(0.192,0.385,0.615)	(0.174,0.261,0.522)

جدول ۶ ماتریس بی مقیاس وزین فازی

	C1 هزینه	C2 زمان	C3 کیفیت	C4 محدوده
A1	(0.018,0.024,0.043)	(0.017,0.025,0.05)	(0.269,0.389,0.489)	(0.172,0.248,0.293)
A2	(0.052,0.07,0.082)	(0.05,0.075,0.1)	(0.24,0.359,0.459)	(0.108,0.185,0.255)
A3	(0.021,0.038,0.056)	(0.035,0.056,0.077)	(0.289,0.409,0.519)	(0.115,0.178,0.248)
A4	(0.015,0.026,0.044)	(0.021,0.025,0.05)	(0.24,0.359,0.469)	(0.051,0.076,0.153)
A5	(0.026,0.041,0.056)	(0.023,0.039,0.062)	(0.299,0.419,0.499)	(0.089,0.127,0.191)
A6	(0.044,0.062,0.076)	(0.064,0.089,0.106)	(0.24,0.359,0.479)	(0.057,0.108,0.185)
A7	(0.02,0.035,0.053)	(0.035,0.058,0.083)	(0.21,0.329,0.449)	(0.083,0.14,0.217)
A8	(0.027,0.039,0.053)	(0.033,0.058,0.079)	(0.17,0.269,0.389)	(0.096,0.153,0.229)
A9	(0.027,0.046,0.061)	(0.039,0.064,0.089)	(0.21,0.329,0.449)	(0.083,0.147,0.223)
A10	(0.009,0.015,0.033)	(0.021,0.031,0.056)	(0.13,0.23,0.349)	(0.057,0.108,0.185)
A11	(0.015,0.021,0.039)	(0.027,0.037,0.058)	(0.1,0.2,0.319)	(0.051,0.076,0.153)

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{ij}^-) \quad (14)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

گام ششم: محاسبه نزدیکی نسبی گزینه \tilde{A} از راه حل ایده‌آل. این نزدیکی نسبی را به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (15)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

گام هفتم: رتبه بندی گزینه ها: بر اساس ترتیب نزولی می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله را رتبه‌بندی نمود. هر گزینه‌ای که بزرگتری داشته باشد بهتر است. نتایج در جدول ۷ آورده شده است. نتایج حاصل از رتبه‌بندی گزینه‌ها با تکنیک Topsis فازی حاکی از این است که گزینه ساخت دیجیتالی ساختمان قبل از اجرا از اولویت برتری نسبت به سایر گزینه‌ها برخوردار است.

۵- نتیجه گیری

دستاوردهای این پژوهش، برای همه ی ذینفعان درگیر در صنعت ساختمان قابل استفاده و سودمند می باشد. در این پژوهش دست اندر کاران صنعت ساخت و ساز با کاربردها و فواید به کارگیری BIM در پروژه ها آشنا می گردند و علاوه بر آن نتایج ارزیابی و اولویت بندی کاربردهای BIM در پروژه های ساخت و ساز، می تواند به تصمیم گیری ذینفعان و دست اندر کاران پروژه های ساخت و ساز، درباره ی به کارگیری مناسب و همچنین استفاده یا عدم استفاده از BIM به جای رویکرد سنتی کمک کند. آنها می توانند دید مناسب تری از مزایای بالقوه ی انتقال به تکنولوژی جدید داشته باشند و با در نظر گرفتن ظرفیت و توان داخلی شرکت یا تیم خود، هدف گذاری مناسب تر و واقعی تری داشته باشند.

گام چهارم: مشخص نمودن ایده‌آل مثبت فازی $(FPIS, A^+)$ و ایده‌آل منفی فازی $(FPIS, A^-)$ ، برای معیارها.

$$A^+ = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) \quad (8)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad (9)$$

در این پژوهش از مقدار ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی معرفی شده توسط چن برای تمام معیارها استفاده می‌شود. این مقادیر عبارتند از:

$$v_j^* = (1, 1, 1) \quad (10)$$

$$v_j^- = (0, 0, 0) \quad (11)$$

گام پنجم: محاسبه مجموع فواصل هر یک از گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی: در صورتی که A و B دو عدد فازی به شرح زیر باشند، آنگاه فاصله بین این دو عدد فازی بواسطه رابطه (۱۲) به دست می‌آید:

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3) \quad (10)$$

$$\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3) \quad (11)$$

$$D(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 + (c_2 - c_1)^2]} \quad (12)$$

با توجه به توضیحات فوق در مورد نحوه محاسبه فاصله بین دو عدد فازی، فاصله‌ی هر یک از مؤلفه‌ها را از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به دست می آوریم:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{ij}^*) \quad (13)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

جدول ۷ رتبه‌بندی کاربردها و فواید BIM

ردیف	گزینه ها	فاصله تا ایده‌آل مثبت	فاصله تا ایده‌آل منفی	CC	رتبه
1	A1 تصویرسازی و ارائه تصاویر واقعی از پروژه	3.329	0.7	0.174	3
2	A2 هماهنگ سازی ۳بعدی و کشف تداخل	3.331	0.703	0.174	2
3	A3 ساخت دیجیتالی ساختمان قبل از اجرا	3.328	0.705	0.175	1
4	A4 تحلیل های مهندسی مدل ها	3.498	0.536	0.133	9
5	A5 مرور و بررسی طرح ها	3.383	0.644	0.16	5
6	A6 برنامه ریزی مراحل چرخه عمر پروژه(مدل ۴بعدی) و کنترل پروژه	3.386	0.651	0.161	4
7	A7 ایجاد امکان کار گروهی و همکاری	3.438	0.6	0.149	7
8	A8 متره و برآورد مقادیر و مصالح	3.475	0.56	0.139	8
9	A9 برآورد هزینه(مدل ۵بعدی)	3.42	0.619	0.153	6
10	A10 مدل سازی شرایط موجود	3.599	0.441	0.109	10
11	A11 مدل بایگانی اطلاعات پروژه	3.64	0.398	0.099	11



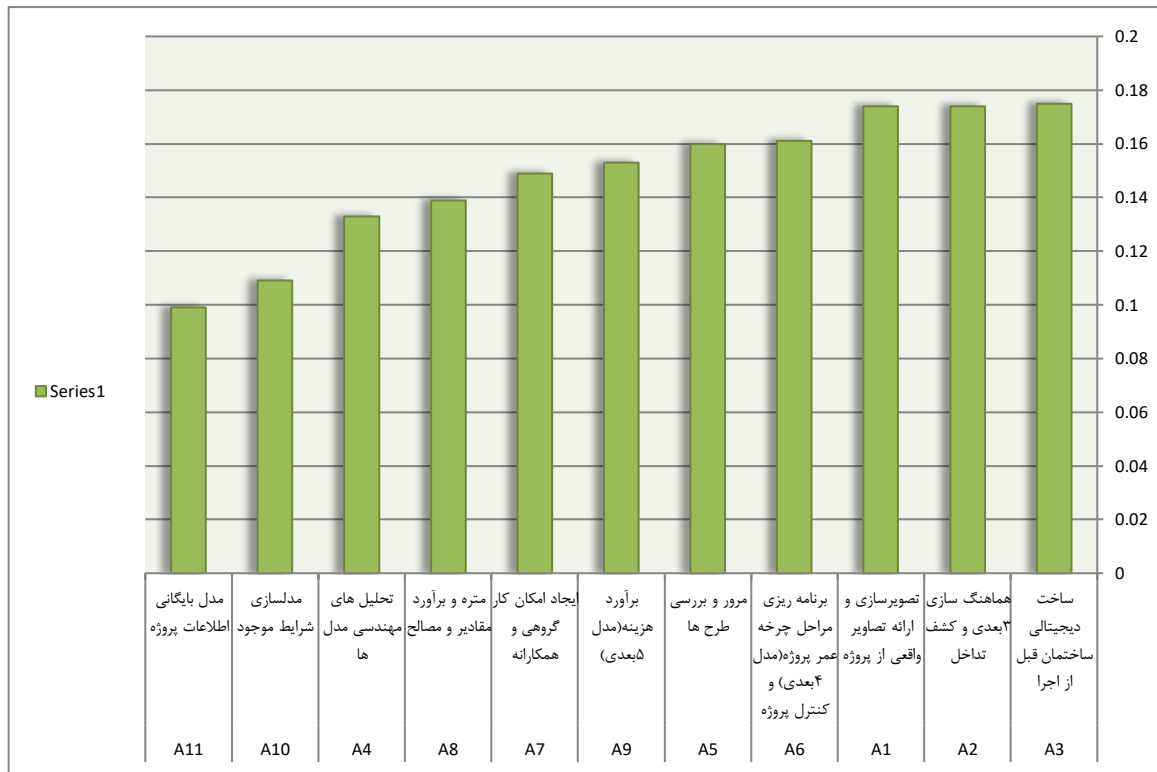
3 (2), 2019

دوره ۳، شماره ۲

تابستان ۱۳۹۸

فصلنامه پژوهشی





شکل ۲ اولویت بندی کاربردها و فواید BIM

۶- مراجع

- [8] Olatunji, O.A., 2011. Modelling the costs of corporate implementation of building information modelling. *Journal of Financial Management of Property and Construction* 16 (3), 211-231.
- [9] Grilo, A., Jardim-Goncalves, R., 2010. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction* 19 (5), 522-530.
- [10] Froese, M., 2010. The impact of emerging information technology on project management for construction. *Automation in Construction* 19 (5), 531-538.
- [11] Reinhardt, Jan. "Appendix C: BIM Tools Matrix." *The Contractor's Guide to BIM*. 2nd. AGC of America, 2009. 57-67
- [12] Steve Jones, AIA Technology in Architectural Practice Building Connections Workshop, McGrawHill Construction Research on BIM Users, 2008.
- [13] McGraw-Hill, *Building Information Modelling (BIM) Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity*, 2008.
- [14] Eastman, C., P. Teicholz, et al. (2011), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons, Inc.
- [15] KUEHMEIER J., *BUILDING INFORMATION MODELING AND ITS IMPACT ON DESIGN AND CONSTRUCTION FIRMS*, M.Sc THESIS, UNIVERSITY OF FLORIDA, 2008.
- [16] Kiviniemi M., et al., *BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction*, Research Centre of Finland, 2011.
- [1] Taherkhani, R.; Saleh, A.L.; Mansur, S.A.; Nekooie, M.A.; Noushiravan, M.; Hamdani, M. 2012. "A Systematic Research Gap Finding Framework: Case Study of Construction Management", *J. Basic Appl. Sci. Res.* 2: 5129-5136.
- [2] Fani, Farzad, Roohollah Taherkhani. 2018. "Four-Dimensional Building Information Modeling (4D BIM) in Construction Project Management (in Farsi)." *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)* 3(2): 1-6.
- [3] Taherkhani, R. 2013. "Development of a Social Sustainability Model in Industrial Building System (IBS)", *Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru, Malaysia*.
- [4] Zandiye, Keyvan, Roohollah Taherkhani, and Reza Ziaie Moayed. 2016. "History of Safety in Iranian Construction Industry (in Farsi)", *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)* 1(1): 13-20.
- [5] Taherkhani, R., 2014. "A Strategy towards Sustainable Industrial Building Systems (IBS): The Case of Malaysia", *J. Multidiscip. Eng. Sci. Technol.* 1: 86-90.
- [6] Eastman C., (1975), *The use of computers instead of drawings in building design*, *Journals of the American institute of architects*.
- [7] Van Nederveen, G.A.; Tolman, F.P. (1992). "Modelling multiple views on buildings". *Automation in Construction* 1 (3): 215-24.