Journal of Structural and Construction Engineering, 10(8), 2023, pp. 44-61

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Identify the dimensions and components affecting the sustainable development of the construction industry based on building information modeling using foundation data theory: a case study of District 3 of Tehran.

Mehrab Hemmati Farahani[1], Seyed Mohammad Mirhossein[2]*, Mehdi Ravanshadnia[3] , Hamidreza Abbasian Jahromi[4]

1- PhD candidate, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
3- Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
4- Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Research in building information modeling and sustainability studies has been increasing recently. However, few studies have been conducted to examine the integration of building information modeling technologies to strengthen the implementation of sustainability methods in the construction industry. Building information modeling technology is one of these methods because it creates vital databases for the building and its components instead of generating and displaying rich information IDs. As a result, executive management's time and costs are significantly reduced because of the ability to make optimal decisions regarding the implementation of projects at each stage. It has provided the construction. Building information modeling technology as a powerful manager tool improves project success criteria. This study aims to identify the dimensions and components affecting the sustainable development of the construction industry based on building information modeling. The method used in this research is Grounded Theory based on the study's exploratory nature. The primary basis of data collection is in-depth interviews with experts, professors, and construction project specialists of Tehran Municipality, District 3. A total of 15 interviews were conducted. After collecting the information, the codes related to the written interviews were analyzed. After performing three steps of open coding, axial coding, and selective coding, the final research model was presented. The codes obtained from the interviews were categorized into 55 concepts and 14 main categories. According to the results of this study, building information modeling and optimal building design are influenced by a range of environmental and causal factors. An integral part of the sustainable development of the construction industry is the integration of contractual models and sustainability development. The use of natural resources, the product, and the training of organizational and macro management and technology are included.

ARTICLE INFO

Receive Date: 22 May 2022
Revise Date: 01 January 2023
Accept Date: 22 January 2023

Keywords:
Building information, modeling, Sustainable development, Grounded theory, Construction industry, District 3 of Tehran

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.339265.2796

*Corresponding author: Seyed Mohammad Mirhossein
Email address: m-mirhoseini@iau-arak.ac.ir

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

شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار صنعت ساخت بر مبنای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از تئوری داده بنیاد: مطالعه موردی منطقه ۳ شهر تهران

محراب همتی فراهانی[۱]، سید محمدمیرحسینی[۲*]، مهدی روانشادنیا[۳]، حمیدرضا عباسیان جهرمی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۳- دانشیار، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۴- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده

در سال های اخیر، تحقیقات در زمینه مدل سازی اطلاعات ساختمان و مطالعات پایداری افزایش یافته است. با این حال، چند مطالعه با رویکرد بررسی ادغام فناوری های مدل سازی اطلاعات ساختمان در جهت تقویت اجرای روش های پایداری در صنعت ساختمان سازی انجام شده است. تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان یکی از روش هایی است که به دلیل امکان ایجاد پایگاه داده های قوی برای ساختمان و اجزای آن نسبت به ایجاد و ارائه شناسنامه های اطلاعاتی غنی، امکان اتخاذ تصمیمات بهینه جهت اجرای پروژه ها در هر مرحله، موجبات کاهش چشمگیر زمان و هزینه ی مدیریت اجرایی در ساخت و ساز را فراهم آورده است. فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان ابزاری قدرتمند در دست مدیران، معیارهای موفقیت پروژه را بهبود می بخشد. هدف پژوهش حاضر، شناسایی ابعاد و مؤلفه های مؤثر بر توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان که روش استفاده شده در این پژوهش با توجه به ماهیت اکتشافی تحقیق، نظریه داده بنیاد می باشد. مبنای اصلی جمع آوری اطلاعات، انجام مصاحبه های عمیق با خبرگان، اساتید و متخصصین پروژه های ساختمانی شهرداری منطقه ۳ شهر تهران می باشد که در مجموع ۱۵ مصاحبه انجام شده از جمع آوری اطلاعات آن، کدهای مربوط به مصاحبه های مکتوب تجزیه و تحلیل شده اند. یافته های پژوهش پس از انجام مراحل سه گانه کدگذاری باز، محوری و انتخابی منجر به ارائه مدل نهایی پژوهش شد که کدهای احصا شده از مصاحبه ها در قالب ۵۵ مفهوم و ۱۴ مقوله اصلی دسته بندی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که مقوله های عوامل زیست محیطی و علی تأثیرگذار بر مدل سازی اطلاعات ساختمان و مقوله های طراحی بهینه ساختمان، یکپارچه سازی مدل های قراردادی و توسعه پایدار، صرفه جویی منابع طبیعی، توسعه و آموزش در مقوله های ساختاری، عوامل مدیریتی و فناوری اطلاعات در مقوله های مداخله گر و پیامدهای زیرساختی، سازمانی و کلان بر توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی نیز تاثیر بسزایی دارند و پیامدهای این ابعاد موجبات توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی خواهد بود.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، توسعه پایدار، تئوری داده بنیاد، صنعت ساختمان سازی، منطقه ۳ تهران.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.339265.2796
۱۴۰۱/۰۶/۰۱	۱۴۰۱/۱۰/۱۱	۱۴۰۱/۱۱/۰۲	۱۴۰۱/۱۱/۰۲	۱۴۰۲/۰۸/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2023.339265.2796

*نویسنده مسئول: سید محمدمیرحسینی

پست الکترونیکی: m-mirhoseini@iau-arak.ac.ir

۱- مقدمه

ساخت و ساز پایدار رویکرد جدیدی می باشد که با توجه به اثرات آن بر مدیریت پروژه های ساختمانی اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ساخت و ساز پایدار تنها ایجاد ساختمانی که تأثیرات سو کمی بر محیط زیست داشته و با آن سازگار باشد، نیست؛ بلکه رویکرد جدیدی در بخش ساختمان سازی می باشد که روش زندگی مردم را نیز ارتقا می بخشد [۱]. فناوری های نوبتی چون مدل سازی اطلاعات ساختمان، از جمله فناوری های اخیر توسعه ساختمان به شمار می‌روند که تأثیر بسزایی بر افزایش عملکرد بهینه و کارآمد ساختن نظام ساخت و ساز داشته اند. توأم سازی استفاده از فناوری های نوین در مراحل چرخه حیات ساختمان با مفاهیم توسعه پایدار، ارتقای شاخص پایداری در فرایند ساخت و ساز را فراهم خواهد آورد [۲].

تقاضا برای ساخت و ساز پایدار در قرن بیست و یکم در درجه اول برای حل مشکلات محیط زیستی غیر مسئولانه‌ای که موجبات ساختمان های غیر قابل زندگی، غیر قابل نگهداری و ترمیم، ناایمن و غیر پایدار ایجاد می کنند، رو به افزایش است [۳]. نوآوری در علم و تکنولوژی نقش مهمی در پشتیبانی از پیشروی به سوی توسعه پایدار به خصوص تولیدات پاک و فرآیند عملکردی را دارد [۴]. مدل سازی اطلاعات ساختمان، نمایش می‌دهد که ساختمان چگونه طراحی و ساخته می‌شود و همچنین می‌تواند هماهنگی‌های چند جانبه را تسهیل بخشد و طرح های سه بعدی، تجزیه و تحلیل ها و تخمین هزینه ها و زمان بندی را ادغام و یکپارچه سازی نماید [۵].

مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند به کاهش اثرات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ساخت و ساز مانند دست یابی به استفاده پایدار انرژی، بهینه‌سازی، زمان بندی دقیق و کاهش هزینه ها و افزایش ایمنی در ساخت کمک نماید [۶].

مدل سازی اطلاعات ساختمان ابزار قدرتمندی است که به کاربر اجازه می‌دهد تا شبیه سازی بصری از پروژه داشته باشد و بتواند قبل از ساخت نمونه، مجازی آن را مشاهده کند. هر چند که این فرآیند نیازمند آموزش است [۷]. در روش کار مدل سازی اطلاعات ساختمان پتانسیل قابل توجهی وجود دارد که می تواند کیفیت و کارایی را در کل فرآیند ساخت و ساز و بهره برداری را افزایش دهد. به جای کار با برنامه های اجرایی موازی و زمان صرف شده برای رفع آن، هر فرد می‌تواند به پایگاه‌های داده دسترسی داشته و تغییرات را در زمان واقعی انجام دهد [۸]. تغییر رویکرد به روش مدل سازی اطلاعات ساختمان در بسیاری از سطوح ارزشمند است. این امر منجر به شفافیت بیشتر، ارتباط، امنیت مالی و برنامه‌ریزی بهتر برای پروژه‌های ساختمانی شود. مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یکی از فناوری های هوشمند در دسترس برای صنعت ساخت و ساز با تصویر سازی می‌تواند به تسهیل عملکرد میان ذی نفعان پروژه کمک کند [۹].

توسعه پایدار، رویکردی است که نیازهای امروز را بدون به خطر افتادن توانایی نسل های آینده برای تأمین نیازهایشان، برآورده می‌سازد. در توسعه پایدار اهداف باید در سه جنبه در نظر گرفته شود:

۱.توسعه پایدار باید رشد اجتماعی را که در آن نیازهای همه افراد برآورده شده را فراهم آورد.

۲.حفاظت مؤثری از محیط‌زیست به عمل‌آورده و در مصرف منابع طبیعی با دقت بیشتری عمل کند.

۳.این توسعه باید رشد پایدار و رونق اقتصادی را به همراه داشته باشد.

پس حجم زیادی از انرژی مورد استفاده در ساختمان ها، موضوع بهبود کارایی انرژی را در این صنعت به مسئله‌های مهم تبدیل کرده است؛ بنابراین طراحی بهینه ساختمان نقشی کلیدی در این زمینه ایفا می‌کند. از سوی دیگر، به‌کارگیری فناوری اطلاعات و تکنولوژی های وابسته در زمینه معماری و ساختمان سازی و همین طور کارایی و بهره وری مدیریت ساخت درحال توسعه است. لذا استفاده از فناوری هوشمند مدل سازی اطلاعات ساختمان گزینه مناسبی برای تقویت رویکرد پایداری در پروژه های ساخت و کمک به طراحی ساختمان سازگار با محیط زیست با عملکرد بالا می باشد که منجر به صرفه جویی انرژی و بهبود چرخه حیات ساختمان می‌شود [۱۰].

ازآنجا که BIM[1] مدل دقیق طرح و منابع ماده‌ی مورد نیاز برای هر بخش از کار را نشان می‌دهد یک مبنا برای بهبود برنامه‌ریزی و زمان بندی پیمانکاران جزء فراهم کرده و به اطمینان از در دسترس بودن به موقع نیروی انسانی و تجهیزات کمک که در نتیجه از هزینه ها می کاهد و امکان همکاری بهتر در سایت را ایجاد می‌کند. این مدل می تواند با کامپیوتر های همراه به صورت بی سیم نیز جهت بهبود پیگیری مصالح، فرآیند نصب و موقعیت یابی خودکار برای هر زمینه استفاده شود [۱۱].

۲-ادبیات نظری

با توجه به حجم سرمایه ی مالی و زمان نسبتاً طولانی اجرای پروژه های ساخت و ساز در کشور، شناسایی عوامل حیاتی موفقیت پروژه ها از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به این مسئله پس از شکل گیری استانداردهای متنوع بین المللی همانند (PMBOK)[2] در خصوص مدیریت یکپارچه پروژه های عمرانی، نیاز به وجود یک ابزار مدیریتی جهت پیاده سازی و مدیریت بهتر تخصیص درست منابع، برای رسیدن به اهداف مشخص پروژه ها در زمان تعیین شده، همواره مورد توجه قرار گرفته است. با ظهور تئوری مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان ابزاری قدرتمند، برای بهره وری به مدیران پروژه ها کمک می نماید که بیش ترین سودمندی استفاده از این ابزار، مربوط به کنترل و کاهش هزینه ها در طول عمر پروژه و صرفه جویی در زمان می باشد. همچنین مدل سازی اطلاعات ساختمان این امکان را فراهم می سازد تا مدیر پروژه فرآیند کار را مجدداً مهندسی و ساماندهی کند تا یکپارچگی بهتری بین ذینفعان در پروژه های ساختمانی ایجاد نماید [۱۲].

مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یکی از امیدوار کننده ترین تحولات در زمینه های مهندسی و مدیریت پروژه، ساخت و ساز و معماری در حال پیشرفت است. BIM در واقع شبیه سازی چند بعدی یک پروژه در محیط مجازی و دیجیتالی است. در مدل کامپیوتری هندسه، جنس، طرح و ابعاد و جزئیات اجرایی دقیقی است که داده‌های تکمیلی دیگری را نیز در بر می‌گیرد؛ این اطلاعات شامل قیمت، مشخصات دقیق و جزئی مصالح، راهنمای نصب و مونتاژ، خدمات پس از فروش مصالح و محصولات، تعمیر و نگهداری و بهره برداری و بسیاری از اطلاعات مفید دیگر می باشد. این اطلاعات می تواند برای تأمین منابع، زمان‌بندی، برنامه‌ریزی و پیشبرد هرچه بهتر پروژه مورد استفاده قرار گرفته و برآوردها را بطور چشم گیری تسهیل بخشد [۱۳].

کاربردی کردن BIM از سال ۲۰۰۲ میلادی در آمریکا شروع شده و تا سال ۲۰۰۷ میلادی رشد ۲۵ درصدی و تا سال ۲۰۱۵ میلادی نیز رشد ۸۰ درصدی را به همراه داشته است. اتحادیه اروپا نیز به سازندگان و توسعه دهندگان کارهای ساختمانی توصیه کرده است که سیستم BIM را از سال ۲۰۱۷ میلادی پیاده نمایند که نشان گر اهمیت موضوع و توانایی این سیستم در اجرای پروژه های بزرگ و پیچیده ساختمانی است [۱۴]. بنابراین در این زمینه و به لحاظ مهم بودن موضوع ساخت و ساز و ساخت با کیفیت، همه جانبه سعی شده است که با پیاده سازی توسعه پایدار در BIM از این سیستم به عنوان یک ابزار کاربردی در صنعت ساختمان استفاده شود [۱۵].

در واقع می توان گفت مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند از فازهای اولیه پروژه مانند تعریف و امکان سنجی پروژه وارد شده و در تمام چرخه های پروژه تا پایان بهره برداری با عوامل پروژه از قبیل سرمایه گذاران، سازندگان و بهره برداران همراه باشد و به عنوان یکی از ابزار های پشتیبان به ذینفعان پروژه یاری رساند [۱۶]. به طوری که با ایجاد تغییر در یک عضو کوچک از یک مجموعه تمامی اعضای دیگر خود را با آن مطابقت می دهند و بدین ترتیب این تکنولوژی برای تصمیم گیری ها در جهت بهبود روند ساخت و بهره برداری مورداستفاده قرار می گیرد [۱۷].

در تحقیقی که رات و همکاران [۱۸] انجام داده‌اند؛ بر لزوم وجود چارچوبی جامع که بتواند سه شاخص پایداری را در طول اجرای پروژه ارزیابی نماید اشاره شده است. بهره گیری از تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان در طول مراحل ساخت و اجرای پروژه، می تواند دستیابی به ساختمان های منطبق با فاکتورهای پایداری و در نتیجه شهرهای پایدار را تسریع بخشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان

[1] Building Information Modeling
[2] Project Management Body Of Knowledge

ذینفعان مختلف پروژه این اجازه را می دهد که داده های دیجیتال ساختمان را در طول کل چرخه حیاتش مدیریت کنند. مطالعات اخیر نشان داده است که مدل سازی اطلاعات ساختمان از شبیه سازی تقاضای انرژی و ارزیابی تأثیرات زیست محیطی بر روی چرخه عمر ساختمان، که یک روش مؤثر برای در نظر گرفتن سناریوها برای کاهش انتشار گازهای مربوط به پردازش مواد و روش های ساخت و ساز است، پشتیبانی کند [۱۹].

در صنعت مهندسی، معماری و ساخت و ساز، سوءتعبیری به وجود آمده است که مدل سازی اطلاعات ساختمان تنها یک یا چند نرم افزار است، هر چند بخش نرم افزاری قسمت مهمی از آن را تشکیل می‌دهد اما مدل سازی اطلاعات ساختمان یک ابزار کاربردی به حساب می آید [۲۰]. مدل سازی اطلاعات ساختمان، یک تحول نو در طراحی و مستند سازی و اجرا در صنعت ساخت است که اطلاعاتی درباره کلیت ساختمان به ما می دهد و اسنادی کامل، منسجم و طبقه بندی شده را در یک پایگاه داده در اختیار می گذارد. همه این اطلاعات پارامتری هستند و ضمن در ارتباط بودن با یکدیگر، هرگونه تغییر شئ داخل مدل از همه جوانب بر کل پروژه تأثیر می گذارد. شایان ذکر است مدل سازی اطلاعات ساختمان در بردارنده اطلاعات واقعی ساختمان بوده و صرفاً نقشه‌های دو بعدی ساختمان که به صورت رایج در نقشه‌های کشیده شده با نرم افزارهای اتوکد نمی‌باشد [۲۱].

ساخت و ساز در حال پیمودن سیر تکاملی و پیشرفتی بزرگ است. مدل سازی اطلاعات ساختمان برای افزایش بهره وری، تغییری در فرآیندهای کنونی ساخت و ساز ایجاد می‌کند که سود حاصل از آن میان همه اعضای درگیر در پروژه تقسیم می‌شود. در واقع داده‌های BIM را می‌توان مرحله به مرحله چرخه ی پروژه مورد استفاده و بهره وری را در پروژه ارتقا داد [۲۲]. از اهداف BIM می‌توان به اشتراک گذاری زیادتر داده ها میان معماران و مهندسان، سازندگان، مجریان و بهره برداران نام برد [۲۳].

برای رسیدن به یک مدل یکپارچه و استفاده از قابلیت های آن، مستلزم آن است که تمام اجزا و مشخصات مدل شامل: نقشه‌های مشخصات مدل اصلی ساختمان، استانداردها، آئین نامه‌ها، مشخصات سازنده محصول، جزئیات هزینه و تدارکات، شرایط زیست محیطی و همه فرآیندهای پیشنهاد شده با یکدیگر در ارتباط باشند که تمامی فرآیند منابع اطلاعات مختلفی باشد که مستند سازی را تغذیه کند که پس از آن به بخش مهمی از مدل تبدیل می‌شوند [۲۴]. به‌هرحال BIM نیز مانند تمام مقوله‌های علمی دارای ابعاد گسترده‌ای است و طرفداران و موافقان این روش پیش بینی کرده‌اند که اگر BIM به درستی مدیریت شود، می تواند سبب کاهش از دست دادن اطلاعاتی شود که از گروه طراحی به گروه ساخت و پس از آن به مالک انتقال داده می شود. این نتیجه در صورتی حاصل می شود که به هر یک از گروه‌ها اجازه داده شود، تمام اطلاعاتی که در طول دوره فعالیت شان تهیه می کنند را در مدل اطلاعاتی ساختمان وارد کنند که این اطلاعات از پیش وارد شده به همراه اطلاعاتی که در حین ساخت وارد می‌شود می تواند به ساختمان ارزش های زیادی را عطا نموده و پروژه را به یک پروژه ناب حاصل از یک تفکر و ساخت و ساز شاخص تبدیل نماید [۲۵].

اگر چه در سال های اخیر مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان فناوری نو ظهور در صنعت ساختمان سازی ، مورد توجه افراد زیادی قرار گرفته؛ اما بهره وری پایین این صنعت، شرایط تحقق بسیاری از منافع حاصل از پیاده سازی این فناوری را با موانع بسیاری مواجه کرده است. هر چقدر افراد در ذهن و باور خود، استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان را آسان تر تصور کنند، بیشتر می پندارند که استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان برای شان سودمند است و میزان گرایش بیشتری به سمت پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان را درک می کنند. شاید بتوان با تمرکز بر تقویت مولفه های فردی و رفتاری در راستای پذیرش بیشتر مدل سازی اطلاعات ساختمان ، وضعیت پذیرش کند مدل سازی اطلاعات ساختمان را در صنعت ساختمان سازی بهبود بخشید [۲۶].

با این نگرش خواهیم دید که مدل سازی اطلاعات ساختمان برای کسب محبوبیت بین مالکان، معماران، مهندسان و پیمانکاران، به عنوان فرآیندی خلاقانه برای توسعه پایدار صنعت ساخت و ساز راه کوتاهی را پیش رو خواهد داشت. با توجه به نیازها و سطح توقع مصرف کنندگان و عوامل و ذینفعان در ساخت و ساز و از طرف دیگر نظر به اینکه صنعت ساخت و ساز به نقطه‌ای رسیده است که فواید واقعی پیشرفت فناوری را تحقق بخشد می توان با وارد کردن این فناوری ها به صنعت ساخت و ساز زمینه ساز توسعه پایدار برای ساخت و ساز شود [۲۷].

صنعت ساختمان سازی یکی از مهم ترین بخش های صنعت در جهان با ویژگی های منطقه‌ای مشـــخص است که باعث ایجاد ۱۰ درصد تولید ناخالص ملی و موجب اشـــتغال ۷ درصد در سراســـر دنیا گردیده اســـت. بتن ســـاختمانی از نظر حجم کالاهای تولیدی به وسیله انسان بیشترین حجم را در دنیا به خود اختصاص داده است؛ به طور مثال ارزش ساخت و ساز در آلمان سالانه نیمی از حدود ۲۳۰ میلیارد یورو اســـت و بیش از یک میلیون نفر در بخش ساخت و ساز شاغل هستند. حال حاضر در این کشور تقریباً حجم ساخت و ساز در جهت حفظ و بازسازی ساختمان ها به کار می‌رود [۲۸].

صنعت ساختمان سازی برای مدتی طولانی تحت تأثیر رقابت در هزینه ها بوده که با توجه به شرایط رقابتی و نیز متغیرهایی نظیـــر تغییرات جمعیتی، شـــرایط آب و هوایی و رقابت در عرصه بین‌المللی صنعت ساختمان سازی در دراز مدت نیاز به نوآوری های متعدد و انطباق دائم با نیازهای مشتری را دارد. یکی از چالش های اصلی در صنعت ساخت و ساز، بازسازی ساختمان های تجاری و مسکونی موجود از نظر کارایی انرژی است؛ به عنوان مثال تقریباً ۸۰ درصد ساختمان های موجود بیشتر از دو برابر ساختمان های جدید گرما مصرف می‌کنند. بنابراین نیاز به مدیریت انرژی و سیستم‌های عایق حرارتی و همچنین منابع انرژی بهینه و تجدید پذیر (مانند فتوولتائیک) در سطح بالایی قرار دارد [۲۹].

در پژوهش حاضر به مطالعه منطقه ۳ شهر تهران پرداخته شده است. منطقهٔ ۳ از مناطق مهم و درعین حال شلوغ محسوب می شود که به سبب امتیازاتی که داراست از گزینه‌های مطرح جهت خرید خانه در تهران بوده است. موارد مختلفی مثل پارک های متعدد و محله های سبز، منطقهٔ سه را به یکی از سبزترین مناطق پایتخت تبدیل کرده که درعین حال شامل مکان های تفریحی متعددی می باشد. امروزه با توسعهٔ شهری، تمام نقاط شهر تهران مثل منطقهٔ سه دچار تغییراتی شده‌اند؛ ولی می توان گفت که اثرات بافت سبز و قدیمی این منطقه هنوز هم چشم نواز است و باعث شده که محله های این منطقه برای سکونت و خرید خانه بسیار دل پذیر باشند و از جهت میزان و سرعت ساختمان سازی در این منطقه سبب شده که در این پژوهش این منطقه در شهر تهران مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد.

۳- پیشینه تجربی

مروری بر ادبیات تحقیق نشان می‌دهد که توسعه پایدار و مدل سازی اطلاعات ساختمان، مفهومی مهم است و تحقیقات متعددی در این حوزه انجام شده است. از جمله تحقیقات هارونا و همکاران [۲۹]، پژوهشی با موضوع برنامه مدل سازی اطلاعات ساختمان برای توسعه ساختمان پایدار (رویکرد تصمیم گیری چند معیاره) انجام دادند. هدف از این مقاله بهبود درک پزشکان از روند پذیرش مدل سازی اطلاعات ساختمان و تصمیم گیری چند معیاره به سمت ساخت و ساز پایدار از طریق بهره وری انرژی است. با داده‌های نظرسنجی متخصص، یک مدل تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از یک فرایند شبکه تحلیلی (ANP)[۳] ساخته شد تا با کاهش انتشار انرژی و کربن تجسم یافته و عملیاتی، عوامل اصلی مؤثر بر ساختمان پایدار را شناسایی کند. نتایج نشان می دهد که بهینه سازی طراحی، کاهش نیاز به مواد از فاکتورهای مهم برای ساخت و ساز پایدار است که در برنامه مدل سازی اطلاعات ساختمان در نظر گرفته شده است. اولاوومی و چن، پژوهشی با موضوع عوامل حیاتی موفقیت برای اجرای مدل سازی اطلاعات ساختمان و شیوه های پایداری در پروژه های ساختمانی انجام دادند. هدف این مطالعه تحقیق بررسی و ارزیابی عوامل حیاتی موفقیت (CSF)[۴] است که می توانند ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و شیوه های پایداری را در پروژه های ساختمانی تقویت کنند. محرک های کلیدی مشخص شده در این مطالعه مربوط به مردم مداری، و داده ها و فناوری مداخلات محور در محیط ساخته شده است. ژانگ و همکاران [۳۰]، پژوهشی با موضوع بررسی محدودیت های برنامه های مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) برای پروژه های ساختمان پایدار انجام دادند. این مطالعه برای بررسی محدودیت های کلیدی از روش تحلیل عاملی، تحلیل عاملی اکتشافی (EFA)[۵] و مدل سازی معادلات ساختاری (SEM)[۶] استفاده کرده و برای بررسی

۳ Analytical Network Process

۴ Critical Success Factors

۵ Exploratory factor analysis

۶ Structural Equation Model

کاربرد های فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه های ساختمانی پایدار، با پرسش نامه انجام داده است. نتایج نشان داد که چهار عامل اصلی محدود کننده شامل مشارکت عمومی، کاربرد فناوری، هزینه اقتصادی و مدیریت برنامه وجود دارند.

جدول ۱: پیشینه تحقیق

ردیف	محقق	عنوان	نتایج
۱	هارونا و همکاران (۲۰۲۰)	برنامه مدل سازی اطلاعات ساختمان برای توسعه ساختمان پایدار (رویکرد تصمیم گیری چند معیاره)	نتایج نشان می‌دهد که بهینه سازی طراحی، کاهش نیاز به مواد از فاکتورهای مهم برای ساخت و ساز پایدار است که در برنامه مدل سازی اطلاعات ساختمان در نظر گرفته شده است
۲	اولاوومی و چن(۲۰۱۹)	عوامل حیاتی موفقیت برای اجرای مدل سازی اطلاعات ساختمان و شیوه های پایداری در پروژه های ساختمانی	ارزیابی عوامل حیاتی موفقیت (CSF) می‌توانند ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و شیوه های پایداری را در پروژه های ساختمانی تقویت کنند. محرک های کلیدی مشخص شده در این مطالعه مربوط به مردم مداری، و داده ها و فناوری مداخلات محور در محیط ساخته شده است
۳	ژانگ و همکاران(۲۰۱۹)	بررسی محدودیت های برنامه های مدل سازی برای پروژه های (BIM) اطلاعات ساختمان ساختمان پایدار	نتایج نشان داد که چهار عامل اصلی محدودکننده شامل مشارکت عمومی، کاربرد فناوری، هزینه اقتصادی و مدیریت برنامه وجود دارند

۴-چارچوب نظری پژوهش

امروزه پیمانکاران ساخت و ساز، جزو مصرف کنندگان BIM به شمار می آیند. در حقیقت تکنولوژی BIM ، بهترین ابزار را برای بهبود بهره وری و کاهش خطر ارائه می‌کند. دو سوم افرادی که در صنعت ساخت هستند، یادگیرندگان بصری می باشند. انصاری و موقر [۳۱] در پژوهشی نشان دادند فناوری های نوینی چون مدل سازی اطلاعات ساختمان، از جمله فناوری های اخیر توسعه ساختمان به شمار می روند که تاثیر بسزایی بر افزایش عملکرد بهینه و کارآمد ساختن نظام ساخت و ساز داشته اند. توام سازی استفاده از فناوری های نوین در مراحل چرخه حیات ساختمان با مفاهیم توسعه پایدار، ارتقای شاخص پایداری در فرایند ساخت و ساز را فراهم خواهد آورد.

فرد سیرمی و همکاران [۳۲] در پژوهشی نشان دادند مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به طور گسترده برای شبیه سازی طرح های بهینه سازی، هماهنگی بین سیستم‌ها، تخمین هزینه ها، بهره برداری و نگهداری، تحلیل پایداری، کارایی محیط عملیاتی، مدیریت امکانات مورد استفاده قرار می گیرد. از این سو برای نظارت و کنترل سریع و آسان بر روی این عملکردها ایجاد یک داشبورد اجرایی بسیار سودمند می باشد؛ داشبوردی که یک نمایش بصری از مهمترین اطلاعات مورد نیاز برای دستیابی در یک صفحه نمایش است که سازمان را قادر به اندازه گیری و نظارت بر عملکرد و همکاران و مدیریت موثرتر می سازد و معیارهایی که در راستای ارتقای سه فاکتور اساسی توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی) تعریف شده اند را اولویت بندی می نماید تا نحوه قرارگیری گزینه های متناوب در صفحه داشبورد نسبت به BIM را ارائه دهد. همچنین تحول صنعت ساخت و ساز بر مبنای توسعه پایدار هدفی است که دسترسی به آن تلاشی همه جانبه می طلبد؛ جهت دستیابی به این مهم، روش هایی پیشنهاد گردید از جمله تحقیقات پژوهشی و پیدا کردن راه حل هایی جهت سازگار کردن هر چه بیشتر صنعت ساختمان با محیط زیست و همچنین ارائه آموزش های لازم به دانش آموزان به عنوان آینده سازان جامعه و برگزاری همایش ها و آشنایی هرچه بیشتر مهندسان ساخت و ساز با آخرین تحولات صنعت ساخت و ساز در راستای توسعه پایدار می باشد. تحولات و هدف‌های صنعت ساختمان بر مبنای توسعه پایدار عبارت است از زمین و ساختمان ها، طراحی با کیفیت، انرژی، مدیریت مواد زائد، منابع آب، آلودگی، مواد، تنوع زیستی.

۵- روش پژوهش

پژوهش حاضر که به دنبال شناسایی ابعاد و مؤلفه های مؤثر بر توسعه پایدار صنعت ساخت و ساز بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان است، پژوهشی بنیادی - کاربردی محسوب می شود و ازنظر نحوه گردآوری داده ها نیز در دسته پژوهش های غیر آزمایشی قرار می گیرد. برای پاسخ به مسئله پژوهش و تدوین مدل از روش تحقیق کیفی و به طور خاص در ساخت نظریه از روش داده بنیاد سیستماتیک استفاده شد. نظریه داده بنیاد برگرفته از داده هایی است که طی فرایند پژوهش به صورت نظام مند گردآوری و تحلیل شده اند. روش داده بنیاد، روشی نظام مند و کیفی است که در سطح مفهومی، یک عمل، فرایند یا عکس‌العمل را در رابطه با موضوعی واقعی تشریح می‌کند [۳۳]. این روش پژوهشگر یا پژوهشگران قادر خواهند بود تا از چگونگی انجام پژوهش و دستیابی به نتایج آن، از آن دفاع کرده و آن را تشریح کنند. گلاسر و استراوس، این روش تحقیق را نظریه داده بنیاد نامیدند. روش تحقیق کیفی برای کشف ادراکات و فهم افراد از تجربیات خود بهترین روش است. در این روش، نقش پژوهشگر در فرایند جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آنها بسیار ضروری است. جامعه آماری این پژوهش شامل خبرگان و اساتید دانشگاهی در حوزه قلمرو موضوعی تحقیق و متخصصین پروژه‌های ساختمانی شهرداری منطقه ۳ شهر تهران و برای نمونه گیری از روش نمونه گیری نظری استفاده شده است [۳۳]. در نمونه گیری نظری بر اساس حساسیت تئوریک محقق، مصاحبه های عمیق با خبرگان تا جایی پیش می رود که به حد اشباع نظری می رسد.

یافته های پژوهش در پژوهش حاضر داده ها از طریق مصاحبه چهره به چهره با خبرگان جمع آوری شده است و از مصاحبه عمیق نیز به عنوان اصلی ترین ابزار جمع آوری داد ها استفاده شد. منظور از مصاحبه با خبرگان، مصاحبه با افرادی است که در حوزه کاری خود تأثیرگذار، معروف و آگاه هستند. در این تحقیق در بخش کمی پژوهش پرسش نامه ای با ۵۵ پرسش طراحی شد که اطلاعات این پرسش نامه ها جهت تجزیه و تحلیل داده ها وارد نرم‌افزار SPSS [۷] شد. بدین ترتیب، مدل سازی معادلات ساختاری پژوهش طراحی و روابط بین متغیرها بررسی و مورد آزمون قرار گرفت. برای آزمون پایایی مدل اندازه گیری سه معیار عبارتند از آلفای کرونباخ، پایایی مرکب و بارهای عاملی که در شکل ۱ مدل ساختاری پژوهش به حالت ضرایب استاندارد گزارش و بر اساس روش نمونه گیری نظری با خبرگانی مصاحبه شده که در زمینه توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی و مدل سازی اطلاعات ساختمان که دانش و تجربه لازم را داشتند و تمامی مصاحبه ها ضبط و برای کد گذاری، اصلاح و اخذ بازخورد، از آنها بهره برداری شده است.

از آلفای کرونباخ به منظور تعیین انسجام درونی متغیرها استفاده می‌شود. در واقع با محاسبه آلفای کرونباخ همسانی گویه ها سنجیده می‌شود. ضریب آلفای کرونباخ معمولا زمانی به کار برده می‌شود که سوالات آزمون دو جوابی نباشد، بلکه درجات مخالفت یا موافقت مشخص گردد. در هر تحقیقی که بر اساس پرسش نامه تنظیم می شود، باید ضریب آلفای کرونباخ محاسبه گردد تا اطمینان حاصل شود که سوالات یک سویه نیستند. لذا برای گزینش سوال هایی که عامل بخصوصی را می سنجند، بهترین مجموعه آن است که ضریب هماهنگی درونی آن که با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه می شود دارای بزرگترین مقدار باشد. به همین منظور از فرمول ضریب آلفای کرونباخ برای تعیین اعتبار پرسش نامه استفاده می شود که مقدار آن برای هر یک از متغیرها باید بالاتر از ۰/۷ باشد ؛ در این مطالعه مقدار آلفای کرونباخ برای تمامی متغیرها از ۰/۷ بالاتر است.

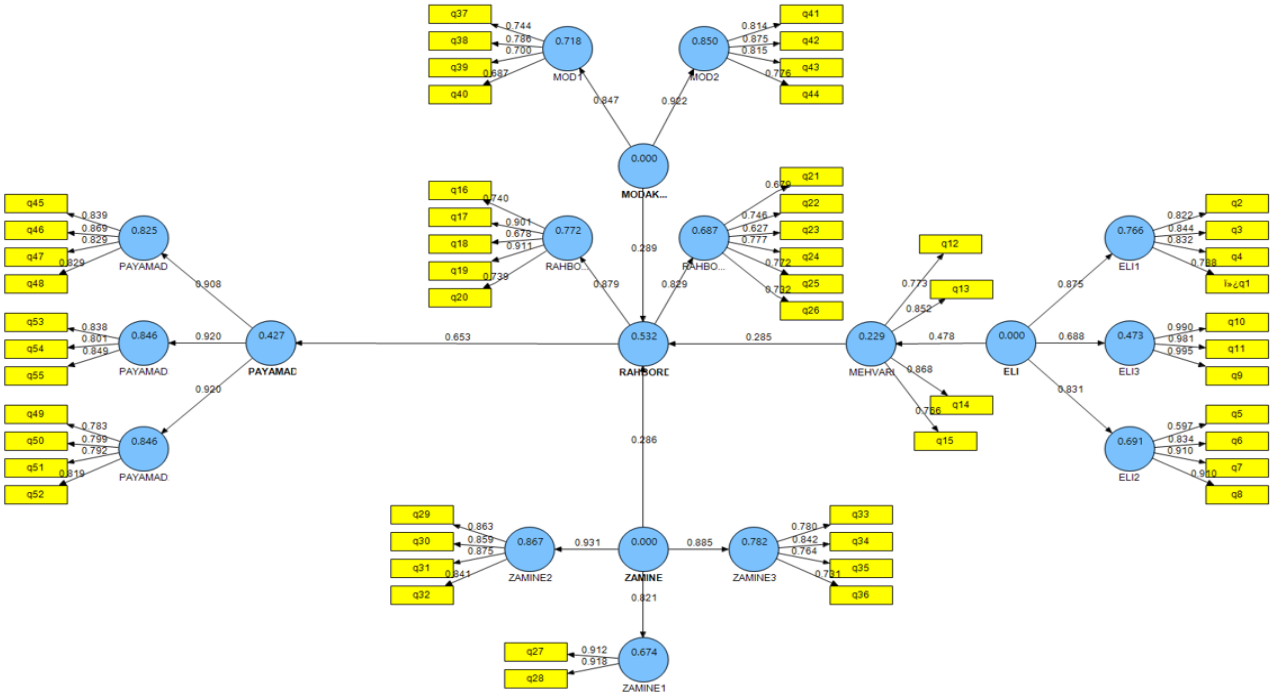
از پایایی مرکب می توان برای حذف کردن آیتم هایی که ضعیف هستند استفاده کرد؛ که اطلاعات مربوط به پایایی مرکب همه متغیرها بدست آمده برای تمامی متغیرها از ۰/۷ بالاتر است.

بارهای عاملی از طریق محاسبه مقدار همبستگی شاخص های یک سازه با آن سازه محاسبه می شوند که اگر این مقدار برابر و یا بیشتر از مقدار ۰/۵ شود؛ مؤید این مطلب است که واریانس بین سازه و شاخص های آن از واریانس خطای اندازه گیری آن سازه بیشتر بوده

[7] Statistical Package for the Social Sciences

و پایایی در مورد آن مدل اندازه گیری قابل قبول است. با توجه به نتایج حاصل شده تمام بارهای عاملی مقادیر قابل قبولی را دارا بودند. لذا، پایایی مدل از منظر این معیار تایید گردید.

در شکل ۱، رابطه بین فرضیه ها از نظر معنادار بودن و اندازه ضرایب مسیر ارزیابی شدند ضرایب حاکی از آن است که ضرایب استاندارد برای همه فرضیه عددی بزرگتر از صفر به دست آمده است و مورد تائید است. همچنین چون ضرایب t برای همه فرضیه بیشتر از ۱/۹۶± به دست آمده‌اند، لذا در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنا دار بودن آنها تائید می شود.



شکل ۱: مدل ساختاری در حالت ضرایب استاندارد

درمجموع با ۱۵ نفر مصاحبه شده است که در جدول ۲ به تعدادی از پاسخ ها اشاره شده است. جمع آوری داده ها تا مرحله اشباع نظری مقوله ها تا جایی که امکان دستیابی به داده های جدید دیگری فراهم نبود، ادامه یافت.

جدول ۲: پاسخ تعدادی از مصاحبه شونده ها

حوزه تخصص	تحصیلات	سن	جنسیت	پاسخ های مصاحبه شونده
صنعت ساختمان	کارشناس ارشد عمران	۴۰ -۵۰ سال	مرد	**به مسائل زیست محیطی در این صنعت توجه شود.** **شاخص های پایداری در فرآیند ساخت و ساز ارتقا یابد.** **فرآیند مدیریت پروژه کاهش یابد.** **کیفیت و کارایی در تمام مراحل ساخت و ساز افزایش یابد.** **فناوری ها و تکنولوژی های برتر حوزه ساخت و ساز به کار گرفته شود.** **چشم انداز، ماموریت، خط مشی‌ها و اهداف صنعت ساخت و ساز مورد بررسی قرار گیرد.** **عوامل اقتصادی صنعت ساخت و ساز و سازمان های فعال در ابن صنعت مورد مطالعه قرار گیرد.** **محیط آموزشی چند ظرفیتی تکنولوژی جدید در سازمان های فعال در صنعت ساخت و**

				ساز. سیستم آموزش و توسعه مستمر در صنعت ساخت و ساز ایجاد شود.
مدیریت ساخت	دکترا مدیریت ساخت	۴۰-۵۰ سال	مرد	مشکلات محیط زیستی بر طرف شود و راهکارهای متفاوت به کار گرفته شود. شاخص های پایداری در فرآیند ساخت و ساز مورد مطالعه قرار گیرد. تصمیمات بهینه جهت اجرای پروژه ها اتخاذ گردد. همکاری میان ذی نفعان پروژه تسهیل گردد. فناوری هوشمند مدل سازی اطلاعات ساختمان به کار گرفته شود. رویه های ارتقا توسعه پایدار در صنعت ساخت و ساز به کار گرفته شود. عوامل تکنولوژیکی و فنی صنعت ساخت و ساز و سازمان‌های فعال در این صنعت مورد بررسی قرار گیرد.
مهندسی عمران	دکترا مهندسی عمران	۴۰-۵۰ سال	مرد	سیستم آموزش و توسعه مستمر در صنعت ساخت و ساز به کار گرفته شود. طراحی ساختمان ها به صورت بهینه صورت گیرد. در مصرف منابع طبیعی صرفه جویی کنیم. نظام اخلاقی و اصول بنیادین حاکم بر صنعت ساخت و ساز مورد مطالعه قرار گیرد. مدیران در سازمان های فعال در صنعت ساخت و ساز مورد حمایت قرار گیرند. افرادی با قابلیت ها، توانمندی ها و مهارت های مدل سازی اطلاعات ساختمان در سازمان های فعال در صنعت ساخت و ساز استخدام شوند.
مهندسی عمران	دکترا مهندسی عمران	۵۰-۶۰ سال	مرد	مشکلات زیست محیطی حوزه ساخت و ساز به صورت مستمر مورد مطالعه قرار گیرد و رفع شود. همواره از فناوری های نوین و تکنولوژی در صنعت ساختمان استفاده شود. از افراد توانمند و ماهر در این حوزه استفاده شود. برنامه‌ریزی پروژه های ساختمانی شفاف و دقیق باشد. نظام ساخت و ساز کارآمد به کار گرفته شود. ساختمان های سازگار با محیط زیست طراحی شود. سیاست‌ها و قوانین کشور در جهت توسعه پایدار حوزه ساخت و ساز تدوین گردد. زیر ساخت های صنعت ساخت و ساز و پتانسیل های موجود همراه ارتقا داده شود.
صنعت ساختمان	دکترا مدیت ساخت	۳۰-۴۰ سال	زن	شاخص های پایداری در فرآیند ساخت و ساز شناسایی شود. چارچوب یکپارچه بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان تدوین گردد. پایگاه داده قوی برای ساختمان ایجاد شود. کیفیت و کارایی در تمام مراحل ساخت و ساز افزایش یابد. رویکرد پایداری با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان تقویت گردد. فرهنگ حفاظت از محیط زیست ترویج و تقویت گردد. انگیزه فردی و انگیزش سازمانی محققان برای توسعه پایدار در صنعت ساخت و ساز تقویت شود. فرهنگ مدل سازی اطلاعات ساختمان و استفاده از تکنولوژی در صنعت ساخت و ساز ترویج یابد. ساختمان‌های منطبق با فاکتورهای پایداری مورد حمایت قرار گیرد.

۶- یافته های پژوهش

۶-۱- کدگذاری باز

بخشی از تحلیل پژوهش استفاده از کد گذاری باز است. پس از اتمام مصاحبه ها، فرایند کد گذاری باز آغاز می شود، کدهای مصاحبه های انجام شده با ۱۵ نفر از خبرگان و متخصصان طی کد گذاری باز استخراج شد و در مرحله بعد این کدهای مشترک به انضمام

کدهای با اهمیت از دید پژوهشگر به عنوان کدهای نهایی مشخص شدند. برای طبقه بندی دقیق مفاهیم بین مقوله ها باید هر مفهوم، بعد از تفکیک برچسب خورده و داده‌های خام به وسیله بررسی دقیق متن مصاحبه ها و یادداشت های زمینه‌ای مفهوم سازی شوند.

۶-۲- کدگذاری محوری

کدگذاری محوری، مقوله ها و زیر مقوله ها را با توجه به ابعاد و مشخصات آنها با یکدیگر مرتبط می سازد. برای کشف نحوه ارتباط مقوله ها با یکدیگر از ابزار تحلیلی استراوس و کوربین استفاده شد. ابزار اصلی این ابزار تحلیلی شامل شرایط، عمل ها، عکس‌العمل ها و پیامدها می شود.

۶-۳- شرایط علی

در این مدل شرایط علی رویدادهایی هستند که موقعیت ها و مسائل مرتبط با یک پدیده را خلق کرده و تشریح می کنند که افراد و گروه‌ها، چرا و چگونه به روش های خاصی پاسخ می دهند. شرایط علی شامل مواردی از مقولات است که به طور مستقیم توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی تأثیر می گذارد یا این عوامل به گونه‌ای ایجاد کننده و توسعه دهنده پدیده هستند. در این پژوهش سه مقوله عوامل زیست محیطی، عوامل تکنولوژیکی و عوامل محیطی عوامل علی هستند که بر توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی باشند. مقوله‌های مربوط به شرایط علی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: مقوله ها و مفاهیم مرتبط با شرایط علی

مقوله ها	مفهوم ها
• عوامل زیست محیطی	• توجه به مسائل زیست محیطی • حل مشکلات محیط زیستی • ارتقا شاخص های پایداری در فرآیند ساختمان سازی • کاهش فرآیند مدیریت پروژه
• عوامل تکنولوژیکی	• استفاده از فناوری های نوین • وجود چارچوب یکپارچه بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان • کاهش فرآیند مدیریت پروژه • امکان اتخاذ تصمیمات بهینه جهت اجرای پروژه ها
• عوامل محیطی	• کارآمد ساختن نظام ساخت و ساز • ایجاد پایگاه داده قوی برای ساختمان • وجود سیستم نوآورانه توسعه پایدار در حوزه ساختمان سازی

۶-۴- شرایط زمینه‌ای

شرایط زمینه‌ای بیانگر مجموعه خاصی از ویژگی های مربوط به پدیده است که به شکل عمومی به مکان رویدادها و وقایع مربوطه اشاره دارد. ویژگی های زمینه‌ای شامل عواملی می شوند که بدون آنها تحقق توسعه پایدار برای صنعت ساختمان امکان پذیر نیست و زمینه شرایط خاصی را، که در آن راهبردها برای اداره، کنترل و پاسخ به پدیده صورت می گیرد، فراهم می کنند. این شرایط را مجموعه ای از مفاهیم، مقوله ها و متغیرهای زمینه‌ای تشکیل می دهند. در این پژوهش عوامل توسعه و آموزش، اصول بنیادین توسعه پایدار و زمینه های استراتژیک، عوامل اصلی زمینه‌ای هستند که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: مقوله ها و مفاهیم مرتبط با شرایط زمینه‌ای

مقوله ها	مفهوم ها
عوامل توسعه و آموزش	• رشد و توسعه فرهنگ و نگرش مبتنی بر تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان در پرتو توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی • عوامل تکنولوژیکی و فنی صنعت ساختمان سازی و سازمان‌های فعال در این صنعت
اصول بنیادین توسعه پایدار	• هماهنگی و همسوئی فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان با توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی • چشم انداز، ماموریت، خط مشی‌ها و اهداف صنعت ساختمان سازی • نظام اخلاقی و اصول بنیادین حاکم بر صنعت ساختمان سازی • توسعه پایدار در سازمان‌های فعال در صنعت ساختمان سازی
زمینه‌های استراتژیک	• سیاست‌ها و ویژگی های توسعه پایدار و صنعت ساختمان سازی • عوامل فرهنگی و اجتماعی صنعت ساختمان سازی و سازمان‌های فعال در این صنعت • عوامل اقتصادی صنعت ساختمان سازی و سازمان‌های فعال در این صنعت • عوامل سیاسی و قانونی صنعت ساختمان سازی و سازمان‌های فعال در این صنعت

۶-۵- شرایط مداخله‌گر

شرایط مداخله گر شامل شرایط عام تری همچون زمان، فضا و فرهنگ می شود که به عنوان تسهیل گر یا محدود کننده راهبردها عمل می کنند. این شرایط در راستای تسهیل یا محدودیت متقابل در زمینه خاصی عمل کرده و هر یک از این شرایط، طیفی را تشکیل می دهند که تأثیر آنها از بسیار دور تا بسیار نزدیک متغیر است. در این پژوهش سه مقوله عوامل ساختاری و عوامل مدیریتی و فناوری اطلاعات به‌عنوان مقوله های مداخله گر در نظر گرفته شده است که در جدول ۵ نشان داده شده است

جدول ۵: مقوله ها و مفاهیم مرتبط با شرایط مداخله‌گر

مقوله ها	مفهوم ها
عوامل ساختاری	• زیر ساخت‌های صنعت ساختمان سازی و پتانسیل‌های موجود • انگیزه فردی و انگیزش سازمانی محققان برای توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی • مسئولیت پذیری و حمایت مدیران در سازمان‌های فعال در صنعت ساختمان سازی • ثبات مدیریت در سازمان‌های فعال در صنعت ساختمان سازی
عوامل مدیریتی و فناوری اطلاعات	• آموزش و تربیت افرادی با قابلیت‌ها، توانمندی‌ها و مهارت‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان در سازمان های فعال در صنعت ساختمان سازی • ایجاد محیط آموزشی چند ظرفیتی تکنولوژی جدید در سازمان های فعال در صنعت ساختمان سازی • سیستم آموزش و توسعه مستمر در صنعت ساختمان سازی • ترویج فرهنگ مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان سازی

۶-۶- مقوله محوری

پدیده مدنظر باید محوریت داشته باشد، یعنی همه مقوله های اصلی دیگر بتوانند به آن ربط داده شوند و به تکرار در داده ها ظاهر شود. به این معنا که در همه یا تقریبا همه موارد، نشانه هایی وجود دارند که به آن مفهوم اشاره می کنند.

مقوله محوری حاصل از شرایط علی، مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقا شاخص های توسعه پایدار در نظر گرفته شده است. در واقع حاصل تحلیل مصاحبه ها محقق را به این نتیجه می رساند که قلب فرایند توسعه پایدار مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان است که به وی ارائه می شود. جدول ۶ مقوله محوری را نشان می دهد.

جدول ۶: مقوله ها و مفاهیم مرتبط با شرایط محوری

مقوله ها	مفهوم ها
مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقا شاخص های توسعه پایدار	• شبیه سازی بصری از پروژه‌ها با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان • افزایش کیفیت و کارایی در تمام مراحل ساختمان سازی • شفاف سازی برنامه ریزی پروژه های ساختمانی • تسهیل همکاری میان ذی نفعان پروژه

۶-۷- راهبردها

راهبردها در واقع طرح ها و کنش هایی هستند که خروجی مقوله محوری مدل بوده و به پیامدها ختم می شوند. راهبردها مجموعه تدابیری هستند که برای مدیریت، اداره یا پاسخ به پدیده تحت بررسی اتخاذ می شوند. پژوهشگر با توجه به مجموعه مفاهیمی که از بین مصاحبه ها و کدهای نهایی استخراج شده؛ راهبردها در دو مقوله طراحی بهینه ساختمان و یکپارچه سازی مدل های قراردادی و توسعه پایدار و صرفه جویی در منابع طبیعی به شرح ذیل می‌باشد که جدول ۷ مقوله ها و مفاهیم مربوط به راهبردها را نشان می دهد.

جدول ۷: مقوله ها و مفاهیم مرتبط با شرایط راهبردها

مقوله ها	مفهوم ها
طراحی بهینه ساختمان و یکپارچه سازی مدل های قراردادی	• زیرساخت های به‌کارگیری از مدل سازی اطلاعات ساختمان • به کاری گیری فناوری ها و تکنولوژی های برتر حوزه ساخت و ساز • الزامات به‌کارگیری فناوری هوشمند مدل سازی اطلاعات ساختمان • طراحی ساختمان سازگار با محیط زیست • تقویت رویکرد پایداری با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان
توسعه پایدار و صرفه‌جویی در منابع طبیعی	• ترویج و تقویت روز افزون فرهنگ حفاظت از محیط زیست • زیرساخت‌های توجه روز افزون به توسعه پایدار • ماموریت و رسالت ارتقا توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی • خط مشی های ارتقا توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی • رویه‌های ارتقا توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی • سیاست‌ها و قوانین حمایتی کشور از توسعه پایدار حوزه ساختمان سازی

۶-۸- پیامدها

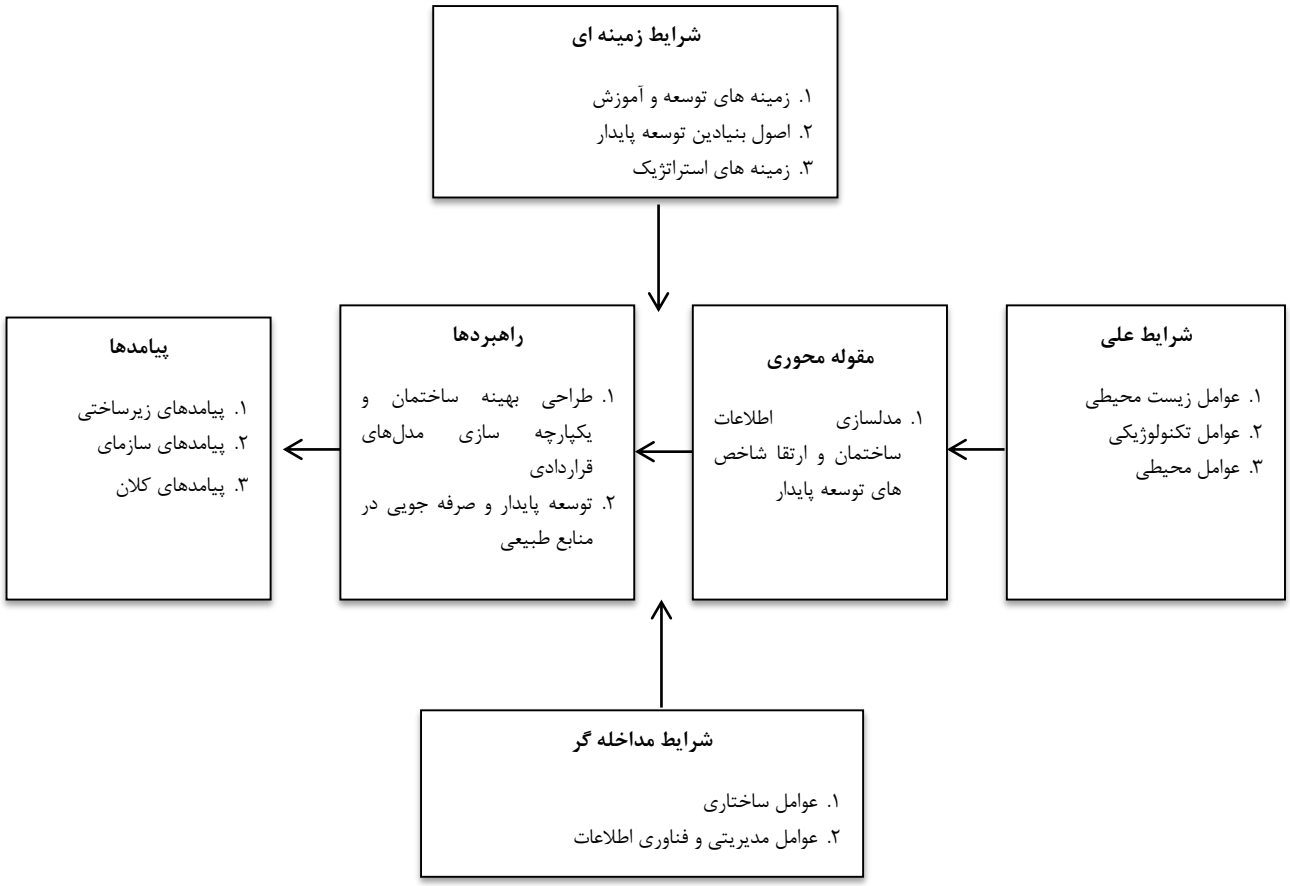
پیامدها همان برون داده ها با نتایج کنش ها و واکنش ها هستند. بخش آخر مدل پیامدها در صنعت ساختمان شامل پیامدهای زیرساختی، پیامدهای سازمانی و پیامدهای کلان می شود. با توجه به کدگذاری باز، مفاهیم مربوط به پیامدهای مثال استخراج شده‌اند، سپس با توجه به حرکت رفت و برگشت میان تم‌ها و مفاهیم مقوله‌های اصلی استخراج و نام گذاری شده اند که بر همین اساس پیامدها در سه بخش مربوط به زیرساختی، سازمانی و کلان طبقه بندی شده است. جدول ۸ به مقوله ها و مفاهیم مربوط به پیامدها می پردازد.

جدول ۸: مقوله ها و مفاهیم مرتبط با شرایط راهبردها

مقوله ها	مفهوم ها
پیامدهای زیرساختی	• ارتقا شاخص های توسعه پایدار • کاهش اثرات زیست محیطی • کاهش اثرات اقتصادی ساختمان سازی • کاهش اثرات اجتماعی ساختمان سازی
پیامدهای سازمانی	• بهبود کارایی انرژی • طراحی بهینه ساختمان ها • بهبود چرخه حیات ساختمان • دستیابی به ساختمان های منطبق با فاکتورهای پایداری با بهره‌گیری از تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان
پیامدهای کلان	• تامین نیازهای روز بدون ایجاد خطر برای نسل آینده • صرفه‌جویی در منابع طبیعی • رشد پایدار اقتصادی

۶-۹- کدگذاری انتخابی

کدگذاری انتخابی نتایج گام های قبلی کدگذاری به کار برده، مقوله های اصلی را انتخاب می کند و آن را به شکل نظام مند به سایر مقوله ها ارتباط می دهد، ارتباطات را اعتبار می بخشد و مقوله هایی را که نیاز به پست و توسعه بیشتری دارند را ترویج می دهد. مدل الگو این تحقیق بر اساس الگوی استراوس و کوربین طراحی شد. در این مدل، شرایط علی، عوامل زیست محیطی، تکنولوژیکی و عوامل محیطی بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان سازی نشان داده می شود. با وجود این عوامل و شرایط، مؤلفه‌های مؤثر بر توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان شناسایی شد که شرایط زمینه‌ای، عوامل توسعه و آموزش، اصول بنیادین توسعه پایدار و زمینه های استراتژیک برای بهبود توسعه پایدار است که شرایط را برای موفقیت بهتر در اجرای این فرایند باید بیشتر مد نظر قرار گیرند. در صورتی که شرایط مداخله گر بر فرایند توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی تأثیر مثبت یا منفی داشته باشد می توانند اجرای توسعه پایدار را مختل، تسهیل و همچنین تسریع کنند. در این فرایند اصلی ترین عامل در بهبود توسعه پایدار، مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقا شاخص های توسعه پایدار به عنوان مقوله محوری در نظر گرفته شده است. هر چند نمی توان گفت این مقوله مهم ترین است اما باید گفت بدون این مقوله فرایند توسعه پایدار بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان امکان پذیر نیست. عامل راهبردی مدل، طراحی بهینه ساختمان و یکپارچه سازی مدل های قراردادی و توسعه پایدار و صرفه جویی در منابع طبیعی در نظر گرفته شده است و در بعد پیامدها، پیامدهای زیرساختی، پیامدهای سازمانی و پیامدهای کلان جامعه مدنظر قرار گرفت؛ پیامدهایی که تجلی آنها به معنای ظهور پدیده توسعه پایدار بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان است. مدل پژوهش به شرح شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: مدل پژوهش

۷- بحث و بررسی پژوهش وارائه پیشنهادات کاربردی

با توجه به آنکه مدل پیشنهادی در این تحقیق در بردارنده سطوح تحلیل مختلفی بوده است، ازاین رو سعی گردیده تا پیشنهادهای کاربردی مشخصی بر اساس مسائل و مشکلات عینی و تحلیل یافته های حاصل از این پژوهش در قالب مصاحبه های اکتشافی کیفی با خبرگان و پرسش نامه های توزیع شده در بین جامعه مورد بررسی پیشنهاد گردد که در ادامه به شرح آنها پرداخته شده است.

۱. با تحلیل مصاحبه ها و بر اساس مصاحبه های انجام‌شده پرسشنامه بصورت مقدماتی در بین تعدادی از جامعه مورد بررسی توزیع و جمع آوری شده و وارد نرم افزار SPSS شده و میزان آلفای کرونباخ محاسبه گردید با توجه به اینکه میزان آلفا پرسشنامه بالاتر از ۷۰ درصد می باشد، لذا می توان ادعا نمود که پرسشنامه از پایایی لازم برخوردار است. از تعداد ۴۰۰ پرسشنامه توزیع شده ۳۹۰ پرسشنامه عودت داده شده که تعداد ۳۸۴ پرسشنامه تکمیل شده در تحلیل مورد استفاده قرار گرفته است. نرخ بازگشت پرسشنامه به صورت میانگین ۹۷ درصد بوده است.

۲. ارائه مدل منتج از مصاحبه و تئوری نظریه پردازی داده بنیاد (نظریه پردازی) که خروجی بخش کیفی پژوهش است جهت تحلیل کمی پژوهش یا همان تست مدل(نظریه آزمایی) با استفاده از مدل معادلات ساختاری می باشد که با توجه به جدول ۸ میانگین و انحراف معیار متغیرها بیان شده است.

جدول ۸: آماره های کلی متغیرهای تحقیق

متغیر	امتیاز کلی				
	میانگین	انحراف معیار	واریانس	مینیمم	ماکزیمم
متغیرهای شرایط علی	۳,۱۶	۰,۷۷	۰,۳۱	۱,۹۲	۴,۶۲
متغیرهای مقوله محوری	۳,۲۴	۰,۴۵	۰,۴۴	۱,۴۹	۴,۵۱
متغیرهای راهبردها	۳,۳۶	۰,۴۲	۰,۲۸	۲,۱۸	۴,۹۳
متغیرهای بسترها	۳,۴۲	۰,۶۹	۰,۳۶	۱,۷۶	۴,۶۹
متغیرهای شرایط مداخله گر	۳,۱۷	۰,۶۷	۰,۲۳	۲,۶۱	۴,۴۸
متغیرهای پیامدها	۳,۸۷	۰,۵۶	۰,۵۹	۱,۶۵	۴,۲۴

۳. روند تحلیل داده ها کاملاً متناسب با نظریه پردازی داده بنیاد می باشد تا نتایج قابل اعتمادی با بکارگیری راه های‌ایجاد توازن میان خلاقیت و علم در تولید نظام مند نظریه حاضر من جمله: به بازگشت متناوب به عقب و پرسیدن سوال؛ اتخاذ نگرش شکاک اشاره نمود.

۴. با تحلیل مصاحبه ها و بر اساس مصاحبه های انجام شده و گفته های مدیران می‌توان این گونه دریافت که بطور نسبی صنعت ساختمان سازی ازنظر شاخص های توسعه پایدار متأسفانه در وضعیت مطلوبی قرار ندارد، بطوری که برخی از متخصصان جامعه مورد بررسی نگرش مثبتی به مقوله شاخص های توسعه پایدار نداشته و کارشکنی نموده و مقاومت می نمایند، شایان ذکر است در بحث مقاومت های احتمالی مقابل شاخص های توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی ، باور غالب بر این است که به هر حال برخی از افراد این حوزه به ویژه متخصصان سنتی ممکن است با این برنامه مخالف باشند و در مرحله اجرا به مقاومت در برابر آن بپردازند.

۵. با توجه به این که قراردادهای ساختمانی نقش عمده ای در احداث ساختمان های پایدار، چه در مرحله اجرا، چه در مرحله بهره‌برداری دارند؛ در گزارشهای متعدد از کارفرمایان فقدان مسیر استراتژیک در تعامل، نقش و مسئولیت کارکنان شان در زمینه های مرتبط با پایداری اشاره شده است، لذا پیشنهاد میگردد با به کار گیری فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در این زمینه موجب شوند که دقیق ترین تحلیل از هزینه ها و مناسب ترین برنامه زمان بندی حاصل شود.

۸- نتیجه گیری

هدف اصلی تحقیق شناسایی ابعاد و مؤلفه های مؤثر بر توسعه پایدار صنعت ساختمان سازی بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان بر اساس رویکرد سیستمی استراوس و کوربین براساس نظریه داده بنیاد انجام شده است.

همان گونه که پیشتر اشاره شد، مقولهٔ مرکزی شناسایی شده در این پژوهش، مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقا شاخص های توسعه پایدار است که بقیه مقوله ها در رابطهٔ با آن معنا پیدا می کنند. . مقوله ها نیز برای ارائه در مدل تصویری در پنج دستهٔ بستر یا زمینه (۳ مقوله)، شرایط مداخله گر (۲مقوله)، شرایط علّی (۳ مقوله)، راهبردها (۲ مقوله)، پیامدها (۳ مقوله) قرار گرفتند.

با توجه به نتایج تحلیل عاملی تاییدی که در مدل ساختاری در حالت ضرایب استاندارد شکل ارائه شده است، چون تمامی اعداد معنا داری پارامترهای مدل از عدد ۱/۹۶ بزرگتر است؛ لذا در مجموع نتایج تحلیل عاملی تاییدی، حاکی از برازش مناسب مدل اندازه گیری و الگوی پیشنهادی با داده ها است.

نتایج پژوهش عبارتند از:

۱. عوامل زیست محیطی شاخص بسنده‌ای از شرایط علی است؛ با توجه به این که بار عاملی مربوط به سوالات متغیر عوامل زیست محیطی از مقدار ۰/۵ بالاتر و همچنین ضریب معناداری مربوط به سوالات این متغیر از مقدار ۱/۹۶ بالاتر است؛ همچنین مقادیر آلفای کرونباخ (۰/۸۳۹) و پایایی مرکب (۰/۸۹۳) بیشتر از مقدار ۰/۷ و میانگین واریانس استخراج شده (۰/۶۷۵) نیز بالاتر از ۰/۵ است؛ بنابراین عوامل زیست محیطی به عنوان مولفه شرایط علی تائید می شود.

۲. عوامل تکنولوژیکی شاخص بسنده‌ای از شرایط علی است؛ با توجه به این که بار عاملی مربوط به سوالات متغیر عوامل تکنولوژیکی از مقدار ۰/۵ بالاتر و همچنین ضریب معناداری مربوط به سوالات این متغیر از مقدار ۱/۹۶ بالاتر است؛ همچنین مقادیر آلفای کرونباخ (۰/۸۳۰) و پایایی مرکب (۰/۸۹۱) بیشتر از مقدار ۰/۷ و میانگین واریانس استخراج شده (۰/۶۷۷) نیز بالاتر از ۰/۵ است؛ بنابراین عوامل تکنولوژیکی به عنوان مولفه شرایط علی تائید می شود.

۳. مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقای شاخص های توسعه پایدار شاخص بسنده‌ای از مقوله محوری است. با توجه به این که بار عاملی مربوط به سوالات متغیر مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقای شاخص های توسعه پایدار از مقدار ۰/۵ بالاتر و همچنین ضریب معناداری مربوط به سوالات این متغیر از مقدار ۱/۹۶ بالاتر است؛ همچنین مقادیر آلفای کرونباخ (۰/۸۳۱) و پایایی مرکب (۰/۸۸۸) بیشتر از مقدار ۰/۷ و میانگین واریانس استخراج شده (۰/۶۶۶) نیز بالاتر از ۰/۵ است؛ بنابراین مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارتقای شاخص های توسعه پایدار به عنوان مولفه مقوله محوری تائید می شود.

مراجع

[1] Teng, Y., Xu, J., Pan, W., & Zhang, Y. (2022). A systematic review of the integration of building information modeling into life cycle assessment. *Building and Environment*, 109260.
[2] Sanchez, B., Ballinas-Gonzalez, R., Rodriguez-Paz, M. X., & Nolazco-Flores, J. A. (2020, June). Usage of building information modeling for sustainable development education. *In 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access.*
[3] Fadeyi, M. O. (2017). The role of building information modeling (BIM) in delivering the sustainable building value. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 711-722.
[4] Chong, H. Y., & Wang, X. (2016). The outlook of building information modeling for sustainable development. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(6), 1877-1887.
[5] McArthur, J. J. (2015). A building information management (BIM) framework and supporting case study for existing building operations, maintenance and sustainability. *Procedia engineering*, 118, 1104-1111.
[6] Chen, S., Feng, K., & Wang, Y. (2018). The Application of Building Information Modeling in Sustainable Construction: A Literature Review. *Sustainable Construction and Prefabrication* (pp. 21-37). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
[7] Saieg, P., Sotelino, E. D., Nascimento, D., & Caiado, R. G. G. (2018). Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural, engineering and construction industry: a systematic review. *Journal of cleaner production*, 174, 788-806.
[8] Hall, A. T., Durdyev, S., Koc, K., Ekmekcioglu, O., & Tupenaite, L. (2022). Multi-criteria analysis of barriers to building information modeling (BIM) adoption for SMEs in New Zealand construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, (ahead-of-print).
[9] Olawumi, T. O., & Chan, D. W. (2019). Critical success factors for implementing building information modeling and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey. *Sustainable Development*, 27(4), 587-602.
[10] Raut, R., Narkhede, B. E., Gardas, B. B., & Luong, H. T. (2018). An ISM approach for the barrier analysis in implementing sustainable practices. Benchmarking: *An International Journal*.
[11] Vite, C., & Morbiducci, R. (2021). Optimizing the sustainable aspects of the design process through building information modeling. *Sustainability*, 13(6), 3041.

[12] Taheripour, S., Azizi, M., & Eshtehardian, E. (2022). Solutions to Facilitate the Acceptance of Building Information Modeling Technology in Iranian Building Companies, Based on the Effects of National Culture Dimensions. *Journal of Technology Development Management*, 9(4), 129-150.
[13] Malagnino, A., Montanaro, T., Lazoi, M., Sergi, I., Corallo, A., & Patrono, L. (2021). Building Information Modeling and Internet of Things integration for smart and sustainable environments: A review. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127716.
[14] Chen, J., Guo, D. L., Dong, X. L., Hou, X. B., & Wang, Z. F. (2022). Investigation of Coal Preparation for Life Cycle by Using Building Information Modeling (BIM): A Case Study. *Geofluids*, 2022.
[15] Ningappa, G. N. (2011). Use of lean and building information modeling (bim) in the construction process; does bim make it leaner? (*Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology*).
[16] Seyis, S. (2020). Mixed method review for integrating building information modeling and life-cycle assessments. *Building and Environment*, 173, 106703.
[17] Evans, M., Farrell, P., Zewein, W., & Mashali, A. (2021). Analysis framework for the interactions between building information modelling (BIM) and lean construction on construction mega-projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
[18] Cavalliere, C., Habert, G., Dell'Osso, G. R., & Hollberg, A. (2019). Continuous BIM-based assessment of embodied environmental impacts throughout the design process. *Journal of Cleaner Production*, 211, 941-952.
[19] Yuan, Y., & Yuan, J. (2011). The theory and framework of integration design of building consumption efficiency based on BIM. *Procedia Engineering*, 15, 5323-5327
[20] Mosad Ibrahim, A., El-Eashy, A. M., & Al-Maadawi, A. A. T. (2022). The Effect of Using Building Information Modeling System at Design Phase to Create High-Efficiency Projects. *MEJ. Mansoura Engineering Journal*, 47(1), 59-70.
[21] Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International journal of project management*, 31(7), 971-980.
[22] Najjar, M., Figueiredo, K., Hammad, A. W., & Haddad, A. (2019). Integrated optimization with building information modeling and life cycle assessment for generating energy efficient buildings. *Applied Energy*, 250, 1366-1382.
[23] Othman, I., Al-Ashmori, Y. Y., Rahmawati, Y., Amran, Y. M., & Al-Bared, M. A. M. (2021). The level of building information modelling (BIM) implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 455-463.
[24] Arias, J., Törmä, S., Carro, M., & Gupta, G. (2022). Building Information Modeling Using Constraint Logic Programming. *arXiv preprint arXiv*:2205.08572.
[25] Tabatabaee, S., Mahdiyar, A., & Ismail, S. (2021). Towards the success of Building Information Modelling implementation: A fuzzy-based MCDM risk assessment tool. *Journal of Building Engineering*, 43, 103117.
[26] Smith, W. N., Smith, J., & Bingham, E. D. (2022). Current State of Practice Associated with the Use of Building Information Modeling (BIM) in the Custom Home Building Industry. *International Journal of Construction Education and Research*, 18(3), 251-269.
[27] Uddin, M. N., Wei, H. H., Chi, H. L., & Ni, M. (2021). Influence of occupant behavior for building energy conservation: a systematic review study of diverse modeling and simulation approach. *Buildings*, 11(2), 41.
[28] Ghamkhar, Seyede Mahsa, (2015), MIB building information modelling technology (to reduce the time and cost of repair and improvement of buildings), *2nd National Conference on Crisis Management, Tehran.*
[29] Haruna, A., Shafiq, N., & Montasir, O. A. (2020). Building information modelling application for developing sustainable building (Multi criteria decision making approach). *Ain Shams Engineering Journal.*
[30] Zhang, L., Chu, Z., He, Q., & Zhai, P. (2019). Investigating the constraints to buidling information modeling (BIM) applications for sustainable building projects: A case of China. *Sustainability*, 11(7), 1896.
[31] Ansari, Ramin and Muqar, Zahra (2018). integrated approach in building information modeling and sustainable development of the construction industry, *the 6th national conference of applied researches in civil engineering, architecture and urban management and the 5th specialized exhibition of mass builders of housing and buildings in Tehran province, Tehran. (In Persian)*
[32] Fardsirmi, Samira; Haq Moradi, Sudabah and Nekoui, Mohammad Ali. (2016). Important factors in building information modeling (BIM) and their prioritization according to the impact on sustainable development. *The third annual conference on architecture, urban planning and urban management research, Shiraz. (In Persian)*
[33] Creswell John, W. (2007). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches. *Lincoln*: Sage Publications.