ارزیابی ریسک های به کارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه های ساخت و ساز

فرزاد فانی *
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج)، البرز، ایران.
فائزه طاهرخانی
دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد قزوین)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۲

چکیده

امروزه مدلسازی اطلاعات ساختمان(BIM[1]) برای افزایش بهره وری فرآیندهای کاری در صنعت ساخت و ساز، غلبه بر معضلات و مشکلات کنونی این صنعت و همچنین ساخت و تولید محصول مطابق با نیاز واقعی مشتری ظهور کرده است. علاوه بر فواید بالقوه استفاده از این فناوری برای همه ی دست اندرکاران صنعت ساختمان، به دلیل نو بودن این فناوری، موانع و ریسک هایی برای به کارگیری BIM به جای فرآیندهای کاری سنتی کنونی وجود خواهد داشت. در این پژوهش با استفاده از مرور ادبیات، مطالعات موردی و نظر متخصصین ابتدا ریسک های به کارگیری BIM در پروژه های ساخت و ساز شناسایی گردید. به منظور رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM بر اساس میزان تأثیری که بر پروژه می توانند داشته باشند، از تکنیک تاپسیس فازی که از روش های تصمیم گیری چند معیاره می باشد استفاده گردید. بدین منظور، با استفاده از نتایج حاصل از پاسخ های خبرگان به میزان احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، میانگین فازی نظرات خبرگان درباره ی احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، محاسبه گردید. سپس از ضرب احتمال وقوع در شدت اثر، مقدار عدد ریسک ها بر مبنای تأثیر بر اهداف اصلی پروژه حاصل گردید که نتایج حاصله ماتریس تصمیم گیری را تشکیل دادند. در نهایت با استفاده از روش تاپسیس فازی به رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM پرداخته شد که عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM ، فراهم نبودن زیرساخت های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه و عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM از مهم ترین ریسک های ارزیابی شده بودند.

کلمات کلیدی
مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مدیریت پروژه، ارزیابی ریسک، تکنیک تاپسیس فازی.

۱- مقدمه

در پروژه های کنونی پیچیدگی پروژه ها جایگاه خاصی پیدا کرده است. رشد تکنولوژی از یک سو و افزایش انتظارات ذینفعان از سوی دیگر باعث شده است که پیچیدگی پروژه ها افزایش پیدا کند. افزایش پیچیدگی در بسیاری از موارد باعث عدم برداشت یکسان از یک موضوع توسط طرفین مختلف می شود. جهت مدیریت کردن پیچیدگی های موجود نقش طراحان در فاز طراحی پروژه بسیار با اهمیت تر از قبل شده است. طراحان بایستی بتوانند تمامی ملاحضات موجود در پروژه ها را اعم از انتظارات ذینفعان، مشخصات فنی، محدودیت زمانی، بهینه سازی هزینه ها، روش های اجرا و دیگر موارد را در طراحی خود به صورت کاملاً یکپارچه لحاظ کنند.

Assessing the risks of using Building Information Modeling (BIM) in construction projects

Farzad Fani *
M.Sc. Student of Engineering & Construction Management, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University (Karaj Branch), Karaj, Iran
Faezeh Taherkhani
B.Eng. Student, Faculty of Civil & Architectural Engineering, Islamic Azad University (Qazvin Branch), Qazvin, Iran

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

Abstract

Today, building information modeling (BIM) has emerged to increase the productivity of work processes in the construction industry, overcome the current problems and problems of this industry, and also create and produce products according to the real needs of the customer. In addition to the potential benefits of using this technology for all those involved in the construction industry, due to the newness of this technology, there will be barriers and risks to applying BIM instead of current traditional work processes. In this research, using literature review, case studies and experts' opinions, the risks of using BIM in construction projects were first identified. In order to rank the risks of using BIM based on the impact they can have on the project, the fuzzy TOPSIS technique, which is a multi-criteria decision-making method, was used. For this purpose, by using the results of the experts' answers on the probability of occurrence and severity of the risks, the fuzzy average of the experts' opinions about the probability of occurrence and the severity of the risks was calculated. Then, by multiplying the probability of occurrence by the intensity of the effect, the number of risks was obtained based on the effect on the main goals of the project, which formed the decision matrix. Finally, using the TOPSIS Fuzzy method, the risks of using BIM were ranked, which are the lack of familiarity of the specialized team with BIM work processes, the lack of necessary hardware infrastructure for the implementation of BIM software in optimal conditions, and the lack of proper concentration of employees for Changing the way of doing their work activities in BIM processes were among the most important risks evaluated.

Keywords
Building information modeling (BIM), project management, risk assessment, fuzzy TOPSIS technique.

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
5 (3) , 2020
دوره ۵، شماره ۳
پاییز ۱۳۹۹
فصلنامه پژوهشی

برای این کار باید از ابزارهایی توانمند که قابلیت افزایش میزان قطعیت پیش بینی ها در حوزه های طراحی و اجرا را دارند، کمک بگیرند. امروزه این ابزارها در مفهومی تحت عنوان مدلسازی اطلاعات ساختمان(BIM) تعریف شده اند. کتاب راهنمای BIM نوشته ی ایستمن و همکارانش در سال ۲۰۱۱، BIMرا به صورت زیر تعریف می کند : عبارت فعل یا صفت برای توصیف ابزارها، فرآیندها، و فناوری هایی که با استفاده از مدارک دیجیتالی ساختمان، در بخش های مختلف عملکرد، برنامه ریزی، ساخت و نگهداری آن به کارگرفته می شود[۱]. BIM مزایای بالقوه ی زیادی برای همه ی ذینفعان و گروه های درگیر در صنعت ساخت و ساز دارد. 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[۲]. باید به این نکته توجه داشت که انتقال و مهاجرت از CAD به BIM، یک فرآیند طولانی است[۳]. در هر حال، مدیران ساخت و کارفرمایان باید بیشتر با مدلسازی اطلاعات ساختمان و ریسک های به کارگیری آن در صنعت ساخت و ساز آشنا شوند.

۲- مرور ادبیات تحقیق

۲-۱- مدیریت ریسک

هر زمان شخص با فعالیت هایی از قبیل شناسایی، دسته بندی، انتخاب و رتبه بندی سروکار داشته باشد، در واقع با یک مسئله تصمیم گیری روبروست. مدیریت پروژه های گوناگون از جمله مسائلی است که مدیران همواره با آنها مواجه هستند. مدیریت ریسک نیز یکی از فازهای مدیریت پروژه بوده و با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه ها و لزوم صرف بهینه منابع آنها، دارای اهمیت انکار ناپذیری است. هدف از فاز ارزیابی ریسک، اندازه گیری ریسک ها بر اساس شاخص های مختلف از قبیل میزان تأثیر و احتمال وقوع می باشد. رتبه بندی ریسک ها، قسمت کلیدی این فرآیند به شمار می رود. زیرا با انجام رتبه بندی ریسک ها، ارجحیت هر ریسک براساس شاخص های تعیین شده، در مقابل سایر ریسک ها مشخص و در نتیجه تصمیم گیرنده می تواند در مورد میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه ریزی نماید.

رتبه بندی ریسک های یک پروژه را می توان به روش های مختلف کمی و کیفی انجام داد. نکته با اهمیت در زمان استفاده از مدل های تصمیم گیری چند شاخصه، انتخاب روش مناسب است[۴]. زیرا روش های مختلفی که در مدل های تصمیم گیری چند شاخصه به کار می روند، هریک دارای ویژگی ها و محدودیت های مشخصی هستند و نمی توان از آنها در تمام مسائل تصمیم گیری استفاده نمود. از جمله معیارهای انتخاب روش مناسب می توان به تأثیر شاخص ها بر یکدیگر، کیفی یا کمی بودن شاخص ها، مثبت یا منفی بودن اثر شاخص ها، دسترسی به وزن نسبی شاخص ها، نیاز به کسب اطلاعات از تصمیم گیرنده در حین فرآیند حل مسئله و مواردی از این قبیل اشاره نمود.

مدیریت ریسک کاربرد سیستماتیک سیاست های مدیریتی، رویه ها و فرآیندهای مربوط به فعالیت های تحلیل، ارزیابی و کنترل ریسک می باشد. مدیریت ریسک عبارت از فرآیند مستند سازی تصمیمات نهایی اتخاذ شده و شناسایی و به کارگیری معیار هایی است که می توان از آنها جهت رساندن ریسک تا سطحی قابل قبول استفاده نمود[۵] .از طرف مؤسسه مدیریت پروژه مدیریت ریسک، به عنوان یکی از هشت سطح اصلی کلیات دانش مدیریت معرفی شده است. در تعریف این سازمان مدیریت ریسک پروژه به فازهای برنامه ریزی، شناسایی ریسک، اندازه گیری و تحلیل ریسک، ارائه پاسخ و کنترل ریسک تقسیم شده است. در این تعریف، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از کلیه فرآیندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخگویی به هرگونه عدم اطمینان که شامل حداکثرسازی نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب می باشد[۶].

۲- ۲- ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک عبارت است از فرآیند تخمین احتمال وقوع یک رویداد و میزان تأثیر آن. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در واقع داده های ورودی سایر مراحل مدیریت ریسک محسوب می شوند. فرآیند ارزیابی ریسک دارای مراحل مختلفی است که در شکل ۱ نشان داده شده است. در قدم اول، تهدیدها و فرصت های عمده ای که می توانند بر خروجی طرح، پروژه یا فرآیند مورد نظر تأثیرگذار باشند، شناسایی می گردند. پس از شناسایی ریسک های اصلی، در قدم دوم ارزیابی دقیقی در مورد تواتر وقوع و نتایج هر یک از آنها انجام می پذیرد و سپس ریسک های مختلف را بر اساس مقادیر بدست آمده رتبه بندی می کنند. بدین وسیله امکان مقایسه ریسک ها با یکدیگر فراهم شده و در فازهای بعدی فرآیند مدیریت ریسک می توان در مورد روش مناسب واکنش به ریسک ها تصمیم گیری نمود.

شکل ۱ فرآیند های چرخه مدیریت ریسک.

در اکثر منابع به منظور ارزیابی ریسک از دو معیار میزان تأثیر و احتمال وقوع ریسک استفاده شده است و این دو معیار را در رتبه بندی ریسک معرفی شده مورد استفاده قرار داده اند. هر دو معیار فوق را می توان به خوبی به صورت معیارهای کیفی یا کمی در ارزیابی ریسک ها و رتبه بندی آنها مورد استفاده قرار داد. لامبرت و همکارانش روشی کیفی برای رتبه بندی منابع ریسک ها ارائه کرده اند[۷]. آنها برای این کار از شاخص های احتمال وقوع، تأثیر

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
5 (3) , 2020
دوره ۵، شماره ۳
پاییز ۱۳۹۹
فصلنامه پژوهشی

بالقوه بر پروژه و کارآمدی و سرعت مقابله با ریسک استفاده کرده اند.

۲- ۳- اهداف اصلی پروژه

هر پروژه، همواره دارای ریسک هایی است که فرصت ها و تهدید هایی را بر سر راه دستیابی به اهداف از قبل تعیین شده آن قرار می دهند. معروف ترین و گسترده ترین استاندارد مدیریت پروژه، استاندارد PMBOK[۲](پیکره دانش مدیریت پروژه) است که توسط مؤسسه ی مدیریت پروژه PMI[۳] توسعه داده شده است. در این استاندارد ۴ سطح دانش پایه ای[۴] ، 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].

۳- روش تحقیق

ابتدا پس از مرور ادبیات تحقیق، مطالعات موردی و مقالات مرتبط با موضوع BIM، ریسک ها و موانع به کارگیری BIM 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 سؤالات مطرح شد. ابتدا خبرگان و متخصصین درباره ی موضوع بحث آگاهی یافتند و نظرات خود را درباره ی ریسک های به کارگیری BIM، مطرح کردند. سپس، ریسک های به کارگیری BIM از مرور ادبیات، مطالعات موردی و همچنین نظر متخصصین شناسایی گردیدند. از هر یک از خبرگان و متخصصین خواسته شد تا میزان احتمال و شدت اثر هر کدام از ریسک ها را بر ۴ معیار هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه که ۴ سطح دانش پایه ای مدیریت پروژه می باشند[۹] بر اساس جدول۱ که برگرفته از استاندارد PMBOK می باشد و با طیف لیکرت ۵ درجه ای مطابق مرجع[۱۰] مشخص کنند.

جدول ۱ ماتریس ارزیابی میزان تأثیر بر اهداف اصلی پروژه

	میزان تاثیر				
اهداف اصلی پژوهش	**بسیار کم**	**کم**	**متوسط**	**زیاد**	**بسیار زیاد**
هزینه	افزایش ناچیز هزینه	افزایش حداکثر تا ۱۰٪ هزینه	افزایش بین ۱۰٪ و ۲۰٪ هزینه	افزایش بین ۲۰٪ و ۴۰٪ هزینه	افزایش بیشتر از ۴۰٪ هزینه
زمان	افزایش ناچیز زمان	افزایش حداکثر تا ۵٪ زمان	افزایش بین ۵٪ و ۱۰٪ زمان	افزایش بین ۱۰٪ و ۲۰٪ زمان	افزایش بیشتر از ۲۰٪ زمان
کیفیت(عدم ارضای معیارهای مورد قبول)	کاهش نامحسوس کیفیت	کیفیت برخی بخش ها کاهش یافته است	کاهش کیفی نیازمند تأیید اسپانسر	کاهش کیفی برای اسپانسر غیر قابل قبول است	نتیجه پروژه غیر قابل استفاده است
محدوده(عدم تطابق تحویل شدنی ها با نیازمندی های ذینفعان)	کاهش نامحسوس محدوده	تغییر مجموعه کمی از محدوده کار	تغییر مجموعه زیادی از محدوده کار	کاهش محدوده برای اسپاسر غیر قابل پذیرش است	نتیجه پروژه غیر قابل استفاده است

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 ۲ تعریف گردیدند.

جدول ۲ اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۵ درجه

عبارت کلامی	عدد فازی
بسیار کم	(1,1,3)
کم	(1,3,5)
متوسط	(3,5,7)
زیاد	(5,7,9)
بسیار زیاد	(7,9,9)

پس از مصاحبه و مباحثه با اساتید و متخصصین و تأیید مقیاس پیشنهادی، جدول تهیه شده مبنای پاسخ گویی به سؤالات 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 سؤالات پاسخ دهند که پس از جمع آوری و تحلیل داده ها، ضریب آلفای کرونباخ ۰,۷۵۴ 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.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

ریسک های به کارگیری BIM که در حوزه های مختلف شناسایی گردیده اند در جدول ۳ نشان داده شده است.

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
5 (3) , 2020
دوره ۵، شماره ۳
پاییز ۱۳۹۹
فصلنامه پژوهشی
مهندسی و مدیریت ساخت

جدول۳ ریسک های به کارگیری BIM در مدیریت پروژه های ساخت و ساز

ریسک	ردیف	ریسک های به کارگیری BIM
درونی- غیر فنی	R1	عدم کارایی مناسب و ایجاد خسارت به پروژه
	R2	مقاومت در برابر تغییرات فرآیندهای کاری از سوی عوامل پروژه
	R3	ضعف های برطرف نشدنی و ذاتی BIM
	R4	اتلاف و حذف کارمندان با تجربه و کلیدی سنتی
درونی- فنی	R5	تحمیل هزینه های غیر ضروری به پروژه در فرآیند مهاجرت به BIM
	R6	عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM
	R7	عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM
	R8	صرف زمان زیاد در یادگیری کار با نرم افزارها
	R9	نیاز به سیستم تحویل پروژه جدید و متناسب با فرآیندهای کاری BIM، برای اثر بخشی بهتر
	R10	مشخص نبودن مسئول درستی و صحت مدلها
	R11	به وجود آمدن اشکال و خطا میان واحدهای اندازه گذاری مدل های مختلف
	R12	فراهم نبودن زیرساخت های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه
	R13	ایجاد اختلاف احتمالی بین عوامل طرح(شاخه های مختلف مهندسی)
	R14	خطاهای نرم افزاری
	R15	عدم بازگشت سرمایه و سود مورد انتظار در صورت استفاده نا کارآمد از BIM
قراردادی	R16	در اختیار قرار نگرفتن برخی از اطلاعات و مدارک مورد نیاز تیم تخصصی مدیریت پروژه با وجود الزام در قرارداد
	R17	ایجاد اختلاف و تعارض در مالکیت حقوقی مدل ها
	R18	نیاز به داده های اطلاعاتی جدید در فازهای مختلف چرخه عمر پروژه
	R19	نیاز به ایجاد زبان قراردادی جدید و متناسب با فرآیندهای کاری BIM
بیرونی	R20	انتظارات غیرواقعی و بلند پروازانه ذینفعان از BIM
	R21	عدم درخواست و تقاضا از سوی برخی از ذینفعان برای به کارگیری BIM
	R22	وجود رقبای با تجربه تر
	R23	ظهور فعالیتهای تبلیغاتی سودجویانه و غیر حرفه ای و به تبع آن فهم نادرست و سطحی از BIM در جامعه

به منظور رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM بر اساس میزان تأثیری که بر پروژه می توانند داشته باشند، از تکنیک تاپسیس فازی که از روش های تصمیم گیری چند معیاره[5] می باشد استفاده می گردد.

با استفاده از نتایج حاصل از پاسخ های خبرگان به میزان احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها ، میانگین فازی نظرات خبرگان درباره ی احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، محاسبه گردید که در جدول ۴ نشان داده شده است. سپس از ضرب احتمال وقوع در شدت اثر، مقدار عدد ریسک ها بر مبنای تأثیر بر اهداف اصلی پروژه حاصل می گردد که نتایج حاصله ماتریس تصمیم گیری $\tilde{D}$ را تشکیل می دهند (جدول۵).

جدول۴ میانگین فازی پاسخ های خبرگان درباره ریسک ها.

ریسک ها	احتمال وقوع $\tilde{P}_i$	شدت اثر بر هزینه $\tilde{I}(c)_i$	شدت اثر بر زمان $\tilde{I}(t)_i$	شدت اثر بر کیفیت $\tilde{I}(q)_i$	شدت اثر بر محدوده $\tilde{I}(s)_i$
R1	(1.833,3.167,5.167)	(2.833,4.833,6.833)	(1.667,3.667,5.667)	(4.667,6.667,8.667)	(3.5,5.5,7.5)
R2	(5.167,7.167,8.333)	(1,2,4)	(1,2.167,4.167)	(1.167,3,5)	(1.667,3.667,5.667)
R3	(1.833,3.5,5.333)	(1.667,3.5,5.5)	(1,1.833,3.833)	(2.667,4.667,6.667)	(1.5,3.333,5.333)
R4	(3.5,5.5,7.333)	(1.167,2.5,4.5)	(1,2.5,4.5)	(2,4,6)	(1.5,3,5)
R5	(3,5,7)	(1.5,3.5,5.5)	(1.167,2.333,4.333)	(1,2.5,4.5)	(1,2.167,4.167)
R6	(5,7,8.167)	(1.333,3,5)	(1.5,3.167,5.167)	(3.167,5.167,7.167)	(2.167,4.167,6.167)
R7	(4.833,6.833,8.167)	(1.167,1.833,3.833)	(1.167,2.5,4.5)	(2.333,4.333,6.333)	(1.5,3.5,5.5)
R8	(5,7,8.333)	(1.167,2.167,4.167)	(1.667,3.667,5.667)	(1,2.5,4.5)	(1,1.333,3.333)
R9	(3.667,5.667,7.333)	(1.333,2.667,4.667)	(1.167,2.333,4.333)	(1.5,3,5)	(2.5,4.5,6.5)
R10	(2.5,4.167,6.167)	(1.167,2.333,4.333)	(1.333,2.333,4.333)	(3.5,5.5,7.5)	(4.333,6.333,8.333)
R11	(2.833,4.5,6.5)	(1,3,5)	(1,2.167,4.167)	(3,5,7)	(2.333,3.833,5.833)
R12	(4.667,6.667,8.5)	(1,2.667,4.667)	(1,2.333,4.333)	(2.5,4.5,6.5)	(1.5,3.167,5.167)
R13	(3.167,4.833,6.833)	(1,2.833,4.833)	(1,3,5)	(2.5,4.5,6.5)	(3.333,5.333,7.333)
R14	(3,4.833,6.833)	(1,2.833,4.833)	(1,3,5)	(1.667,3.5,5.5)	(1.833,3.167,5.167)
R15	(3.167,5,7)	(2.333,4.333,6.333)	(1,2.833,4.833)	(3,5,7)	(2,3.667,5.667)
R16	(2.333,4.333,6.167)	(1,2,4)	(1,2.5,4.5)	(2.833,4.833,6.833)	(2.833,4.833,6.833)
R17	(3.667,5.333,7.167)	(1,2.167,4.167)	(1,1.667,3.667)	(1.167,3,5)	(2.5,4.5,6.5)
R18	(3.333,5.333,7.333)	(1,2.833,4.833)	(1,1.667,3.667)	(1,2.333,4.333)	(2.667,4.667,6.667)
R19	(4.167,6.167,7.5)	(1,2,4)	(1,2,4)	(1.333,3,5)	(2.5,4.5,6.5)
R20	(2.833,4.833,6.833)	(1,2.833,4.833)	(1,2.833,4.833)	(2.167,4.167,6.167)	(2.667,4.667,6.667)
R21	(4.833,6.833,8)	(1,1.5,3.5)	(1,1.167,3.167)	(2,4,6)	(2.333,4.333,6.333)
R22	(3.333,5.167,7.167)	(1.333,2.333,4.333)	(1,1,3)	(1,2.167,4.167)	(1.167,3.167,5.167)
R23	(5.167,7.167,8.667)	(1.167,2.167,4.167)	(1,1,3)	(1,2.667,4.667)	(1.333,3.333,5.333)

جدول۵- میانگین فازی اعداد ریسک (ماتریس تصمیم گیری $\tilde{D}$).

ریسک ها	معیار هزینه	معیار زمان	معیار کیفیت	معیار محدوده
R1	(0.117,0.345,0.796)	(0.065,0.246,0.62)	(0.146,0.361,0.765)	(0.125,0.339,0.754)
R2	(0.117,0.323,0.752)	(0.109,0.329,0.735)	(0.103,0.367,0.712)	(0.168,0.511,0.919)
R3	(0.069,0.276,0.662)	(0.039,0.136,0.433)	(0.084,0.279,0.607)	(0.054,0.227,0.553)
R4	(0.092,0.31,0.744)	(0.074,0.291,0.699)	(0.12,0.376,0.752)	(0.102,0.321,0.713)
R5	(0.102,0.395,0.868)	(0.074,0.247,0.642)	(0.051,0.214,0.538)	(0.058,0.211,0.568)
R6	(0.15,0.474,0.921)	(0.159,0.469,0.894)	(0.271,0.618,1)	(0.211,0.568,0.98)
R7	(0.127,0.283,0.706)	(0.119,0.362,0.778)	(0.193,0.506,0.884)	(0.141,0.465,0.874)
R8	(0.132,0.342,0.783)	(0.177,0.544,1)	(0.085,0.299,0.641)	(0.097,0.182,0.54)
R9	(0.11,0.341,0.772)	(0.091,0.28,0.673)	(0.094,0.29,0.626)	(0.178,0.496,0.928)
R10	(0.066,0.219,0.603)	(0.071,0.206,0.566)	(0.149,0.392,0.79)	(0.211,0.514,1)
R11	(0.064,0.305,0.733)	(0.06,0.206,0.574)	(0.145,0.384,0.777)	(0.129,0.336,0.738)
R12	(0.105,0.401,0.895)	(0.099,0.329,0.78)	(0.199,0.513,0.944)	(0.136,0.411,0.855)
R13	(0.071,0.309,0.745)	(0.067,0.307,0.723)	(0.135,0.372,0.759)	(0.205,0.502,0.975)
R14	(0.068,0.309,0.745)	(0.064,0.307,0.723)	(0.085,0.289,0.642)	(0.107,0.298,0.687)
R15	(0.167,0.489,1)	(0.067,0.3,0.716)	(0.162,0.427,0.837)	(0.123,0.357,0.772)
R16	(0.053,0.195,0.556)	(0.049,0.229,0.588)	(0.113,0.358,0.72)	(0.129,0.407,0.82)
R17	(0.083,0.261,0.674)	(0.078,0.188,0.557)	(0.073,0.273,0.612)	(0.178,0.467,0.907)
R18	(0.075,0.341,0.799)	(0.071,0.188,0.569)	(0.057,0.213,0.543)	(0.173,0.484,0.951)
R19	(0.094,0.278,0.677)	(0.088,0.261,0.635)	(0.095,0.316,0.641)	(0.203,0.54,0.949)
R20	(0.064,0.309,0.745)	(0.06,0.29,0.699)	(0.105,0.344,0.72)	(0.147,0.439,0.886)
R21	(0.109,0.231,0.632)	(0.102,0.169,0.537)	(0.165,0.467,0.82)	(0.219,0.576,0.986)
R22	(0.1,0.272,0.701)	(0.071,0.109,0.455)	(0.057,0.191,0.51)	(0.076,0.318,0.721)
R23	(0.136,0.35,0.815)	(0.109,0.152,0.551)	(0.088,0.327,0.691)	(0.134,0.465,0.899)

در نهایت با استفاده از روش تاپسیس فازی به رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM (گزینه ها) بر اساس میزان تأثیر بر اهداف اصلی پروژه یعنی هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه (شاخص ها)، پرداخته می شود. وزن معیارها طبق مرجع[۱۱] برای معیارهای هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه به ترتیب، ۰,۰۸۲، ۰,۱۰۶، ۰,۰۵۱۹، ۰,۲۹۳ در نظر گرفته شده است که به اطلاع خبرگان رسیده است. در ادامه به دلیل حجم زیاد جداول و محاسبات، به روابط مورد استفاده در مراحل تکنیک تاپسیس فازی اشاره می گردد. نتایج حاصل از محاسبات در جدول ۷ ارائه گردیده است.

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری $\tilde{D}$ ارزیابی گزینه‌ها: این ماتریس در جدول ۵ نشان داده شده است.

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

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m\times n} \qquad i = 1,2,...,m \quad j = 1,2,...,n \qquad (۱)$$

m: تعداد گزینه‌ها

n: 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:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) \qquad (۲)$$

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

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \qquad (۳)$$

گام سوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین فازی($\tilde{V}$)

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\times n} \qquad (۴)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \qquad (۵)$$

$$i = 1,2,...,m$$

$$j = 1,2,...,n$$

در این رابطه $\tilde{r}_{ij}$ ماتریس بی‌مقیاس به‌دست آمده از گام دوم است و $\tilde{w}_j$ هم وزن فازی معیار j اُم می‌باشد.

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

$$A^+ = (v_1^*, v_2^*, ..., v_n^*) \qquad (۶)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-) \qquad (۷)$$

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

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
5 (3) , 2020
دوره ۵، شماره ۳
پاییز ۱۳۹۹
فصلنامه پژوهشی

$$v_j^* = (1,1,1) \quad (۸)$$

$$v_j^- = (0,0,0) \quad (۹)$$

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:

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

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

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

(۱۰)

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

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{ij}^*) \qquad i = 1,2,\ldots, m \quad (۱۱)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{ij}^-) \qquad i = 1,2,\ldots, m \quad (۱۲)$$

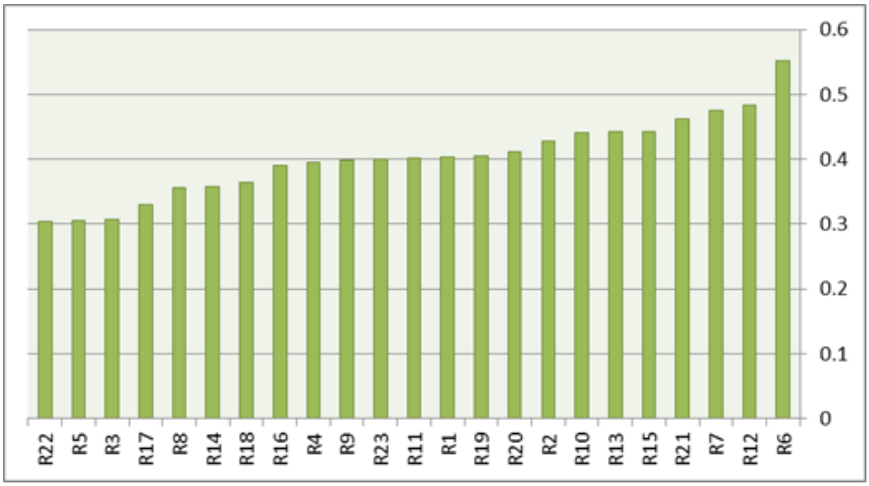
گام ششم: محاسبه نزدیکی نسبی گزینه i اُم از راه حل ایده‌آل. این نزدیکی نسبی را به صورت زیر تعریف می شود:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \qquad i = 1,2,\ldots, m \quad (۱۳)$$

گام هفتم: رتبه بندی گزینه ها: بر اساس ترتیب نزولی می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله را رتبه‌بندی نمود. هر گزینه‌ای که CC بزرگتری داشته باشد بهتر است. نتایج در جدول ۶ آورده شده است. نتایج حاصل نشان می دهد عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM ، فراهم نبودن زیرساخت های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه و عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM از مهم ترین ریسک های ارزیابی شده هستند.

جدول۶ رتبه‌بندی ریسک های به کارگیری BIM

ردیف	گزینه ها	فاصله تا ایده‌آل مثبت	فاصله تا ایده‌آل منفی	CC	رتبه
R1	عدم کارایی مناسب و ایجاد خسارت به پروژه	3.609	0.481	0.118	11
R2	مقاومت در برابر تغییرات فرآیندهای کاری از سوی عوامل پروژه	3.581	0.511	0.125	8
R3	ضعف های برطرف نشدنی و ذاتی BIM	3.712	0.365	0.09	21
R4	اتلاف و حذف کارمندان با تجربه و کلیدی سنتی	3.62	0.473	0.116	15
R5	تحمیل هزینه های غیر ضروری به پروژه در فرآیند مهاجرت به BIM	3.717	0.365	0.089	22
R6	عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM	3.429	0.668	0.163	1
R7	عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM	3.526	0.569	0.139	3
R8	صرف زمان زیاد در یادگیری کار با نرم افزارها	3.659	0.423	0.104	20
R9	نیاز به سیستم تحویل پروژه جدید و متناسب با فرآیندهای کاری BIM، برای اثر بخشی بهتر	3.612	0.475	0.116	14
R10	مشخص نبودن مسئول درستی و صحت مدلها	3.565	0.529	0.129	7
R11	به وجود آمدن اشکال و خطا میان واحدهای اندازه گذاری مدل های مختلف	3.612	0.477	0.117	13
R12	فراهم نبودن زیرساخت های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه	3.518	0.588	0.143	2
R13	ایجاد اختلاف احتمالی بین عوامل طرح(شاخه های مختلف مهندسی)	3.564	0.532	0.13	6
R14	خطاهای نرم افزاری	3.66	0.427	0.104	19
R15	عدم بازگشت سرمایه و سود مورد انتظار در صورت استفاده نا کارآمد از BIM	3.565	0.532	0.13	5
R16	در اختیار قرار نگرفتن برخی از اطلاعات و مدارک مورد نیاز تیم تخصصی مدیریت پروژه با وجود الزام در قرارداد	3.624	0.466	0.114	16
R17	ایجاد اختلاف و تعارض در مالکیت حقوقی مدل ها	3.639	0.448	0.11	17
R18	نیاز به داده های اطلاعاتی جدید در فازهای مختلف چرخه عمر پروژه	3.652	0.437	0.107	18
R19	نیاز به ایجاد زبان قراردادی جدید و متناسب با فرآیندهای کاری BIM	3.603	0.481	0.118	10
R20	انتظارات غیرواقعی و بلند پروازانه ذینفعان از BIM	3.602	0.495	0.121	9
R21	عدم درخواست و تقاضا از سوی ذینفعان برای به کارگیری BIM	3.538	0.551	0.135	4
R22	وجود رقبای با تجربه تر	3.718	0.363	0.089	23
R23	ظهور فعالیتهای تبلیغاتی سودجویانه و غیر حرفه ای و به تبع آن فهم نادرست و سطحی از BIM در جامعه	3.614	0.481	0.118	12



شکل۲ رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از اولویت بندی ریسک ها، رتبه های ۱ تا ۳، به ترتیب مربوط به عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیند های BIM، فراهم نبودن زیرساخت های لازم برای اجرای نرم افزارها در شرایط بهینه و عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM می باشد که همگی از ریسک های موجود در حوزه ی درونی- فنی هستند. این امر بیانگر این موضوع است که حوزه ی درونی-فنی از اهمیت بیشتری نسبت به سایر حوزه ها برخوردار است. این موضوع باید به شکل ویژه ای مورد توجه دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز قرار بگیرد و با اتخاذ راهبرد مناسب برای پاسخ گویی به ریسک ها، بهره وری حاصل از به کارگیری BIM را کسب کنند. می توان گفت سرمایه گذاری برای برطرف کردن موانع در این حوزه تأثیرات مثبت زیادی در افزایش بهره وری شرکت های ساختمانی خواهد داشت. دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز می توانند با تدوین برنامه ی راهبردی چند ساله برای شرکت خود، به آموزش کارمندان و تیم تخصصی خود بپردازند و هم چنین با ارتقاء سخت افزاری سیستم های شرکت، شرایط مناسب برای کسب بهره وری مناسب تر در طی بازه ی زمانی چندین ساله را فراهم کنند.

۶- مراجع

[1] 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.

[2] Taylor J.E., Bernstein P.G., (2009), Paradigm trajectories of building information modeling practice in project networks, Journal of Management in Engineering, ASCE 25 (2) 69–76.

[3] Deutsch, R. (2011). BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice: John Wiley and Sons.

[4] Pan, J., Teklu, Y., Rahman, S. and Castro, A. D. (2000). "An Interval-based MADM Approach to the

[5] Identification of Candidate Alternatives in Strategic Resource Planning." IEEE Transactions on Power Systems, Vol.15, No. 4, PP. 1441-1446.

[6] North, D. W. (1995). "Limitations, Definitions, Principles and Methods of Risk Analysis." OIE Review of Science and Technology. Epiz., Vol.14, No. 4.

[7] Zandin, K. B. (2001). Maynard's Industrial Engineering Handbook, 5th Edition, McGraw-Hill.

[8] Lambert, J. H., Haimes, Y.Y., Li, D., Schooff, R. M. and Tulsiani, V. (2001). "Identification, ranking, and

[9] management of risks in a major system acquisition." Reliability Engineering and System Safety, No.72, PP.

[۱۰] سبزه پرور م. ، ۱۳۹۱، کنترل پروژه به روش گام به گام، انتشارات ترمه.

[11] PMI, 2008. A Guide to the Project Management Body of Knowledge(PMBOK® Guide), 4th edition. Project Management Institute, Newton Square, Pennsylvania, USA.

[12] Hwang, C., Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A state of the art survey, New York: Verlag, 1989.

[۱۳] الفت ل.، خسروانی ف.، جلالی ر.، ۱۳۸۹، شناسایی و اولویت بندی ریسک پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK با رویکرد فازی، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال هشتم، شماره ۱۹.

[14] Chen, S.J., and Hwang, C.L. (1992) Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Econom. and Math. System 375, Springer-Verlag, New York.

[1] Building Information Modeling
[2] Project Management Body Of Knowledge
[3] Project Management Institute
[4] Core knowledge Areas
[5] Multiple- criteria decision making