Journal of Structural and Construction Engineering, 11(12), 2025, pp. 62-88

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Investigating the potential of implementing building information modelling in mass building projects considering the increase in demand, a case study of Mehr Rasht housing

Mehdi Safari[1], Sahar Alian[2]*, Maziar Zareichian

1- Master's degree, Faculty of Civil Engineering, Rahman Ramsar Institute of Higher Education, Mazandaran, Iran
2- Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Rahman Ramsar Institute of Higher Education, Mazandaran, Iran
3- Assistant Professor of Civil Engineering Department, Rahman Ramsar Institute of Higher Education, Mazandaran, Iran

ABSTRACT

Building information modelling technology is the process of creating a digital model of all the details of planning, design, construction and operation of a building. The difference between the 3D model and the building information modelling (BIM) comes back to the application in the project phases and the comprehensiveness of the building information. This information includes design details, construction materials, costs, scheduling, decisions related to project management, monitoring and operation, and it helps to improve the interaction, efficiency and quality of the project. In order to investigate the potential of implementing building information modelling in mass construction projects, and according to the increase rate of demand into Mehr housing in Rasht, 10 people were selected from the statistical community of professional experts in the engineering system of the city of Rasht in Mehr housing projects, and using a comparison questionnaire, a pair of identified factors and subgroups were prioritized using the hierarchical method and TOPSIS. Based on the results, accessing to the information of the building for maintenance and repair was recognized as one of the most important sub-criteria of the study among the main criterion of sustainable information management. In the second and third places of prioritization, the sub-criteria of accurate design and appropriate timing allocation can be expressed respectively. Using the fuzzy TOPSIS method in the goal implementation tool (prioritized sub-criteria), Revit Architecture software was given the first priority, and the use of virtual reality was chosen in the second place to clarify project information. Based on this, the more mass building projects are moved towards sustainable information management, the more suitable they will be, which will increase the demand in Mehr housing projects in Rasht. In other words, it is recommended to use the mentioned specialized software for project implementers and virtual reality to clarify the mentioned projects.

ARTICLE INFO

Receive Date: 17 April 2024
Revise Date: 19 June 2024
Accept Date: 30 June 2024

Keywords:
Building Information Modelling
mass production projects
Increase in demand
Mehr House
Rasht

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.446906.3369

*Corresponding author: Sahar Alian.
Email address: alian@rahman.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

بررسی پتانسیل پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان در پروژه های انبوه سازی با در نظر گرفتن افزایش تقاضا مطالعه موردی مسکن مهر رشت

مهدی صفری[۱]، سحر علیان[۲*]، مازیار زرعی چیان[۳]

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی رحمان رامسر، مازندران، ایران

۲*- استادیار، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی رحمان رامسر، مازندران، ایران

۳- استادیار، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی رحمان رامسر، مازندران، ایران

چکیده

فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان[۱]، فرایند ساخت یک مدل دیجیتالی از همه جزئیات برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری یک ساختمان می‌باشد. وجه تمایز میان مدل سه بعدی و مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) به کاربرد در فازهای پروژه و جامع بودن اطلاعات ساختمان باز می‌گردد این اطلاعات جامع شامل جزئیات طراحی، مواد ساخت، هزینه‌ها، زمان‌بندی، تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت پروژه، نظارت و بهره‌برداری می‌شود، و به بهبود تعامل، کارایی و کیفیت پروژه کمک می‌کند. به منظور بررسی پتانسیل پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان در پروژه های انبوه‌سازی با در نظر گرفتن افزایش تقاضا در مسکن مهر رشت از جامعهٔ آماری کارشناسان خبره در نظام مهندسی شهر رشت در پروژه‌های مسکن مهر شرکت داشتند تعداد ۱۰ نفر انتخاب شد و با استفاده از پرسشنامه مقایسه زوجی از عوامل و زیرگروه های شناسایی شده با استفاده از روش سلسله مراتبی و تاپسیس اولویت بندی به عمل آمد. بر اساس نتایج حاصله، دسترسی به اطلاعات مرتبط با ساختمان برای نگهداری و تعمیرات در معیار اصلی مدیریت اطلاعات پایدار از مهمترین زیرمعیارهای مورد مطالعه شناخته شد. در جایگاه دوم و سوم از اولویت بندی صورت گرفته می توان به ترتیب زیرمعیارهای طراحی دقیق و تخصیص زمان بندی مناسب بیان نمود. با استفاده از روش تاپسیس فازی در ابزار پیاده سازی اهداف (زیرمعیارهای اولویت بندی شده) نرم افزار Revit Architecture در اولویت اول قرار گرفت و در رتبهٔ دوم استفاده از واقعیت مجازی برای شفاف‌سازی اطلاعات پروژه انتخاب شد. بر این اساس هرچه پروژه‌های انبوه سازی به سمت مدیریت اطلاعات پایدار سوق داده شود، از بهره‌برداری مناسب‌تری برخوردار خواهد بود که این امر سبب افزایش تقاضا در پروژه‌های مسکن مهر رشت می‌گردد. به عبارتی استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی نامبرده برای اجرا کنندگان پروژه و واقعیت مجازی برای شفاف‌سازی پروژه‌های مذکور توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: مدلسازی اطلاعات ساختمان، پروژه های انبوه سازی، تقاضا، مسکن مهر رشت

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2024.446906.3369
۱۴۰۳/۰۱/۲۹	۱۴۰۳/۰۳/۳۰	۱۴۰۳/۰۴/۱۰	۱۴۰۳/۰۴/۱۰	۱۴۰۳/۱۲/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2024.446906.3369

*نویسنده مسئول: سحر علیان

پست الکترونیکی: alian@rahman.ac.ir

[1] Building Information Modeling(BIM)

۱- مقدمه

BIM به عنوان مدلسازی اطلاعات ساختمان شناخته می‌شود که شامل اطلاعات گرافیکی و غیر گرافیکی (اطلاعات هندسی، ترمودینامیکی، ساختاری، و ...) ساختمان می‌شود. این مدل به صورت دیجیتالی تمامی*B* جزئیات یک پروژه ساختمانی را نمایش می‌دهد[۱]. استفاده از BIM در صنعت ساخت و ساز اهمیت بسیاری دارد و می‌تواند به شکل مهمی به بهبود کارایی و کیفیت پروژه‌های ساختمانی کمک کند. دقت و کیفیت بالا، مدیریت بهتر پروژه، افزایش هماهنگی با اعضای تیم پروژه، بهبود تصمیم‌گیری در طراحی، اجرا، نظارت و بهره‌برداری، کاهش هزینه‌های ساخت و ایجاد فضای رقابتی برای ورود تکنولوژی‌های جدید در فرهنگ‌سازی و بکارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت درسازمان‌های دولتی ایران محیا می‌سازد[۲]. مطالعات متعددی در زمینهٔ بررسی پتانسیل بکارگیری *BIM* در پروژه‌های مختلف صورت گرفته است. از جمله پژوهش حاجی اسمعیلی و قهرمانی (۱۴۰۱) به صورت کامل مراحل یازده گانه چرخه حیات ساختمان از برنامه‌ریزی تا تخریب را با بکارگیری BIM در فضای داخلی ساختمان و همچنین تأثیر محیط و طراحی آن در قسمت‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند که با روش توصیفی-تحلیلی با استفاده از منابع اسنادی و کتابخانه‌ای نتایج حاصله حاکی از آن است که عملکرد بهینه ساختمان های موجود در مراحل مستندسازی، بهره برداری و نگهداری، بازسازی و بهسازی و تخریب با استفاده از BIM حاصل می‌شود[۳]. در پژوهش احمدی و منیر عباسی (۱۴۰۰) پروژه های ساخت امروزه دارای پیچیدگی‌ها و مشکلات خاص خود می‌باشد. همچنین با شروع پروژه، معمولا تغییرات زیادی رخ می دهد. به همین دلیل ضرورت آنالیز جریان نقدینگی در پروژه‌های ساخت بیشتر از گذشته احساس می‌شود. رویه دستی و سنتی تهیه جریان نقدی، می‌تواند بوسیله پیشرفت‌های بدست آمده در تکنولوژی، خصوصاً مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بهبود یابد. در حال حاضر با پیشرفت تکنولوژی های یکپارچه چند بعدی به منظور تجسم پروژه، فرآیند جمع آوری اطلاعات و ارزیابی پروژه تا حد بسیار زیادی تسهیل شده است. مدل سازی اطلاعات ساختمان توانسته با دقت بسیار خوبی حجم مصالح پروژه را برآورد کند. مدل ۵ بعدی اطلاعات ساختمان که از یکپارچه‌سازی مدل ۳ بعدی با زمان و هزینه پروژه بدست آمده است، پیش بینی و پیگیری هزینه های پروژه را بر اساس برنامه زمان‌بندی در طول تمام فازهای پروژه امکان‌پذیر می‌سازد. همچنین به بررسی عوامل موثر در جریان نقدینگی پروژه های ساخت پرداخته شده و ضمن دسته بندی عوامل در ۵ شاخص اصلی سودآوری، سرعت، دقت عوامل اجرایی و ریسک، به مقایسه این شاخص ها در دو حالت استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و حالت سنتی جهت تهیه جریان نقدینگی پرداخته شده است[۴]. شیرزادی جاوید و قلعه گری (۱۴۰۲) استفاده از BIM در تمام چرخهٔ عمر پروژه با توجه به مصالح مورد استفاده در شرایط اقلیمی مختلف، استفاده از BIM را در صنعت ساخت کارآمد می‌نماید[۵]. یکپارچه سازی BIM (مدل سازی اطلاعات ساختمان) و نرم‌افزار *GIS* (سیستم های اطلاعات جغرافیایی)، در پژوهش مقری فریزی (۱۴۰۰) صورت گرفت که باعث هم افزایی این دو فناوری و به حداکثر رساندن پتانسیل کاربرد هر یک از آن ها شده، که باعث تسهیل و افزایش کارایی فرآیندهای اساسی در صنعت ساخت می‌گردد. با وجود کاربردهای قابل توجه آن، مشکلاتی در زمینه تبادل داده‌ها بین BIM و GIS وجود دارد. لازم به ذکر است که تبادل داده موثر، پایه و اساس یکپارچه سازی موثر BIM و GIS می‌باشد. همچنین کاربردهای مورد نظر در صنعت ساخت با استفاده از یکپارچه سازی BIM و *GIS* به نحوه یکپارچه‌سازی ، نحوه تبادل داده‌ها، بستر انتخاب شده برای یکپارچه سازی و در نتیجه به امکان‌پذیر بودن یکپارچه‌سازی از جنبه تبادل داده‌ها برای هدف مورد نظر بستگی دارد. یکی از نکات بسیار مهم در این زمینه توجه به این موضوع هست که تفاوت های BIM و GIS در گستره تمرکز، ساختار داده، فرمت داده ها (فرمت IFC برای BIM، فرمت CityGML و Shapefile برای GIS و سیستم مختصات دهی در یکپارچه سازی داده ها نقش اساسی دارد. از طرف دیگر تفاوت در میزان غنی بودن اطلاعات معنایی برای BIM و GIS باعث از دست رفتن اطلاعات در این تبادل داده ها می شود، که باعث افت کارایی یکپارچه سازی BIM-GIS می گردد. بنابراین توجه به چالش های فنی و بسترهای یکپارچه سازی BIM و GIS به گونه ای که اطلاعات از دست رفته به حداقل برسد، نیاز به مطالعات فراوانی در این زمینه دارد. بدین منظور چالش ها و روش های موجود برای یکپارچه سازی BIM و GIS با استفاده از مرور مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است[۶].

برای اثبات کارایی BIM، مطالعات موردی و پروژه‌های موفق که از این تکنولوژی بهره‌بری کرده‌اند، معرفی می‌شوند[۱۱]. مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در صنعت ساخت و ساز جهانی به عنوان یک فناوری موفق شناخته می‌شود و در بسیاری از پروژه‌ها و مطالعات موردی از آن بهره‌برداری شده است. در زیر، به چند پروژه موفق و مطالعات موردی از BIM اشاره می‌شود:

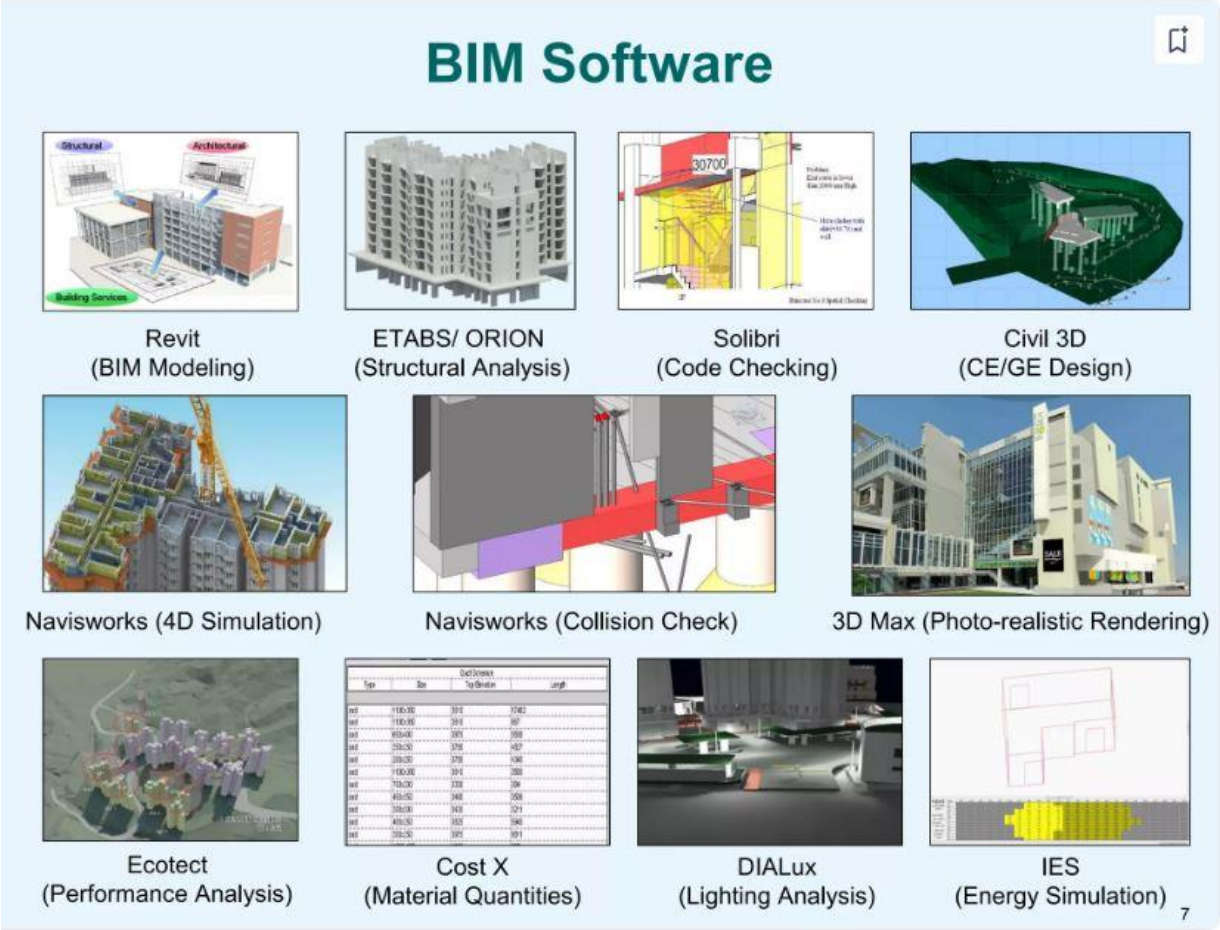
برای پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن که با استفاده از فناوری BIM به موفقیت دست یافته‌اند، دو نمونه برجسته در سطح جهانی عبارتند از:

۱. پروژه انبوه‌سازی مسکن "Hong Kong Housing Authority" در هنگ کنگ:

- جزئیات پروژه: سازمان مسکن هنگ کنگ (Hong Kong Housing Authority) یکی از بزرگترین ارائه‌دهندگان مسکن عمومی در جهان است و پروژه‌های متعددی را برای ساخت و ساز مسکن عمومی در مقیاس بزرگ انجام داده است.

- استفاده از BIM در این پروژه‌ها برای بهبود هماهنگی بین تیم‌های مختلف طراحی و ساخت، مدیریت بهتر منابع و کاهش خطاها و دوباره‌کاری‌ها به کار گرفته شد. همچنین، BIM برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فرآیندهای ساخت و ساز و تسهیل در مدیریت نگهداری پس از ساخت استفاده شد.

- نتایج استفاده از BIM منجر به افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها و زمان‌بندی پروژه‌ها شد. همچنین، کیفیت ساخت و ساز و بهره‌وری در نگهداری و تعمیرات پس از تحویل واحدها بهبود یافت. در شکل (۱) نرم افزارهای مرتبط با BIM و بکار رفته در پروژه مذکور نشان داده شده است[۱۸].



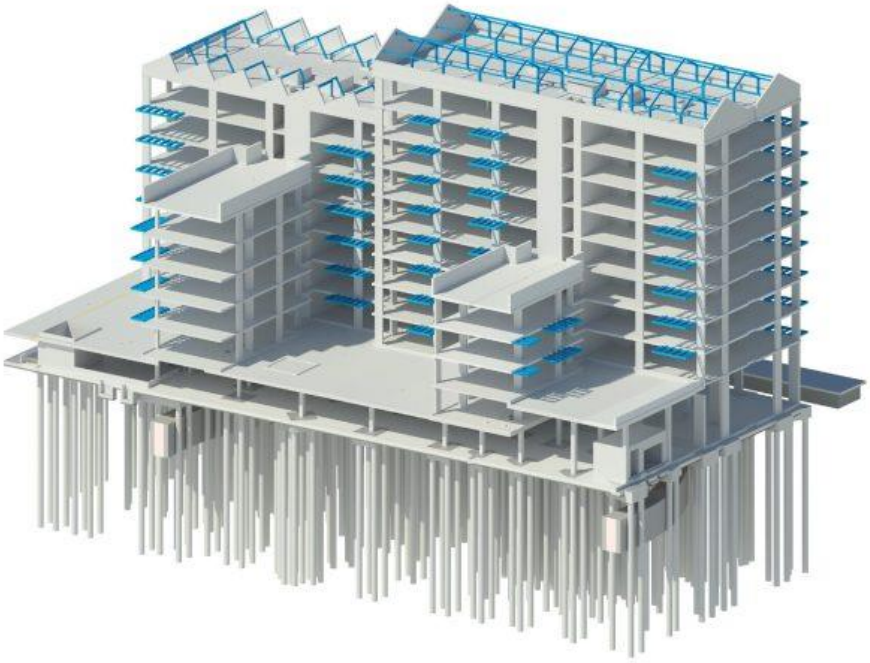
شکل۱ : استفاده از BIM در پروژه انبوه‌سازی مسکن "Hong Kong Housing Authority" در هنگ کنگ[۱۹]

۲. پروژه "Riverside Apartments" در سنگاپور:

- پروژه Riverside Apartments شامل یک مجتمع مسکونی با چندین بلوک آپارتمانی در سنگاپور است که توسط توسعه‌دهنده‌ی پیشرو سنگاپوری، City Developments Limited (CDL)، اجرا شد.

- در این پروژه، BIM برای مدل‌سازی تمامی جنبه‌های طراحی، ساخت و مدیریت تسهیلات استفاده شد. این شامل هماهنگی دقیق بین تیم‌های مختلف، پیش‌بینی مشکلات احتمالی و بهبود کارایی در فرآیندهای ساخت و ساز بود.

- نتایج: بهره‌گیری از BIM باعث کاهش زمان و هزینه‌های ساخت و ساز، افزایش دقت و کاهش خطاها و بهبود کیفیت نهایی پروژه شد. همچنین، مدیریت تسهیلات پس از تکمیل پروژه با استفاده از مدل‌های BIM بهبود یافت و بهره‌وری نگهداری افزایش پیدا کرد[۲۰].



شکل۲ : استفاده از *BIM* در پروژه "Riverside Apartments" سنگاپور[۲۰]

این دو پروژه نشان‌دهنده کاربرد موفق BIM در پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن هستند و نشان می‌دهند چگونه این فناوری می‌تواند به بهبود هماهنگی، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت در پروژه‌های مسکن عمومی و انبوه کمک کند.

- پروژه کمک به بازسازی مجتمع مسکونی تورینگتون در انگلستان:

BIM در این پروژه به معماران و مهندسان امکان مدل‌سازی دقیق تغییرات و به‌روزرسانی‌ها را فراهم کرد. این تغییرات به بهبود انجام کارها و بهبود کیفیت ساخت کمک کرد(شکل ۳) [۱۱].

شکل۳ : استفاده از ***BIM*** در پروژه کمک به بازسازی مجتمع مسکونی تورینگتون در انگلستان[۱۱]

این پروژه‌ها و مطالعات موردی نشان می‌دهند که BIM به بهبود کیفیت پروژه‌ها، کاهش هزینه‌ها، بهره‌وری بیشتر، و مدیریت بهتر در صنعت ساخت و ساز کمک کرده است. این فناوری به عنوان یک ابزار بسیار قدرتمند در توسعه و اجرای پروژه‌های بزرگ و پیچیده شناخته می‌شود[۱۱].

۲- استفاده از واقعیت مجازی در افزایش تقاضای مسکن

استفاده از واقعیت مجازی (VR[۲]) در صنعت مسکن می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند برای افزایش تقاضا و بهبود تجربه مشتریان در فرآیند خرید و فروش مسکن مورد استفاده قرار گیرد. در زیر به برخی از مزایای استفاده از VR در این زمینه اشاره می‌شود:

الف. تجربه واقعی‌تر برای مشتریان:

VR به مشتریان اجازه می‌دهد تا به صورت مجازی در فضای داخلی و خارجی ساختمان حضور پیدا کنند و حس واقعی‌تری از فضا و ابعاد ملک به دست آورند. این کمک می‌کند تا افراد بدون حضور فیزیکی در مکان، ملک را به دقت بیشتری بشناسند[۸].

ب. صرفه‌جویی در زمان و هزینه:

برای افرادی که به دنبال خرید یا اجاره مسکن هستند، استفاده از VR به آن‌ها این امکان را می‌دهد که بدون نیاز به حضور فیزیکی در مکان، فضای داخلی و خارجی ساختمان را بررسی کنند. این امر زمان و هزینه‌های مرتبط با مسافت‌های طولانی و تعداد زیادی از فضای داخلی و خارجی ساختمان را کاهش می‌دهد[۸].

پ. تبلیغات موثرتر:

استفاده از تصاویر و ویدئوهای واقعیت مجازی در تبلیغات مسکن می‌تواند تاثیرگذاری بیشتری داشته باشد. مشتریان احتمالاً تمایل بیشتری به بررسی فضای داخلی و خارجی ساختمان با استفاده از VR دارند و این امر می‌تواند به تبلیغات موثرتر و جذاب‌تر منجر شود(شکل ۴).

ت. توسعه پروژه‌های جدید:

[2] Virtual Reality(VR)

توسعه‌دهندگان مسکن می‌توانند از VR برای نمایش پروژه‌های جدید و ایده‌های معماری خود استفاده کنند. این امکان می‌دهد تا مشتریان قبل از شروع ساخت، به طور دقیق‌تر با طرح و اجزای پروژه آشنا شوند[۸].

ث. تجربه مشارکتی:

با توجه به اینکه VR اغلب تجربه‌های مشارکتی فراهم می‌کند، این فناوری می‌تواند به مشتریان این امکان را بدهد که در فرآیند طراحی و چیدمان فضاها مشارکت کنند. این امر می‌تواند تجربه خرید ملک را برای آن‌ها بهبود بخشد[۸].

شکل۴ : استفاده از واقعیت مجازی در BIM برای افزایش تقاضای مشتریان مسکن[۱۱]

با توجه به این مزایا، استفاده از واقعیت مجازی می‌تواند به عنوان یک ابزار استراتژیک و بخشی از BIM در صنعت مسکن به کار گرفته شود و به بهبود تجربه مشتریان و افزایش تقاضا برای مسکن کمک کند[۱۱].

۳- روش تحقیق

در این پژوهش مسائل مربوط به استفاده از سیستم مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه های مسکن مهر رشت با استفاده از نظرسنجی با پرسشنامه مقایسه زوجی از معیارها و عوامل مستخرج از مطالعات پیشین و مصاحبه های ساختار یافته صورت گرفت که با روش تصمیم گیری فازی اولویت بندی می شوند. جامعه آماری عبارت است از کلیه افراد و عناصری که در یک مقیاس جغرافیایی مشخص (جهانی یا منطقه‌ای) دارای یک یا چند صفت مشترک باشند. معمولاً جامعه آماری با N نمایش داده می‌شود. در این پژوهش به دلیل محدودیت در روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس تعداد ۱۰ نفر از کارشناسان خبره با سابقه فعالیت در مسکن مهر رشت و آشنا به مدلسازی اطلاعات ساختمان انتخاب گردید و همان تعداد ۱۰ نفر به دلیل کم بودن جامعه آماری به عنوان حجم نمونه برگزیده می‌شوند. دلیل استفاده از روش سلسله مراتبی توانایی روش مذکور در اولویت‌بندی و مقایسه معیارها و اهداف چندگانه به مدیران با وجود عدم قطعیت‌ها می‌باشد. در این پژوهش از روش کتابخانه ای با استفاده از مطالعات گذشته پیرامون استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های انبوه سازی استفاده شد و همچنین از روش میدانی با ابزارهای پرسشنامه و مصاحبه از کارشناسان خبره بهره گیری شد. پرسشنامه مقایسه زوجی از عوامل مؤثر در استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان در پروژه های انبوه سازی با قراردادن معیارها به صورت سطری و ستونی مقابل یکدیگر با نمرات ۱ تا ۹ توسط کارشناسان خبره پاسخ دهی می‌شود. روایی و پایایی پرسشنامه مقایسه زوجی به صورت تأیید روایی از نظرات اساتید محترم دانشگاهی استفاده شد و به جای پایایی از نرخ ناسازگاری کمتر از ۱۰ درصد برای سازگاری معیارها بهره گیری شد.

۳-۱- مطالعه موردی مسکن مهر رشت

بر اساس مصاحبه‌ها و مطالعات میدانی صورت گرفته در مطالعه موردی مسکن مهر شهر رشت طبق نظرات سازندگان سه نوع مسکن مهر شامل مسکن مهر دولت ساخت، تعاونی ساز و شخصی‌ساز وجود دارد. در فاز اولیه ساخت مسکن مهر دولت بصورت مشخص خود سازنده مسکن مهر بوده و با انتخاب پیمانکاران و نظارت‌های رایج ساخت و ساز در نحوه اجرای کار نظارت می‌کرد. در فاز اولیه ساخت مسکن مهر دولت بصورت مشخص خود سازنده مسکن مهر بوده و با انتخاب پیمانکاران و نظارت‌های رایج ساخت و ساز در نحوه اجرای کار نظارت می‌کرد(شکل ۵). پس از مدتی دولت سیستم یکپارچه اجرا و نظارت خود را به بخش خصوصی منتقل ساخت و با قراردادن زمین‌های محدوده مسکن مهر به تعاونی‌ها صرفاً خدمات خود را به ارایه نقشه و نظارت تقلیل داد. همچنین در نوع شخصی ساز، در این طرح مسکن مهر به افراد متقاضی ساخت واگذار شده تا با سرمایه بخش خصوصی نسبت به ساخت مسکن مهر اقدام نمایند در این طرح نیز ارایه نقشه و نظارت از کارهای دولت محسوب می‌شد. در این نوع طرح زمین به عنوان آورده دولت در این مشارکت با قیمت متناسب منطقه محاسبه و در ارزیابی‌ها منظور می‌شود[۲۱]. در حال حاضر استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی (BIM) به صورت محدود در شرکت‌های دانش بنیان به صورت مقدماتی پیاده سازی می‌شود و در مراحل اجرایی شدن قرار نگرفته است. پروژه مسکن مهر رشت نیز مستثنی نیست و بر اساس سند ۲۰ ساله، در افق ۱۴۰۴ باید فناوری مدیریت پروژه با کمک BIM در صنعت ساختمانی مورد استفاده قرار می گرفت که به دلیل عدم وجود متخصصان کافی در این حوزه با سند چشم انداز فاصله وجود دارد. بر این اساس ارائه آموزش در این زمینه در شرکت‌های دانش بنیان آغاز شده است و میتواند راهکاری در راستای رسیدن به اهداف سند چشم انداز باشد. بنا به گزارش‌های مردمی موجود در سایت‌های خبری مرتبط با مشکلات و معضلات موجود در مسکن مهر رشت که از سوی متقاضیان آنها صورت گرفته، عدم انجام تعمیرات و نگهداشت این ساختمانها پس از بهره برداری بوده است و پیمانکاران پروژه های مذکور ساختمان را به شرط ۲ سال گارانتی تحویل نموده بودند که پس از تحویل واحدهای مسکونی این امر صورت نگرفته است و پاسخگو نبودن مسئولین ذیصلاح پروژه از دلایل مهم کاهش تقاضای مسکن مهر شهر رشت بوده است. از سوی دیگر واحدهای تکمیل شده مسکن مهر شهر رشت که بر روی آنها سرمایه گذاری شده بود به علت عدم استقبال متقاضیان منجر به اتلاف سرمایه شد که این مورد اهمیت استفاده از BIM در این پروژه ها را پررنگ تر میکند. احساس می شود[۲۱].

شکل۵ : پروژه انبوه سازی مسکن مهر شهر رشت

۳-۲- شناسایی معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار

به منظور شناسایی و اولویت‌بندی معیارها، از مقالات مختلفی استفاده شد و معیارها شناسایی و استخراج گردید. روایی معیارها توسط اساتید دانشگاهی بررسی و مجددا توسط خبرگان بررسی و تایید گردید. در نهایت ۷ معیار اصلی اثرگذار به عنوان معیارهای با اهمیت برای حل نهایی مدل انتخاب شدند و در هر کدام از معیارهای اصلی زیرمعیارهایی شناسایی شدند.

جدول۱ : شناسایی معیارهای اصلی

معیارهای اصلی	نام‌گذاری	مرجع
مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها	C۱	[۹] و [۱۰]
مدیریت تغییرات	C۲	[۱۱] و [۱۲] و [۷]
کیفیت و تضمین کیفیت	C۳	[۶] و [۱۳]
مدیریت منابع و زمان	C۴	[۱۴] و [۱۵]
مدیریت اطلاعات پایدار	C۵	[۱۶] و [۲]
مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه	C۶	[۱] و [۴] و [۸]
پایداری و بهره‌وری انرژی	C۷	[۵] و [۳] و [۱۶]

جدول۲ : شناسایی زیرمعیارهای مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها

زیرمعیارهای مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها	نام‌گذاری
مدلسازی دقیق	S11
شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل تداخل‌ها	S12
استفاده از استانداردها و قوانینBIM	S13
هماهنگی بین تیم‌های مختلف	S14
تغییرات در طراحی و اجرا	S15
مستندسازی و اشتراک‌گذاری داده‌ها	S16

جدول۳ : شناسایی زیرمعیارهای مدیریت تغییرات

زیرمعیارهای مدیریت تغییرات	نام‌گذاری
شناسایی تغییرات احتمالی	S21
ثبت و ارزیابی تغییرات احتمالی	S22
ارتباط با تیم پروژه برای پلان جایگزین	S23
اعلام و پیگیری تغییرات	S24
برآورد دقیق در صورت بروز تغییرات	S25

جدول٤ : شناسایی زیرمعیارهای کیفیت و تضمین کیفیت

زیرمعیارهای کیفیت و تضمین کیفیت	نام‌گذاری
پیشنهاد چند نوع مصالح مصرفی با تضمین کیفیت	S31
ثبت جزئیات کیفیت مصالح در قرارداد فروش	S32
طراحی دقیق و تهیه نقشه ها با جزئیات کامل	S33

جدول۵ : شناسایی زیرمعیارهای مدیریت منابع و زمان

زیرمعیارهای مدیریت منابع و زمان	نام‌گذاری
تخصیص زمانبندی بهBIM	S41
تخصیص نیروی انسانی مورد نیاز بهBIM	S42
تخصیص منابع تأمین و حمل بهBIM	S43
تخصیص تجهیزات مورد نیاز بهBIM	S44

جدول٦ : شناسایی زیرمعیارهای مدیریت اطلاعات پایدار

زیرمعیارهای مدیریت اطلاعات پایدار	نام‌گذاری
دسترسی به اطلاعات مرتبط با ساختمان برای نگهداری و تعمیرات	S51
دسترسی سازمانها به پایگاه داده دائمی از اطلاعات ساختمان	S52

جدول۷ : شناسایی زیرمعیارهای مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه

زیرمعیارهای مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه	نام‌گذاری
مدیریت یکپارچه پروژه های مسکن مهر	S61
قابلیت نظارت بهره برداران به فعالیت های ساخت	S62
کاهش اختلاف پیشرفت فیزیکی و برنامه ای	S63
تحویل به موقع و بهینه سازی بهره برداری	S64

جدول۸ : شناسایی زیرمعیارهای پایداری و بهره‌وری انرژی

زیرمعیارهای پایداری و بهره‌وری انرژی	نام‌گذاری
تحلیل دقیق در زمان طراحی توسط تیم پروژه و حصول پایداری در ساخت	S71
تأمین انرژی در مرحله طراحی توسط تیم پروژه	S72

لازم به توضیح است که معیارها با C_i ،زیرمعیارها باS_{ij} و گزینه با A_i نامگذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد.

شکل۶ : درخت تصمیم

۴- نتایج تحلیل

برای انجام تحلیل سلسله‌مراتبی، نخست معیارهای اصلی براساس هدف بصورت زوجی مقایسه شده‌اند. مقایسه زوجی بسیار ساده است و تمامی عناصر هر خوشه باید به صورت دو به دو مقایسه شوند. بنابراین اگر در یک خوشه n عنصر وجود داشته باشد $\frac{n(n-1)}{2}$ مقایسه صورت خواهد گرفت. با توجه به وجود هفت معیار ،بنابراین تعداد مقایسه‌های انجام شده برابر است با:

$$n(n-1)/2 = (7\times6)/2=21 \quad (۱)$$

بنابراین ۲۱ مقایسه زوجی از دیدگاه گروهی از خبرگان انجام شده است. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس فازی، کمی شده است. دیدگاه خبرگان با طیف نه درجه ساعتی جمع آوری شده است. فازی سازی دیدگاه خبرگان ۲۱ مقایسه زوجی برای معیارهای اصلی براساس دیدگاه خبرگان به صورت فازی صورت گرفته است.

- تجمیع دیدگاه خبرگان: برای تجمیع دیدگاه خبرگان بهتر است از میانگین هندسی هریک از سه عدد فازی مثلثی استفاده شود. (رابطه ۲)

$$F_{AGR} = \left(\prod(l), \prod(m), \prod(u)\right) \quad (۲)$$

ماتریس مقایسه زوجی براساس میانگین هندسی فازی دیدگاه خبرگان تنظیم شده است. این ماتریس که با نماد $\tilde{X}$ نمایش داده می‌شود در جدول (۹) ارائه شده است.

جدول۹ : ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش

	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵	C۶	C۷
C۱	(۱, ۱, ۱)	(۰/۶۱, ۰/۷۶, ۱)	(۳/۶۶, ۴/۵۶, ۵/۴۲)	(۱/۷۷, ۲/۱۵, ۲/۵۳)	(۱/۲۸, ۱/۴۶, ۱/۶۶)	(۱/۵۷, ۲/۰۵, ۲/۵۵)	(۱/۵, ۱/۸۶, ۲/۲۲)
C۲	(۱, ۱/۳۱, ۱/۶۳)	(۱, ۱, ۱)	(۳/۵, ۳/۹۲, ۴/۴)	(۱/۷۹, ۲/۱, ۲/۵۵)	(۱/۵۱, ۱/۷۲, ۱/۹۵)	(۱/۵۸, ۱/۹۴, ۲/۳۳)	(۰/۸۳, ۱/۰۹, ۱/۴۲)
C۳	(۰/۱۸, ۰/۲۲, ۰/۲۷)	(۰/۲۳, ۰/۲۶, ۰/۲۹)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۵۶, ۰/۶۸, ۰/۸۷)	(۰/۵۷, ۰/۷۸, ۱/۰۹)	(۰/۹۶, ۱/۱۳, ۱/۳۷)	(۰/۹۵, ۱/۱۵, ۱/۴۳)
C۴	(۰/۳۹, ۰/۴۷, ۰/۵۶)	(۰/۳۹, ۰/۴۸, ۰/۵۶)	(۱/۱۶, ۱/۴۷, ۱/۷۹)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۱۸, ۱/۵۷, ۲/۱۱)	(۱/۷۷, ۲/۰۹, ۲/۳۸)	(۱/۲۲, ۱/۵۷, ۱/۹۴)
C۵	(۰/۶, ۰/۶۹, ۰/۷۸)	(۰/۵۱, ۰/۵۸, ۰/۶۶)	(۰/۹۲, ۱/۲۸, ۱/۷۵)	(۰/۴۷, ۰/۶۴, ۰/۸۵)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۹۹, ۱/۱۹, ۱/۴۴)	(۱/۹۴, ۲/۴۱, ۲/۸۱)
C۶	(۰/۳۹, ۰/۴۹, ۰/۶۴)	(۰/۴۳, ۰/۵۲, ۰/۶۳)	(۰/۷۳, ۰/۸۸, ۱/۰۴)	(۰/۴۲, ۰/۴۸, ۰/۵۶)	(۰/۷, ۰/۸۴, ۱/۰۱)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۰۳, ۱/۲۴, ۱/۵)
C۷	(۰/۴۵, ۰/۵۴, ۰/۶۷)	(۰/۷۱, ۰/۹۲, ۱/۲۱)	(۰/۷, ۰/۸۷, ۱/۰۵)	(۰/۵۲, ۰/۶۴, ۰/۸۲)	(۰/۳۶, ۰/۴۲, ۰/۵۱)	(۰/۶۷, ۰/۸۱, ۰/۹۷)	(۱, ۱, ۱)

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی بدست آمده، بردار ویژه محاسبه گردیده است. ابتدا بسط فازی هر سطر محاسبه می‌شود. هردرایه ماتریس مقایسه زوجی $\tilde{X}$ به صورت $\tilde{x}_{ij}$ نمایش داده می‌شود. بسط فازی هر سطر نیز با نماد $\tilde{S}_i$ نمایش داده شده است. بنابراین بسط فازی هر سطر به صورت زیر محاسبه خواهد شد: (رابطه ۳)

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \quad (۳)$$

بنابراین بسط فازی عناصر هر سطر به صورت زیر خواهد بود:

بسط فازی سطر ۱ (۱, ۱, ۱)⊕(۰/۶۱, ۰/۷۶, ۱)⊕(۳/۶۶, ۴/۵۶, ۵/۴۲)⊕(۱/۷۷, ۲/۱۵, ۲/۵۳)⊕(۱/۲۸, ۱/۴۶, ۱/۶۶)⊕(۱/۵۷, ۲/۰۵, ۲/۵۵)⊕(۱/۵, ۱/۸۶, ۲/۲۲) = (۱۱/۳۹, ۱۳/۸۴, ۱۶/۳۸) (۴)

بسط فازی سطر ۲ (۱, ۱/۳۱, ۱/۶۳)⊕(۱, ۱, ۱)⊕(۳/۵, ۳/۹۲, ۴/۴)⊕(۱/۷۹, ۲/۱, ۲/۵۵)⊕(۱/۵۱, ۱/۷۲, ۱/۹۵)⊕(۱/۵۸, ۱/۹۴, ۲/۳۳)⊕(۰/۸۳, ۱/۰۹, ۱/۴۲) = (۱۱/۲, ۱۳/۰۸, ۱۵/۲۷) (۵)

بسط فازی سطر ۳ (۰/۱۸, ۰/۲۲, ۰/۲۷)⊕(۰/۲۳, ۰/۲۶, ۰/۲۹)⊕(۱, ۱, ۱)⊕(۰/۵۶, ۰/۶۸, ۰/۸۷)⊕(۰/۵۷, ۰/۷۸, ۱/۰۹)⊕(۰/۹۶, ۱/۱۳, ۱/۳۷)⊕(۰/۹۵, ۱/۱۵, ۱/۴۳) = (۴/۴۵, ۵/۲۱, ۶/۳۱) (۶)

بسط فازی سطر ۴ (۰/۳۹, ۰/۴۷, ۰/۵۶)⊕(۰/۳۹, ۰/۴۸, ۰/۵۶)⊕(۱/۱۶, ۱/۴۷, ۱/۷۹)⊕(۱, ۱, ۱)⊕(۱/۱۸, ۱/۵۷, ۲/۱۱)⊕(۱/۷۷, ۲/۰۹, ۲/۳۸)⊕(۱/۲۲, ۱/۵۷, ۱/۹۴) = (۷/۱۱, ۸/۶۴, ۱۰/۳۴) (۷)

بسط فازی سطر ۵ (۰/۶, ۰/۶۹, ۰/۷۸)⊕(۰/۵۱, ۰/۵۸, ۰/۶۶)⊕(۰/۹۲, ۱/۲۸, ۱/۷۵)⊕(۰/۴۷, ۰/۶۴, ۰/۸۵)⊕(۱, ۱, ۱)⊕(۰/۹۹, ۱/۱۹, ۱/۴۴)⊕(۱/۹۴, ۲/۴۱, ۲/۸۱) = (۶/۴۴, ۷/۷۸, ۹/۲۹) (۸)

بسط فازی سطر ۶ (۰/۳۹, ۰/۴۹, ۰/۶۴)⊕(۰/۴۳, ۰/۵۲, ۰/۶۳)⊕(۰/۷۳, ۰/۸۸, ۱/۰۴)⊕(۰/۴۲, ۰/۴۸, ۰/۵۶)⊕(۰/۷, ۰/۸۴, ۱/۰۱)⊕(۱, ۱, ۱)⊕(۱/۰۳, ۱/۲۴, ۱/۵) = (۴/۷, ۵/۴۵, ۶/۴) (۹)

بسط فازی سطر ۷ (۰/۴۵, ۰/۵۴, ۰/۶۷)⊕(۰/۷۱, ۰/۹۲, ۱/۲۱)⊕(۰/۷, ۰/۸۷, ۱/۰۵)⊕(۰/۵۲, ۰/۶۴, ۰/۸۲)⊕(۰/۳۶, ۰/۴۲, ۰/۵۱)⊕(۰/۶۷, ۰/۸۱, ۰/۹۷)⊕(۱, ۱, ۱) = (۴/۳۹, ۵/۱۹, ۶/۲۴) (۱۰)

بنابراین بسط فازی ترجیحات هریک از معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{j=1}^{7} x_{1j} = (11/39, 13/84, 16/38) \quad (۱۱)$$

$$\sum_{j=1}^{7} x_{2j} = (11/2, 13/08, 15/27) \quad (۱۲)$$

$$\sum_{j=1}^{7} x_{3j} = (4/45, 5/21, 6/31) \quad (۱۳)$$

$$\sum_{j=1}^{7} x_{4j} = (7/11, 8/64, 10/34) \quad (۱۴)$$

$$\sum_{j=1}^{7} x_{5j} = (6/44, 7/78, 9/29) \quad (۱۵)$$

$$\sum_{j=1}^{7} x_{6j} = (4/7, 5/45, 6/4) \quad (۱۶)$$

$$\sum_{j=1}^{7} x_{7j} = (4/39, 5/19, 6/24) \quad (۱۷)$$

سپس جمع فازی مجموع عناصر ستون ترجیحات محاسبه می‌شود. (رابطه ۱۸)

$$\sum \tilde{S}_i = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \quad (۱۸)$$

مجموع عناصر ستون ترجیحات معیارهای اصلی به صورت رابطهٔ (۱۹) خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{7} x_{ij} = (۶۸, ۵۹/۲, ۷۰/۲۲) \quad (۱۹)$$

برای نرمال سازی ترجیحات هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند بنابراین جمع فازی هر سطر در **معکوس مجموع** ضرب می‌شود. بنابراین معکوس مجموع باید محاسبه شود. (رابطه ۲۰)

$$if\ \tilde{F} = (l\ m\ u) \qquad then \qquad \tilde{F}^{-1} = \left(\frac{1}{u}\ \frac{1}{m}\ \frac{1}{l}\right) \quad (۲۰)$$

بنابراین براساس رابطه (۲۱) خواهیم داشت:

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\right)^{-1} = (۰/۰۱۴, ۰/۰۱۷, ۰/۰۲) \quad (۲۱)$$

بنابراین نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر بدست آمده به صورت زیر خواهد بود:

$$\widetilde{W}_{C1} = (۰/۱۶۲, ۰/۲۳۴, ۰/۳۳) \quad (۲۲)$$

$$\widetilde{W}_{C2} = (۰/۱۵۹, ۰/۲۲۱, ۰/۳۰۷) \quad (۲۳)$$

$$\widetilde{W}_{C3} = (۰/۰۶۳, ۰/۰۸۸, ۰/۱۲۷) \quad (۲۴)$$

$$\widetilde{W}_{C4} = (۰/۱۰۱, ۰/۱۴۶, ۰/۲۰۸) \quad (۲۵)$$

$$\widetilde{W}_{C5} = (۰/۰۹۲, ۰/۱۳۱, ۰/۱۸۷) \quad (۲۶)$$

$$\widetilde{W}_{C6} = (۰/۰۶۷, ۰/۰۹۲, ۰/۱۲۹) \quad (۲۷)$$

$$\widetilde{W}_{C7} = (۰/۰۶۳, ۰/۰۸۸, ۰/۱۲۶) \quad (۲۸)$$

هریک از مقادیر بدست آمده وزن فازی و نرمال شده مربوط به معیارهای اصلی هستند. فازی‌زدایی مقادیر یک فرآیند تحلیلی است که در آن مقادیر دقیق به شکل مفهومی و فازی تبدیل می‌شوند. این فرآیند برای مدیریت عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً در تحلیل‌های فازی، از توابع فازی و مجموعه‌های فازی برای نمایش مقادیر وابسته به مفهوم‌های نسبی و عدم قطعیت استفاده می‌شود.

در ادامه، مراحل اصلی فازی‌زدایی مقادیر عبارتند از[۱۷] :

۱. تعریف مسئله: ابتدا باید مسئله مورد نظر را مشخص کنید و مقادیری که قرار است فازی‌زدا شوند را تعریف کنید.

۲. تعیین توابع فازی: توابع فازی به شکل مناسب برای نمایش مقادیر فازی انتخاب می‌شوند. این توابع معمولاً به صورت مثلثی، زنبوری، گوسی و غیره هستند و بسته به خصوصیات مسئله انتخاب می‌شوند.

۳. تعیین مقادیر فازی: مقادیر اصلی را به مقادیر فازی تبدیل می‌کنید. برای هر مقدار اصلی، یک توزیع فازی با استفاده از تابع فازی مربوط به آن تعریف می‌کنید. به عبارت دیگر، هر مقدار دقیق به یک مجموعه مقادیر فازی (مانند "کم"، "متوسط"، "زیاد") تبدیل می‌شود.

۴. استفاده از توابع فازی: مقادیر فازی به جای مقادیر دقیق در تحلیل مورد استفاده قرار می‌گیرند. این استفاده ممکن است شامل انجام عملیات ریاضی، تصمیم‌گیری‌های منطقی، تعیین اولویت‌ها و غیره باشد.

فازی‌زدایی مقادیر مدیریت پروژه، تصمیم‌گیری چندمعیاره و بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد مفید است زمانی که داده‌ها دقیق نیستند و عدم قطعیت در تصمیم‌گیری مهم است(رابطه ۸).

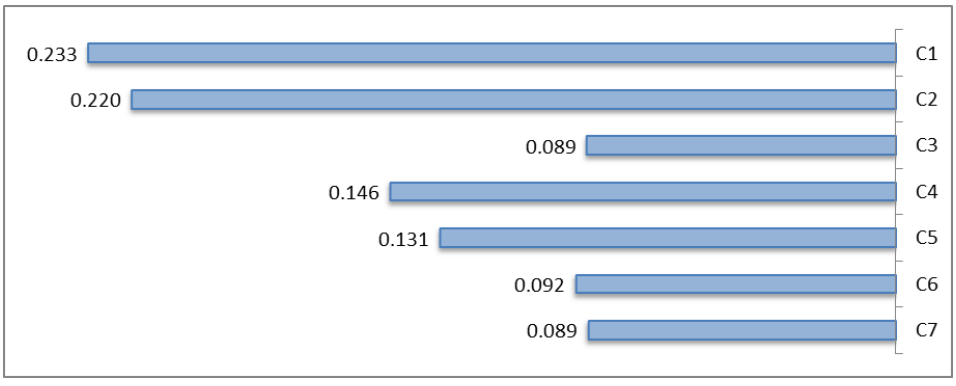
$$x^1_{\max} = \frac{l+m+u}{3} \; ; \; x^2_{\max} = \frac{l+2m+u}{4} \; ; \; x^3_{\max} = \frac{l+4m+u}{6} \qquad (۸)$$

$$\text{Crisp number} = Z^* = \max \{ x^1_{\max}, x^2_{\max}, x^3_{\max} \}$$

قابل ذکر است اوزان محاسبه شده غیرفازی است ولی باید نرمال شود. محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت معیارهای اصلی به صورت زیر است:

جدول ۱۰ : فازی زدائی اوزان نرمال محاسبه شده معیارهای اصلی پژوهش

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها	۰/۲۴۲	۰/۲۴۰	۰/۲۳۸	۰/۲۴۲	۰/۲۳۳
مدیریت تغییرات	۰/۲۲۹	۰/۲۲۷	۰/۲۲۵	۰/۲۲۹	/۲۲۰
کیفیت و تضمین کیفیت	۰/۰۹۳	۰/۰۹۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۳	۰/۰۸۹
مدیریت منابع و زمان	۰/۱۵۲	۰/۱۵۰	۰/۱۴۹	۰/۱۵۲	۰/۱۴۶
مدیریت اطلاعات پایدار	۰/۱۳۷	۰/۱۳۵	۰/۱۳۴	۰/۱۳۷	۰/۱۳۱
مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه	۰/۰۹۶	۰/۰۹۵	۰/۰۹۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹۲
پایداری و بهره‌وری انرژی	۰/۰۹۲	۰/۰۹۱	۰/۰۹۰	۰/۰۹۲	۰/۰۸۸



شکل۷ : نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی پژوهش

۴-۱- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها» در جدول (۱۱) ارئه شده است.

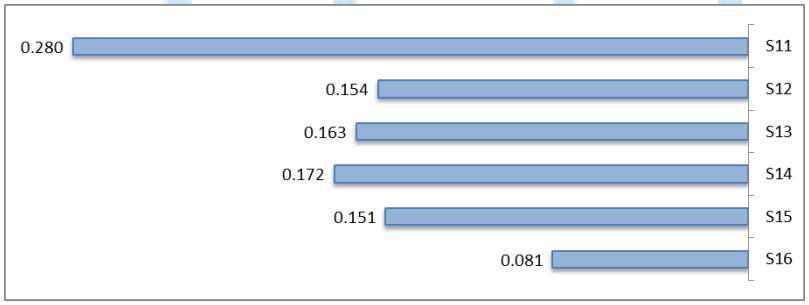
جدول۱۱ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها

	S11	S12	S13	S14	S15	S16
S11	(۱, ۱, ۱)	(۱/۷۲, ۲/۵۱, ۳/۱۶)	(۱/۶۵, ۲/۳۲, ۲/۷۹)	(۱/۲۴, ۱/۷۶, ۲/۱۱)	(۱/۱۸, ۲/۰۳, ۲/۴۹)	(۱/۸۲, ۲/۶۵, ۳/۳۷)
S12	(۰/۳۲, ۰/۴, ۰/۵۸)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۶۷, ۱/۲۹, ۱/۷۹)	(۰/۶۶, ۰/۹۹, ۱/۲۶)	(۰/۶۱, ۱/۱۶, ۱/۵۳)	(۱/۳۱, ۱/۸۵, ۲/۲۷)
S13	(۰/۳۶, ۰/۴۳, ۰/۶۱)	(۰/۵۶, ۰/۷۸, ۱/۴۸)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۷۸, ۱/۳۳, ۱/۵۹)	(۰/۶۵, ۱/۰۶, ۱/۴)	(۱/۵۷, ۲/۲۸, ۲/۸۱)
S14	(۰/۴۷, ۰/۵۷, ۰/۸۱)	(۰/۸, ۱/۰۱, ۱/۵۳)	(۰/۶۳, ۰/۷۵, ۱/۲۸)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۹۸, ۱/۵۲, ۱/۹)	(۱/۵۶, ۲/۳۵, ۲/۸۸)
S15	(۰/۴, ۰/۴۹, ۰/۸۵)	(۰/۶۵, ۰/۸۶, ۱/۶۳)	(۰/۷۱, ۰/۹۵, ۱/۵۳)	(۰/۵۳, ۰/۶۶, ۱/۰۲)	(۱, ۱,۱)	(۱/۵, ۲/۰۱, ۲/۴۶)
S16	(۰/۳, ۰/۳۸, ۰/۵۵)	(۰/۴۴, ۰/۵۴, ۰/۷۷)	(۰/۳۶, ۰/۴۴, ۰/۶۳)	(۰/۳۵, ۰/۴۳, ۰/۶۴)	(۰/۴۱, ۰/۵, ۰/۶۷)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۱۲ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S11	۰/۳۱۰	۰/۳۰۵	۰/۳۰۰	۰/۳۱۰	۰/۲۸۰
S12	۰/۱۷۰	۰/۱۶۸	۰/۱۶۵	۰/۱۷۰	۰/۱۵۴
S13	۰/۱۸۰	۰/۱۷۸	۰/۱۷۵	۰/۱۸۰	۰/۱۶۳
S14	۰/۱۹۰	۰/۱۸۵	۰/۱۸۰	۰/۱۹۰	۰/۱۷۲
S15	۰/۱۶۷	۰/۱۶۰	۰/۱۵۳	۰/۱۶۷	۰/۱۵۱
S16	۰/۰۹۰	۰/۰۸۸	۰/۰۸۵	۰/۰۹۰	۰/۰۸۱



شکل۸ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار اصلی مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها

۴-۲- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار مدیریت تغییرات

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «مدیریت تغییرات» در جدول (۱۳) ارئه شده است.

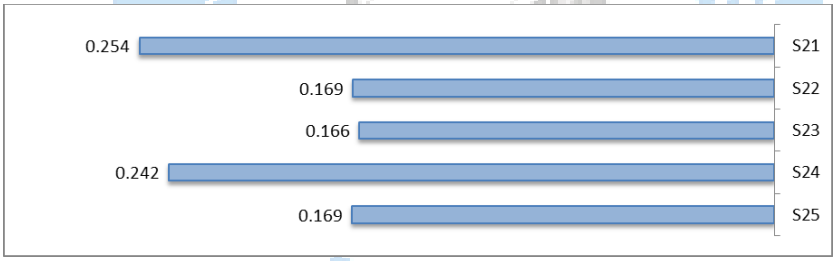
جدول۱۳ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار مدیریت تغییرات

	S۲۱	S۲۲	S۲۳	S۲۴	S۲۵
S۲۱	(۱, ۱, ۱)	(۱/۵۴, ۱/۹۳, ۲/۳)	(۱/۱, ۱/۴۳, ۱/۷۷)	(۱/۰۲,۱/۳۲, ۱/۶۴)	(۰/۹۲, ۱/۲۱, ۱/۵۳)
S۲۲	(۰/۴۳, ۰/۵۲, ۰/۶۵)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۰۴, ۱/۴۳, ۱/۸۲)	(۰/۵۸, ۰/۷۶, ۱/۰۴)	(۰/۵۶, ۰/۷۷, ۱/۱)
S۲۳	(۰/۵۶, ۰/۷, ۰/۹۱)	(۰/۵۵, ۰/۷, ۰/۹۶)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۶۱, ۰/۷۸, ۰/۹۹)	(۰/۸۷, ۱/۲۲, ۱/۶۵)
S۲۴	(۰/۶۱, ۰/۷۶, ۰/۹۸)	(۰/۹۶, ۱/۳۱, ۱/۷۳)	(۱/۰۱, ۱/۲۸, ۱/۶۴)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۷۴, ۲/۱۶, ۲/۵۵)
S۲۵	(۰/۶۵, ۰/۸۲, ۱/۰۹)	(۰/۹۱, ۱/۳, ۱/۸)	(۰/۶۱, ۰/۸۲, ۱/۱۵)	(۰/۵۷, ۰/۴۶, ۰/۵۷)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۱٤ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار مدیریت تغییرات

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S۲۱	۰/۲۶۷	۰/۲۶۴	۰/۲۶۱	۰/۲۶۷	۰/۲۵۴
S۲۲	۰/۱۷۷	۰/۱۷۴	۰/۱۷۲	۰/۱۷۷	۰/۱۶۹
S23	۰/۱۷۵	۰/۱۷۲	۰/۱۶۹	۰/۱۷۵	۰/۱۶۶
S24	۰/۲۵۵	۰/۲۵۱	۰/۲۴۸	۰/۲۵۵	۰/۲۴۲
S25	۰/۱۷۸	۰/۱۷۴	۰/۱۷۰	۰/۱۷۸	۰/۱۶۹



شکل۹ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار اصلی مدیریت تغییرات

۴-۳- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار کیفیت و تضمین کیفیت

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «کیفیت و تضمین کیفیت» در جدول (۱۵) ارئه شده است.

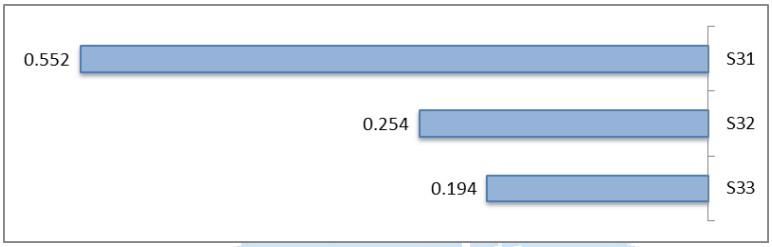
جدول۱۵ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار کیفیت و تضمین کیفیت

	S۳۱	S۳۲	S۳۳
S۳۱	(۱, ۱, ۱)	(۱/۹۶, ۲/۷۵, ۳/۳۷)	(۱/۷۲, ۲/۵۳, ۲/۹۹)
S۳۲	(۰/۳, ۰/۳۶, ۰/۵۱)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۰۲, ۱/۴۱, ۱/۸۲)
S۳۳	(۰/۳۴, ۰/۴, ۰/۵۸)	(۰/۵۵, ۰/۷۱, ۰/۹۸)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۱۶ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار کیفیت و تضمین کیفیت

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S۳۱	۰/۵۸۷	۰/۵۸۳	۰/۵۷۸	۰/۵۸۷	۰/۵۵۲
S۳۲	۰/۲۷۰	۰/۲۶۵	۰/۲۶۰	۰/۲۷۰	۰/۲۵۴
S۳۳	۰/۲۰۷	۰/۲۰۳	۰/۱۹۸	۰/۲۰۷	۰/۱۹۴



شکل۱۰ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار اصلی کیفیت و تضمین کیفیت

۴-۴- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار مدیریت منابع و زمان

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «مدیریت منابع و زمان» در جدول (۱۷) ارئه شده است.

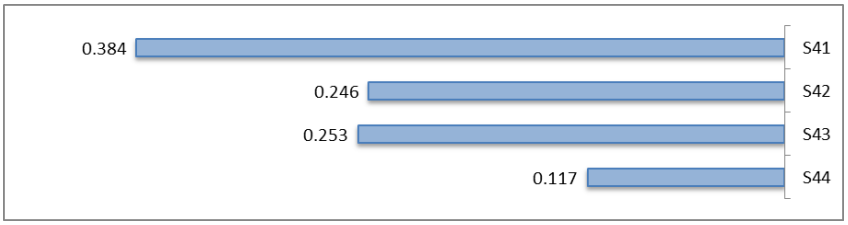
جدول۱۷ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار مدیریت منابع و زمان

	S۴۱	S۴۲	S۴۳	S۴۴
S۴۱	(۱, ۱, ۱)	(۱/۱۱, ۱/۴۲, ۱/۷۸)	(۱/۹۱, ۲/۴۹, ۳/۰۷)	(۲/۰۸, ۲/۵۸, ۳/۲۱)
S۴۲	(۰/۵۶, ۰/۷, ۰/۹)	(۱, ۱, ۱)	(۰/۵۸, ۰/۸, ۱/۱۵)	(۱/۷۶, ۲/۲۷, ۲/۸)
S۴۳	(۰/۳۳, ۰/۴, ۰/۵۲)	(۰/۸۷, ۱/۲۴, ۱/۷۴)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۷, ۲/۲۲, ۲/۸۳)
S۴۴	(۰/۳۱, ۰/۳۹, ۰/۴۸)	(۰/۳۶, ۰/۴۴, ۰/۵۷)	(۰/۳۵, ۰/۴۵, ۰/۵۹)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۱۸ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار مدیریت منابع و زمان

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S۴۱	۰/۴۰۵	۰/۴۰۰	۰/۳۹۵	۰/۴۰۵	۰/۳۸۴
S۴۲	۰/۲۵۹	۰/۲۵۶	۰/۲۵۳	۰/۲۵۹	۰/۲۴۶
S۴۳	۰/۲۶۶	۰/۲۶۲	۰/۲۵۹	۰/۲۶۶	۰/۲۵۳
S۴۴	۰/۱۲۳	۰/۱۲۲	۰/۱۲۰	۰/۱۲۳	۰/۱۱۷



شکل۱۱ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار مدیریت منابع و زمان

۴-۵- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار مدیریت اطلاعات پایدار

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «مدیریت اطلاعات پایدار» در جدول (۱۹) ارئه شده است.

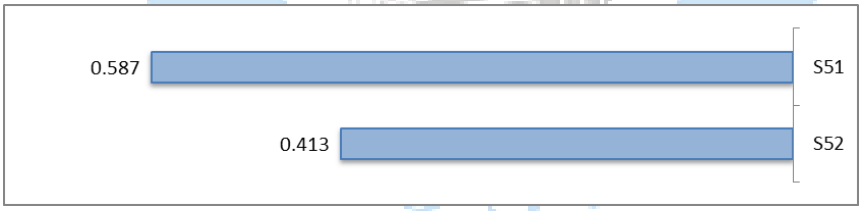
جدول۱۹ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار مدیریت اطلاعات پایدار

	S۵۱	S۵۲
S۵۱	(۱, ۱, ۱)	(۱/۱۴, ۱/۴۶, ۱/۷۵)
S۵۲	(۰/۵۷, ۰/۶۸, ۰/۸۸)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۲۰ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار مدیریت اطلاعات پایدار

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S۵۱	۰/۵۹۷	۰/۵۹۵	۰/۵۹۳	۰/۵۹۷	۰/۵۸۷
S۵۲	۰/۴۲۰	۰/۴۱۸	۰/۴۱۵	۰/۴۲۰	۰/۴۱۳



شکل۱۲ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار اصلی مدیریت اطلاعات پایدار

۴-۶- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه» در جدول (۲۰) ارئه شده است.

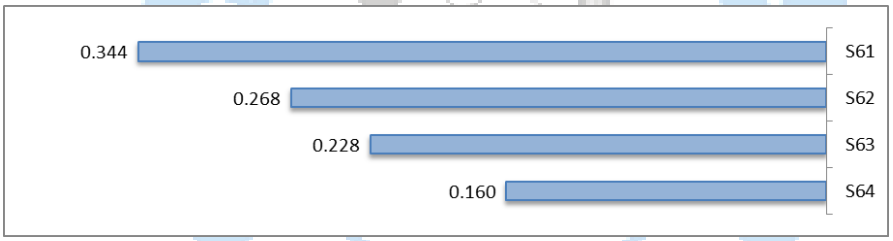
جدول۲۰ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه

	S۶۱	S۶۲	S۶۳	S۶۴
S۶۱	(۱, ۱, ۱)	(۱/۶۹, ۲/۰۳, ۲/۳۶)	(۰/۰۱, ۱/۳۵, ۱/۷۲)	(۱/۳۸, ۱/۷۱, ۲/۱۳)
S۶۲	(۰/۴۲, ۰/۴۹, ۰/۵۹)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۱, ۱/۳۶, ۱/۶۶)	(۱/۴, ۱/۹, ۲/۳۶)
S۶۳	(۰/۵۸, ۰/۷۴, ۰/۹۹)	(۰/۶, ۰/۷۴, ۰/۹۱)	(۱, ۱, ۱)	(۱/۰۸, ۱/۴۵, ۲/۰۴)
S۶۴	(۰/۴۷, ۰/۵۸, ۰/۷۳)	(۰/۴۲, ۰/۵۳, ۰/۷۲)	(۰/۴۹, ۰/۶۹, ۰/۹۳)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۲۱ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S۶۱	۰/۳۶۰	۰/۳۵۷	۰/۳۵۳	۰/۳۶۰	۰/۳۴۴
S۶۲	۰/۲۸۰	۰/۲۷۸	۰/۲۷۵	۰/۲۸۰	۰/۲۶۸
S۶۳	۰/۲۳۹	۰/۲۳۵	۰/۲۳۱	۰/۲۳۹	۰/۲۲۸
S۶۴	۰/۱۶۸	۰/۱۶۶	۰/۱۶۴	۰/۱۶۸	۰/۱۶۰



شکل۱۲ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار اصلی مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه

۴-۷- تعیین اولویت زیرمعیارهای معیار پایداری و بهره‌وری انرژی

ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار «پایداری و بهره‌وری انرژی» در جدول (۲۲) ارئه شده است.

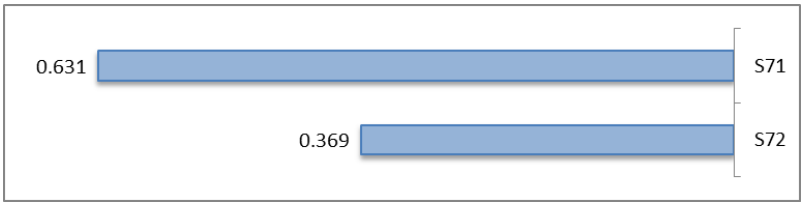
جدول۲۲ : ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها براساس معیار پایداری و بهره‌وری انرژی

	S۷۱	S۷۲
S۷۱	(۱, ۱, ۱)	(۱/۳۳, ۱/۷۱, ۲/۱۲)
S۷۲	(۰/۴۷, ۰/۵۸, ۰/۷۵)	(۱, ۱, ۱)

نتایج فازی زدائی اوزان محاسبه شده به صورت زیر است:

جدول۲۳ : فازی‌زدایی اوزان زیرمعیارها براساس معیار پایداری و بهره‌وری انرژی

Crisp	X1max	X2max	X3max	Deffuzy	Normal
S۷۱	۰/۶۴۳	۰/۶۴۰	۰/۶۳۷	۰/۶۴۳	۰/۶۳۱
S۷۲	۰/۳۷۷	۰/۳۷۵	۰/۳۷۳	۰/۳۷۷	۰/۳۶۹



شکل۸ : نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای معیار اصلی پایداری و بهره‌وری انرژی

۴-۷- تعیین اولویت نهایی زیرمعیارها

برای تعیین اولویت نهائی معیارهای اصلی با استفاده از تکنیک FAHP باید اوزان مربوط به معیارهای اصلی و وزن زیرمعیارها براساس هر معیار در دست باشد. نتایج مقایسه زیرمعیارهای تحقیق و اوزان مربوط به آنها جدول زیر را تشکیل می‌دهد. برای تعیین اولویت نهائی شاخص‌های با تکنیک FAHP کافیست وزن زیرمعیارها براساس هر معیار در وزن معیارهای اصلی آن ضرب شود. نتایج محاسبه انجام شده و اوزان مربوط به شاخص‌های در جدول (۲۴) آمده است:

جدول۲٤ : اولویت نهایی زیرمعیارها

معیارها	وزن معیارها	SubCriteria	W	Total W	Rank
مدیریت مسائل فنی و تداخل‌ها	۰/۲۳۳	S۱۱	۰/۲۸۰	۰/۰۶۵	۲
		S۱۲	۰/۱۵۴	۰/۰۳۶	۱۶
		S۱۳	۰/۱۶۳	۰/۰۳۸	۱۰
		S۱۴	۰/۱۷۲	۰/۰۴۰	۹
		S۱۵	۰/۱۵۱	۰/۰۳۵	۱۷
		S۱۶	۰/۰۸۱	۰/۰۱۹	۲۳
مدیریت تغییرات	۰/۲۲۰	S۲۱	۰/۲۵۴	۰/۰۵۶	۵
		S۲۲	۰/۱۶۹	۰/۰۳۷	۱۲
		S۲۳	۰/۱۶۶	۰/۰۳۷	۱۳
		S۲۴	۰/۲۴۲	۰/۰۵۳	۷
		S۲۵	۰/۱۶۹	۰/۰۳۷	۱۱
کیفیت و	۰/۰۸۹	S۳۱	۰/۵۵۲	۰/۰۴۹	۸

معیارها	وزن معیارها	SubCriteria	W	Total W	Rank
تضمین کیفیت		S۳۲	۰/۲۵۴	۰/۰۲۳	۲۱
		S۳۳	۰/۱۹۴	۰/۰۱۷	۲۵
مدیریت منابع و زمان	۰/۱۴۶	S۴۱	۰/۳۸۵	۰/۰۵۶	۳
		S۴۲	۰/۲۴۶	۰/۰۳۶	۱۵
		S۴۳	۰/۲۴۹	۰/۰۳۶	۱۴
		S۴۴	۰/۱۲۰	۰/۰۱۷	۲۴
مدیریت اطلاعات پایدار	۰/۱۳۱	S۵۱	۰/۵۸۷	۰/۰۷۷	۱
		S۵۲	۰/۴۱۳	۰/۰۵۴	۶
مدیریت و نظارت بر پیشرفت پروژه	۰/۰۹۲	S۶۱	۰/۳۴۵	۰/۰۳۲	۱۹
		S۶۲	۰/۲۶۸	۰/۰۲۵	۲۰
		S۶۳	۰/۲۲۷	۰/۰۲۱	۲۲
		S۶۴	۰/۱۶۰	۰/۰۱۵	۲۶
پایداری و بهره‌وری انرژی	۰/۰۸۹	S۷۱	۰/۶۳۱	۰/۰۵۶	۴
		S۷۲	۰/۳۶۹	۰/۰۳۳	۱۸

۴-۸- تعیین اولویت گزینه‌ها با تکنیک تاپسیس

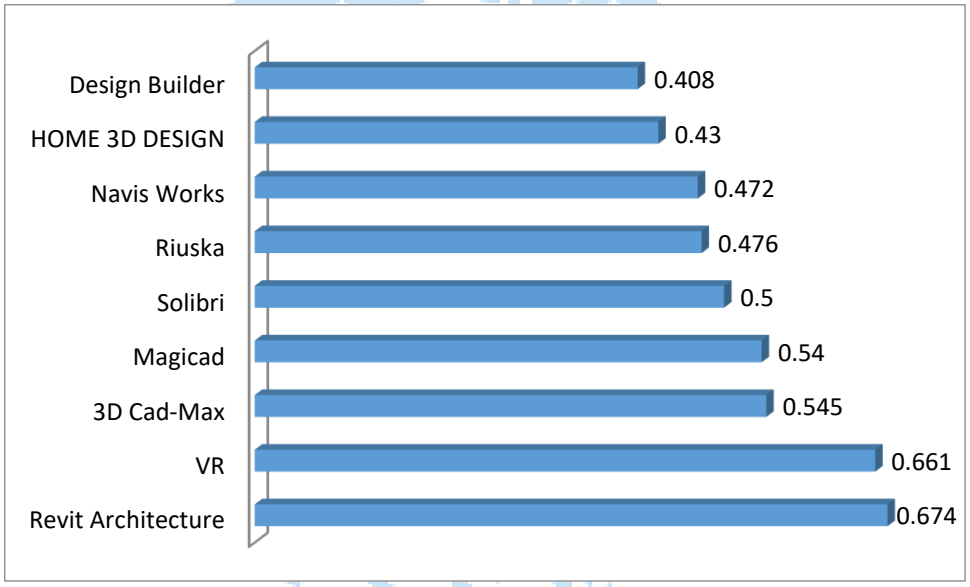
برای تعیین اولویت گزینه‌ها از تکنیک تاپسیس استفاده شده است. تکنیک TOPSIS[3] بوسیله هوانگ و یون[4] به سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. این روش یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. بهترین گزینه آن است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد. گزینه‌ها عبارتند از:

- (A۱) D Cad-Max۳
- (A۲) VR
- (A۳) Design Builder
- (A۴) HOME 3D DESIGN
- (A۵) Revit Architecture
- (A۶) Solibri
- (A۷) Riuska
- (A۸) Telka Structures
- (A۹) Magicad

[3] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
[4] Hwang and Yoon

جدول۲۵ : فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

نماد	گزینه	D+	D-	Cl	رتبه
A۵	Revit Architecture	۱۳۰/۰	۲۶۹/۰	۶۷۴/۰	۱
A۱	VR	۱۳۵/۰	۲۶۳/۰	۶۶۱/۰	۲
A۸	3D Cad-Max	۱۸۲/۰	۲۱۸/۰	۰.۵۴۵	۳
A۹	Magicad	۱۸۳/۰	۲۱۵/۰	۰.۵۴۰	۴
A۶	Solibri	۱۹۹/۰	۱۹۹/۰	۰.۵۰۰	۵
A۷	Riuska	۲۰۹/۰	۱۹۰/۰	۴۷۶/۰	۶
A۲	VR	۲۱۰/۰	۱۸۸/۰	۴۷۲/۰	۷
A۴	HOME 3D DESIGN	۲۲۸/۰	۱۷۲/۰	۴۳۰/۰	۸
A۳	Design Builder	۲۳۶/۰	۱۶۳/۰	۴۰۸/۰	۹



شکل ۹ : اولویت نهائی گزینه‌ها

مدل‌های BIM اطلاعات دقیقی از ساختار و تجهیزات ساختمان ارائه می‌دهند. این اطلاعات می‌توانند به توسعه‌دهندگان کمک کنند تا ساختمان‌هایی را طراحی و اجرا کنند که با نیازهای و تقاضای مشتریان بهتر هماهنگ شده‌اند.

BIM اجازه می‌دهد تا بهبودی در مدیریت پروژه‌های انبوه سازی ایجاد شود. از ابتدای طراحی تا پایان اجرا، اطلاعات دقیق و به‌روز در دسترس است که مدیران پروژه را در برنامه‌ریزی، تخصیص منابع، و کنترل پیشرفت کمک می‌کند.

در پروژه‌های انبوه سازی، تعداد زیادی از تخصص‌ها و تیم‌های مختلف درگیر هستند. BIM اطلاعات را برای تمام اعضای تیم در دسترس می‌گذارد و همکاری بین اعضا را تسهیل می‌کند.

با توجه به افزایش تقاضا و اهمیت کنترل هزینه‌ها و زمان در پروژه‌های انبوه سازی، BIM امکاناتی را برای پیش‌بینی هزینه‌ها و زمان ارائه می‌دهد. این اطلاعات به تصمیم‌گیری‌های بهتر در مورد منابع و زمان‌بندی کمک می‌کنند.

با تجزیه و تحلیل دقیق تراکنش‌های مواد، تجهیزات و منابع، مدلسازی BIM به توسعه‌دهندگان کمک می‌کند تا منابع خود را بهبود دهند و بهره‌وری بالاتری داشته باشند.

اطلاعات دقیق در مراحل طراحی و اجرا می‌توانند به ارتقاء کیفیت ساختمان و کاهش نواقص کمک کنند.

در مطالعه موردی پروژه مسکن مهر در رشت، می‌توانید به تأثیرات و مزایای مدلسازی اطلاعات ساختمان در مواردی مانند کیفیت ساختمان‌ها، بهره‌وری منابع، کاهش هزینه‌ها، بهبود تطابق با نیازهای مشتریان و بهره‌وری زمانی بپردازید. همچنین، مشکلات و محدودیت‌های احتمالی در پیاده‌سازی این مدلسازی نیز بررسی شود.

استفاده از واقعیت مجازی (VR) در BIM بنا به نظر خبرگان یک رویکرد پیشرفته است که به توسعه‌دهندگان، مهندسان، معماران، مدیران پروژه و دیگر اعضای تیم اجازه می‌دهد تا به مدل ساختمانی خود به صورت واقعیت مجازی دسترسی داشته باشند. این تجربه به افراد این امکان را می‌دهد تا به صورت تعاملی و تفاوت‌جویی در محیط مجازی به مدل BIM دسترسی داشته باشند و جزئیات طراحی، ساخت، و بهره‌برداری ساختمان را بررسی کنند. در زیر مزایا و کاربردهای تجربه واقعیت مجازی در BIM آورده شده است:

- با استفاده از تجربه واقعیت مجازی، اعضای تیم می‌توانند مدل BIM را به صورت سه بعدی و تعاملی مشاهده کرده و بهتر درک کنند. این کمک می‌کند تا اشکال و مشکلات در مدل را بهبود دهند.

- با استفاده از VR، می‌توان به جزئیات طراحی، متریال‌ها، و تجهیزات ساختمان به صورت دقیق تر پرداخت و اشکال‌زنی کرد.

- مشتریان می‌توانند به مدل ساختمانی خود به صورت واقعیت مجازی دسترسی داشته باشند و طراحی نهایی را بهتر درک کنند. این می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های سریعتر و اعتماد به نفس بیشتر منجر شود.

- از تجربه واقعیت مجازی به عنوان یک ابزار آموزشی استفاده می‌شود تا کارکنان بهره‌برداری از ساختمان با مدل BIM آشنا شوند و به تمرین‌های عملی پرداخته شود.

- مدیران پروژه می‌توانند به تصمیم‌گیری‌های بهتری در مورد برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه دست یابند، زیرا می‌توانند از مدل BIM در محیط VR استفاده کنند.

- با امکان بررسی و ارتقاء در محیط VR، اشکال و خطاها در طراحی و ساختمان پیش از آغاز ساخت کاهش می‌یابد و نیاز به تغییرات بعدی کاهش می‌یابد.

- تجربه واقعیت مجازی می‌تواند با داده‌های از IoT و داده‌های واقعی ترکیب شود تا اطلاعات در زمان واقعی از عملکرد ساختمان به مدل BIM اضافه شود.

تجربه واقعیت مجازی در BIM نیاز به استفاده از تجهیزات واقعیت مجازی مانند هدست‌ها و دستگاه‌های کنترلی دارد. همچنین، نیاز به ترتیبات نرم‌افزاری مناسب و توانایی ایجاد اتصال بین مدل BIM و تجهیزات VR نیز وجود دارد. این فناوری بهبود فرآیندهای ساختمانی، کاهش هزینه‌ها و زمان پروژه، و ارتقاء کیفیت طراحی و ساختمان ارائه می‌دهد.

پتانسیل پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه های انبوه سازی، به ویژه در مورد مسکن مهر رشت، می‌تواند به عنوان یک راهبرد راهگشا برای بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌ها در این پروژه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه، تعدادی از پیشنهادات راهبردی برای بررسی پتانسیل پیاده سازی BIM در پروژه‌های انبوه سازی مسکن مهر رشت ارائه داد:

۱. ارتقاء همکاری و ارتباطات: ایجاد ارتباطات موثر و همکاری بین تمامی ارکان پروژه از جمله مهندسان معماری، مهندسان عمران، پیمانکاران و متخصصان BIM بسیار حیاتی است. این ارتباطات بهبود تعاملات، کیفیت کار و مدیریت منابع را تضمین می‌کند.

۲. تعیین استانداردها و راهنماها: تعیین استانداردها و راهنماهای مشخص برای پیاده سازی BIM در پروژه‌های مسکن مهر رشت ضروری است. این استانداردها باید به توجه به نیازهای مخصوص این نوع پروژه‌ها تعیین شوند.

۳. آموزش و توسعه مهارت‌ها: برای موفقیت در پیاده سازی BIM، مهارت‌های مرتبط با این فناوری باید در تیم‌های پروژه توسعه داده شوند. آموزش مهندسان و کارکنان به کار گرفته شده در زمینه BIM بسیار مهم است.

۴. مدیریت داده: تجمیع، مدیریت و به اشتراک گذاری داده‌ها و اطلاعات BIM بین تمامی ارکان پروژه از اهمیت بالایی برخوردار است. سیستم مدیریت اطلاعات (IMS) می‌تواند در این زمینه مؤثر باشد.

۵. مدیریت تغییر: تغییرات معماری و فنی در طول پروژه معمولی هستند. BIM می‌تواند به مدیریت تغییرات بهبود بخشیده و از ایجاد مشکلات و تأخیرها جلوگیری کند.

۶. استفاده از تحلیل داده: BIM توانایی تحلیل داده‌های ساختمانی را دارد. این تحلیل‌ها می‌توانند به بهبود عملکرد پروژه، بهینه‌سازی مصرف انرژی و مدیریت هزینه‌ها کمک کنند.

۷. تطابق با مقررات: BIM می‌تواند به تطابق با مقررات ساختمانی و ایمنی کمک کند. این موضوع بسیار حائز اهمیت است، به خصوص در پروژه‌های مسکن مهر که معمولاً از ابعاد بزرگی برخوردارند.

۸. ارزیابی عملکرد پس از ساخت: استفاده از BIM برای ارزیابی عملکرد ساختمان پس از اتمام پروژه می‌تواند به بهبود طراحی و اجرا در پروژه‌های آینده کمک کند.

۹. مدیریت تاریخچه اطلاعات: ایجاد یک پایگاه داده BIM به عنوان تاریخچه اطلاعات ساختمان می‌تواند به بهبود مدیریت و نگهداری ساختمان‌های مسکن مهر کمک کند.

۱۰. تبلیغات و آگاهی‌سازی: توجیه و آگاهی‌سازی درباره مزایای BIM برای مسئولان، تصمیم‌گیران و متخصصان می‌تواند به پذیرش این تکنولوژی در پروژه‌های انبوه سازی کمک کند.

۵- نتیجه گیری

۱. مدیریت اطلاعات پایدار در پروژه‌های انبوه سازی با توجه به افزایش تقاضا، به بهبود فرآیند تصمیم‌گیری، مدیریت اطلاعات، کاهش هزینه‌ها و بهبود هماهنگی و همکاری بین اعضای تیم کمک می‌کند و نقش مهمی در موفقیت این پروژه‌ها ایفا می‌کند.

۲. اطلاعات دقیق و به‌روز در مورد وضعیت و تاریخچه نگهداری و تعمیرات ساختمان، به مشتریان اطمینان می‌دهد که واحد مسکونی آن‌ها به بهترین شکل ممکن نگهداری شده و ایمن است. این اطلاعات می‌توانند بر ایمنی و راحتی ساکنان تأثیر گذار باشند و تقاضا را افزایش دهند.

۳. دسترسی به اطلاعات مرتبط با ساختمان، افراد را قادر می‌سازد تا بهترین تصمیمات در مورد نگهداری و ارتقاء ساختمان خود بگیرند. این امکان باعث بهبود کیفیت زندگی در این واحدها می‌شود و افراد را به جذب واحدهای مسکونی در پروژه‌های انبوه سازی ترغیب می‌کند. داشتن اطلاعات و شفافیت در مورد وضعیت ساختمان و اقدامات نگهداری، اطمینان بهتری به مشتریان ارائه می‌دهد. این اطمینان مشتریان را به خرید در پروژه‌های انبوه سازی مسکن مهر شهر رشت ترغیب می‌کند. داشتن دسترسی به اطلاعات مرتبط با ساختمان، مدیران پروژه قادر می‌شوند خدمات مدیریتی برتر و نگهداری موثرتری را فراهم کنند. این خدمات به ساکنان اطمینان و رضایت بیشتری ارائه می‌دهند و تقاضا برای واحدهای مسکونی را افزایش می‌دهند.

٤. اطلاعات مرتبط با نگهداری و تعمیرات ساختمان می‌تواند به عنوان یک عنصر تبلیغاتی موثر در بازار مسکن عمل کند. این اطلاعات به ترویج و تبلیغات موثرتر پروژه‌های انبوه سازی مسکن مهر شهر رشت کمک کرده و تقاضا را افزایش می‌دهند.

٥. دسترسی به اطلاعات جامع و دقیق درباره ساختمان، شامل نقشه‌های ساختمان، لیست تجهیزات و تاسیسات، جزئیات ساختاری، و تاریخچه نگهداری و تعمیرات گذشته، به مدیران این امکان را می‌دهد تا برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات را به صورت بهینه و بر اساس نیازهای واقعی انجام دهند.

٦. در صورت وقوع حوادث یا شرایط اضطراری، دسترسی سریع و آسان به اطلاعات مرتبط با ساختمان می‌تواند به تصمیم‌گیری سریع‌تر و مدیریت بهتر در شرایط اضطراری کمک کند. با داشتن اطلاعات جامع در مورد تجهیزات و سیستم‌های موجود در ساختمان، مدیران می‌توانند تصمیم بهبود سیستم‌های قدیمی، افزایش بهره‌وری و استفاده از فناوری‌های نوین را اتخاذ کنند. در نتیجه، دسترسی به اطلاعات مرتبط با ساختمان برای نگهداری و تعمیرات در پروژه‌های انبوه سازی، به کمک بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، افزایش پایداری ساختمان، و ایجاد محیطی امن و بهینه می‌شود.

٧. BIM امکان طراحی دقیق‌تر و واقع‌گرایانه‌تر را فراهم می‌کند. این اطلاعات دقیق در مراحل ابتدایی طراحی و اجرا، به مشتریان اطمینان می‌دهند که واحدهای مسکونی طبق تصویر و طرح‌ها به آنها تحویل داده خواهد شد. این امر باعث افزایش اعتماد و تقاضا برای واحدهای مسکن می‌شود.

٨. BIM اطلاعات دقیق درباره مواد، تجهیزات، و نیروهای مورد نیاز در طول فرآیند ساخت فراهم می‌کند. این اطلاعات می‌توانند به مدیران پروژه کمک کنند تا منابع را بهینه‌تر تخصیص دهند، از موازنه در تأمین و تخصیص منابع بهره‌مند شوند و در نتیجه هزینه‌ها را به حداقل برسانند. همین امر باعث کاهش خطاها و اشکالات در طراحی و اجرا می‌شود؛ در نتیجه باعث کاهش نیاز به تغییرات و اصلاحات پس از شروع ساخت و در سایر بخش‌ها علی الخصوص بهره برداری، نگهداری و تعمیرات می‌شود که در نتیجه به کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت کمک می‌کند.

٩. با اجرای این پیشنهادات راهبردی و پتانسیل پیاده سازی BIM در پروژه‌های مسکن مهر رشت می‌توان به بهبود عملکرد، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت پروژه‌ها دست یافت. این موضوع می‌تواند به توسعه صنعت ساخت و ساز در این منطقه کمک کند.

١٠. همچنین با اجرای این پیشنهادات راهبردی و پتانسیل پیاده سازی BIM در پروژه‌های مسکن مهر رشت می‌توان به بهبود عملکرد، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت پروژه‌ها دست یافت.

١١. همانطور که در بخش معیارهای اصلی از منابع گذشته استفاده شد نتایج با پژوهش‌های داخلی و خارجی مطابقت دارد و وجه تمایز پژوهش حاضر در یکارگیری واقعیت مجازی در استفاده از BIM برای افزایش تقاضای پروژه اانبوه سازی مسکن مهر شهر رشت می‌باشد و می‌تواند در استقبال و افزایش تقاضا برای خرید پروژه تأثیر مثبتی به جای گذارد.

١٢. بنابر نتایج کلی پژوهش با استفاده از BIM در ساختمان‌های به بهره برداری رسیده مسکن مهر شهر رشت علاوه بر اولویت بندی عوامل موثر بر بکارگیری BIM در این پروژه ها با استفاده از روابط ریاضی، میتوان با بررسی وضعیت موجود مسکن مهر رشت نیز به این نتیجه رسید که با توجه به امکانات ضعیف پروژه های مذکور، زمینه برای بازسازی و تجهیز واحدهای پروژه برای سرمایه داران فراهم شده است و نیاز به استفاده از BIM در این برهه از پروژه احساس می‌شود. اگرچه قبل از شروع پروژه ضرورت استفاده از BIM طبق سند ۲۰ ساله می‌بایست فراهم می‌گردید، اما در این فاز از پروژه نیز می‌توان برای افزایش تقاضا و همچنین بهره‌وری از امکانات ساخت و همچنین نگهداشت ساختمانها از BIM استفاده نمود.

مراجع

[1]. Nemati Varki, Pegah, (2014), Examining the challenges and solutions of BIM implementation in the construction industry of Mehr Sazi housing projects in Iran (case study: Housing Investment Company), Tarbiat Modares University, Faculty of Arts and Architecture. 2014 Master's Thesis [in Persian].

[2]. Yasari.A., Mirhosseini.S.M., Ehsani Far.M., (2023), A framework for accepting building information modeling based on critical success factors in Iranian government organizations, Journal of Construction Engineering, doi:10/22065/jsce/ 2023/355242/2898[in Persian].
[3]. Garhami, Arzoo and Haji Esmaili, Parisa, (2022), Application of Building Information Modeling System (BIM) in different life periods of existing buildings and those under design and construction in the post-corona era, International Conference on Recent Advances in Engineering, Innovation and technology[in Persian].
[4]. Ahmadi, Hamed and Munirabbasi, Armin, (2021), the use of building information modeling (BIM) in preparing the cash flow of construction projects and comparing its results with the traditional method, the seventh annual international congress on civil engineering, architecture and urban development, Tehran[in Persian].
[5]. Shirzadi Javed, Ali Akbar, Faleh Giri, Sahar, (2023), life cycle assessment by combining building information modeling and regional climatic variables, Journal of Structural and Construction Engineering, Volume 10, Number 3, Pages 105-87[in Persian].
[6]. Moghri Fariz, Mohammad, (2021), review of data exchange methods for the integration of BIM and GIS for the purpose of application in the construction industry using the review of studies: challenges and solutions, the fourth national conference of new technologies in engineering Architecture, civil engineering and urban planning of Iran, Tehran[in Persian].
[7]. Saedi, Maziar; Najafian, Sara, Youssef Zamani, Mehrdad, (2019), "Investigation of infrastructure problems of Mehr housing projects in Sanandaj city (Case study: Mehr Baharan housing project)", 4th Technology Development Forum and International Conference on New Findings of Iran's Architecture and Construction Industry (Ircivil2019) [in Persian].
[8]. Perori.A., Quds Niabfrajard.S.H., (2023), Identification of factors affecting the integration of scanning technique for building information modeling in construction projects, Journal of Structural and Construction Engineering, published online on 12 April[in Persian].
[9]. Tang.L, Chen.Ch, Lu.H, Yee Mak.D.Y, (2023), Developing a BIM GIS–Integrated Method for Urban Underground Piping Management in China: A Case Study, ASCE library, Volume 148, Issue 9, ttps://doi.org/10/1061/(ASCE)CO/1943-7862.0002323.
[10]. Lee.Gh, Borrmann.A, (2020), BIM policy and management, Construction Management and Economics, vol/38, Issue(5), https://doi.org/10/1080/01446193/2020/1726979.
[11]. Jaaron.A.A.M, Hijazi.I.H, Yousef Musleh.Kh.I, (2022), A conceptual model for adoption of BIM in construction projects: ADKAR as an integrative model of change management, Technology Analysis & Strategic Management, Vol(34), Issue(5), https://doi.org/10/1080/09537325/2021/1915975.
[12]. Porwal.A, Parsamehr.M.S, Szostopal.D, Ruparathna.R, Hewage.K, (2023), The integration of building information modeling (BIM) and system dynamic modeling to minimize construction waste generation from change orders, International Journal of Construction Management, Vol(23), Issue(1), https://doi.org/10/1080/15623599/2020/1854930.
[13]. Chan.S, Mahamadu.A.M, Prabhakaran.A, Dziekonski.K, Joseph.R, (2022), An approach for semi-automated data quality assurance within BIM models, Engineering Management in Production and Services, Vol(14), Issue(4), pages:114-125.
[14]. Fazeli.A, Banihashemi.S, Hajirasouli.A, Mohandes.S.R, (2022), Automated 4D BIM development: the resource specification and optimization approach, Engineering, Construction and Architectural Management, https://doi.org/10/1108/ECAM-07-2022-0665.
[15]. Saleem Reza.M, Tayeh.B.A, Aisheh.A, Maglad.A.M, (2023), Potential features of building information modeling (BIM) for application of project management knowledge areas in the construction industry, Heliyon, vol(9), https://doi.org/10/1016/j.heliyon/2023.e19697.
[16]. Pan.X, Khan.A.M, Eldin.S.M, Aslam.F, Jameel.M, (2023), BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review, Ain Shams Engineering Journal, Vol(15), Issue(1), https://doi.org/10/1016/j.asej/2023/102252.
[17]. Li, R. J. (1999). Fuzzy method in group decision making. Computers & Mathematics with Applications, 38(1), 91-101. doi.org/10/1016/S0898-1221(99)00172-8.
[18]. Chan, D. W., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. Journal of Building Engineering, 25, 100764.

[19]. https://www.bim.cic.hk/en/events/page/HKCCDEA2023
[20]. https://www.dmag.com/projects/poplar-riverside-phase-1/
[21]. https://khabarfarsi.com/u/186848489