Journal of Structural and Construction Engineering, 10(9), 2023, pp. 36-58

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Identifying and Ranking The Effective Factors in Increasing The Stability of Starting Building Industrialization Projects Using The Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Model

Erfan Anjomshoa[1], Ramin Tabatabaei Mirhosseini[2]*

1- MSc, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran

2- Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran

ABSTRACT

Weakness of ability to respond to the traditional method, the need to introduce and investigate the industry in the building is more evident. For this reason, due to the ineffectiveness of traditional systems in mass production, it seems necessary to pay attention to the industrial methods of building production. For decades, plans for the industrialization of building production have been started in the country, but they have not been successful because by importing a few manufacturing plants that are largely dependent on industrialized countries in terms of technology and there are no regulations and technical knowledge corresponding to it in the country, it is not possible to Industrialization goals achieved. Industrialization should begin with a careful examination of the world's leading technologies and ensure the possibility of responding to cultural, environmental and climatic needs, as well as its ability to adapt to the construction patterns in the country and continue with cultivation to strengthen this technology. In this research, firstly, by conducting library studies, a list of effective factors in increasing the stability of launching industrial construction projects was prepared, and through questionnaires based on the Likert scale, the opinions of experts in the field of industrialization of construction in Kerman city were collected, and after checking validity and reliability of the questionnaire, The grouping of factors was done using specific assumptions, according to the results, then the decision matrix was made based on indicators and options, the formation and classification of points in fuzzy intervals was done, finally, using the weighted least squares method and Yager method, the importance coefficient of the indicators according to Base on the findings of the research, "economic", "social and political", "management", "qualitative" and "environmental" indicators have the highest impact respectively.

ARTICLE INFO

Receive Date: 29 September 2022
Revise Date: 13 February 2023
Accept Date: 15 March 2023

Keywords:
Stability
Industrial projects
Industrialization of the building
Multi-attribute decision making model
FMADM Model

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.362488.2935

*Corresponding author: Ramin Tabatabaei Mirhosseini.
Email address: tabatabaei@iauk.ac.ir

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

شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه‌اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی

عرفان انجم شعاع[۱]، رامین طباطبایی میرحسینی[۲*]

۱- کارشناسی ارشد، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

۲-دانشیار، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

چکیده

با توجه به گسترش جمعیت انسانی و ساخت‌وساز، همچنین به دلیل کمبود فضا، ضعف توانایی پاسخگویی به روش سنتی در ساخت‌وساز، لزوم معرفی و بررسی صنعتی در ساختمان بیشتر نمایان می‌شود. به همین دلیل با توجه به ناکارآمدی سیستم‌های سنتی در تولید انبوه، توجه به روش‌های صنعتی تولید ساختمان ضروری به نظر می‌رسد. ده‌ها سال است که در کشور طرح‌هایی برای صنعتی شدن تولید ساختمان آغازشده، اما موفقیت‌آمیز نبوده است زیرا با واردکردن چند کارخانه تولیدی، که ازنظر فناوری تا حد زیادی وابسته به کشورهای صنعتی است و مقررات و دانش فنی متناسب با آن در کشور وجود ندارد، نمی‌توان به اهداف صنعتی شدن دست‌یافت. صنعتی شدن باید با بررسی دقیق سیستم‌ها و فناوری‌های مطرح دنیا و امکان‌سنجی برای بومی‌سازی آن و حصول اطمینان از امکان پاسخگویی به نیازهای فرهنگی، محیطی و اقلیمی و نیز قابلیت انطباق آن با الگوهای ساخت در کشور آغاز شود و با فرهنگ‌سازی و تقویت صنایع مرتبط و ارائه آموزش‌های لازم، در جهت تضمین کیفیت تولید ساختمان و اجرای فناوری‌های مناسب و منطبق با شرایط و ویژگی‌های جامعه و کشور گسترش یابد. در این تحقیق، ابتدا با انجام مطالعات کتابخانه‌ای فهرستی از عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه‌اندازی پروژه‌های صنعتی ساختمان تهیه شد و از طریق پرسشنامه‌های مبتنی بر طیف لیکرت نظر خبرگان حوزه صنعتی سازی ساختمان در شهر کرمان جمع‌آوری گردید و پس از بررسی روایی و اطمینان از پایایی پرسشنامه، گروه‌بندی عوامل با استفاده از فرضیات مشخص، مطابق با نتایج و امتیازات حاصله انجام شد، سپس ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس شاخص‌ها و گزینه‌های مطرح، تشکیل و دسته‌بندی امتیازات در بازه‌های فازی انجام گرفت، درنهایت با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی و روش یاگر، ضریب اهمیت شاخص‌ها مطابق با مدل چند شاخصه‌ای فازی تعیین و رتبه‌بندی انجام شد، بر اساس یافته‌های تحقیق، شاخص‌های «اقتصادی»، «اجتماعی و سیاسی»، « مدیریتی»، «کیفی» و «زیست‌محیطی» به ترتیب دارای بالاترین میزان تأثیر می‌باشند.

کلمات کلیدی:

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.362488.2935
۱۴۰۱/۰۷/۰۷	۱۴۰۱/۱۱/۲۴	۱۴۰۱/۱۲/۲۴	۱۴۰۱/۱۲/۲۴	۱۴۰۲/۰۹/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2023.362488.2935

[*]نویسنده مسئول: رامین طباطبایی میرحسینی

پست الکترونیکی: tabatabaei@iauk.ac.ir

۱- مقدمه

جهان در روندی بی‌بازگشت در حال شهری شدن است. پیش‌بینی می‌شود جمعیت شهری جهان از ۲/۴ میلیارد در سال ۲۰۱۸ به ۳/۶ میلیارد در سال ۲۰۵۰ افزایش یابد [۱].

آنچه این روند را مشکل‌ساز می‌کند این واقعیت است که ۹۴٪ از این افزایش در کشورهای درحال‌توسعه رخ خواهد داد [۲].

افزایش شهرنشینی قشر کم‌درآمد، منجر به کمبود بسیاری از عناصر مؤثر در موفقیت شهر شده است. زیرساخت‌ها، آموزش، دسترسی مالی و از همه مهم‌تر مسکن، مواردی از این کمبودها است [۳].

تخمین زده می‌شود که یک میلیارد نفر از جمعیت کشورهای درحال‌توسعه در زاغه‌ها یا در شرایط بد مسکنی زندگی می‌کنند. درنتیجه، اسکان فقرا مشکلی مهم برای کشورهای درحال‌توسعه، طی فرایند شهرنشینی است [۴].

بر اساس گزارش‌های منتشرشده از مرکز پژوهش‌های مجلس سالیانه حدود ۷۰۰ تا ۸۰۰ هزار ازدواج در کشور به ثبت می‌رسد. از طرفی دیگر به استناد آمارهای وزارت راه و شهرسازی، کشور با کمبود حدود یک‌میلیون و دویست هزار واحد مسکونی در کنار ۳۰ درصد استهلاک ساختمان مواجه است، ازاین‌روی به‌طور تقریبی سالیانه بیش از دو میلیون واحد مسکونی موردنیاز است. استمرار روش‌های سنتی جوابگوی نیاز جامعه نمی‌باشد [۵].

در سال‌های اخیر، دنیا با وخیم‌ترین شرایط آب‌وهوایی مواجه شده است. بر اساس پنجمین گزارش «هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم[1]» میانگین درجه حرارت سطح کره زمین از سال ۱۸۸۰ میلادی تاکنون به میزان ۰/۸۵ درجه افزایش‌یافته است. همچنین طی قرن گذشته سطح آب دریا در جهان به میزان ۱۹ سانتی‌متر بالاآمده که این پدیده به‌واسطه ذوب یخ‌ها به دلیل انتشار کربن در هوا به وجود آمده است. علت اصلی انتشار کربن به‌عنوان مهم‌ترین منشأ ایجاد گازهای گلخانه‌ای نیز از آن نام برد، فعالیت‌های انسانی در شهرهاست [۶].

این امر باعث رونق غیراصولی ساخت‌وساز در کشور به‌ویژه در صنعت ساختمان شده است و مشکلات عدیده‌ای (ازجمله کیفیت پایین ساختمان‌ها، کاهش عمر مفید ساختمان‌ها، تولید بیش‌ازحد ضایعات ساختمانی، عدم توانایی در بازیافت مصالح ساختمانی و ...) را به همراه داشته و باعث مصرف بیش‌ازحد منابع طبیعی و ایجاد خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست شده است [۷].

درمجموع، افزایش شهرنشینی، شکل‌گیری شهرک‌ها و مجتمع‌های مسکونی و گسترش حیرت‌انگیز شهرها درمجموع باعث توسعه نامتقارن در ابعاد مختلف شده است که نتیجه آن عدم توجه به اصول پایداری در ساخت‌وساز به‌ویژه در صنعت ساختمان است که عواقب زیان‌باری در پی خواهد داشت [۸].

ازاین‌رو، به دلیل آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی انکارناپذیر ساخت‌وسازها، اتخاذ سیاست‌های منجر به بهبود کیفیت ساختمان‌سازی و سازگار سازی با محیط‌زیست در جهت اهداف توسعه‌ی پایدار، امری ضروری است [۹].

با توجه به گسترش جمعیت انسانی، گسترش ساخت‌وساز و همچنین به دلیل کمبود فضا، ضعف توانایی پاسخگویی به روش سنتی در ساخت‌وساز، لزوم معرفی و بررسی صنعتی سازی در ساختمان بیشتر نمایان می‌شود [۱۰].

ایجاد ساختمان‌های ایمن که آسایش، سلامت و صرفه اقتصادی را برای فرد و جامعه فراهم آورد از اهداف اصلی مهندسین است. انتخاب صنعتی سازی ساختمان‌ها به‌عنوان روشی کارآمد و سیستماتیک جهت دستیابی به این هدف، مدنظر عوامل دخیل در ساختمان‌سازی بوده است [۱۱].

از زمان تصویب بیانیه جهانی حقوق بشر در سال ۱۹۴۸«حق داشتن مسکن مناسب» به‌عنوان یکی از اجزای مهم «استانداردهای زندگی مطلوب» معرفی‌شده است. ایران نیز با تشکیل وزارت آبادانی و مسکن در سال ۱۳۴۳ و سپس وزارت مسکن و شهرسازی در سال ۱۳۵۳ قدم‌هایی در این راه برداشته است. از سوی دیگر، طبق برخی از اسناد بین‌المللی ازجمله «دستور کار دومین اجلاس اسکان بشر[2] سازمان ملل متحد ترکیه -استانبول ۱۹۹۶» کشور جمهوری اسلامی ایران به‌عنوان یک عضو، تعهداتی را پذیرفته است؛ که ازجمله این تعهدات دولت عبارت‌اند از: توجه به‌حق داشتن مسکن مناسب؛ توانمند ساختن کلیه اقشار برای دسترسی به سرپناه مناسب؛ تضمین تلاش

[1] IPCC
[2] HABITAT2

و همکاری برای اجرای سیاست‌ها و راهبردهای اقتصاد کلان و تأمین سرپناه به‌عنوان یک اولویت اجتماعی؛ تأمین امنیت قانونی برای مالکیت زمین؛ تجهیز منابع مالی و اعتباری و منابع دیگر بخش خصوصی و دولت جهت توسعهٔ اجتماعی؛ دسترسی به فناوری‌ها و روش‌های مؤثر، مناسب و کارا، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه؛ افزایش موجودی مسکن مطلوب در قالب واحدهای مسکونی استیجاری، اجتماعی و تعاونی، از طریق افزایش مشارکت بخش‌های دولتی-خصوصی و اجتماعی [۱۲].

از سوی دیگر با توجه به جوان بودن جمعیت کشور و تقاضای انباشته سال‌های گذشته و با استناد به سند چشم‌انداز توسعه در افق ۱۴۰۴ زمانی کشور در حوزه مسکن به توسعه‌یافتگی دست می‌یابد که شاخص تراکم خانوار در واحد مسکونی به یک رسیده و هر خانوار ایرانی دارای یک مسکن باشد [۱۳].

تجربه نشان داده است که رشد غیرمعمول قیمت و اجاره‌بهای مسکن به‌ویژه در شهرهای بزرگ و عدم توجه به این مشکل، گره‌های عدیده‌ای را در ابعاد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی به دنبال خواهد داشت [۱۴].

در فاصله سال‌های ۱۳۵۲-۱۳۶۹ بیش از سی درصد از هزینه‌های سرمایه‌گذاری کل در بخش مسکن صورت گرفته است. در سال ۱۳۶۷، ۳۳ درصد از درآمد گروه فقیر به هزینه مسکن تخصیص‌یافته است. چند آمار پراکنده در بالا اهمیت مسکن را در اقتصاد کلان، تشکیل سرمایه، سبد هزینه خانوار و توزیع درآمدنشان می‌دهد و ازآنجاکه در بخش مسکن، بخش خصوصی سهمی بیشتر از ۹۰ درصد را به خود اختصاص داده است، یکی از عمده ترین فعالیت های غیر دولتی را تشکیل میدهد [۱۵].

حرکت به سمت صنعتی شدن نیازمند استراتژی جامع و گسترده، اقدامات مناسب و پیشرفت همزمان تمامی صنایع در ابعاد مختلف است. صنعت ساختمان به‌عنوان صنعتی تأثیرگذار، وسیع و پردامنه که هر ساله سرمایه‌های ملی قابل توجهی صرف آن می‌شود، در مقایسه با سایر صنایع پیشرفت چشمگیری نداشته است و نیازمند توجه ویژه است [۱۶].

ده‌ها سال است که در کشور طرح هایی برای صنعتی شدن تولید ساختمان آغاز شده، اما موفقیت آمیز نبوده است. دلیل آن را باید در این موضوع جستجو کرد که با وارد کردن چند کارخانه تولیدی که از نظر فناوری تا حد زیادی وابسته به کشورهای صنعتی است و مقررات و دانش فنی متناسب با آن در کشور وجود ندارد، نمی‌توان به اهداف صنعتی شدن دست یافت. صنعتی شدن باید با بررسی دقیق سیستم‌ها و فناوری‌های مطرح روز دنیا و امکان سنجی برای بومی سازی آن گسترش یابد [۱۷].

به طور کلی صنعتی سازی به مجموعه ای از روش ها اطلاق می گردد که در ساختمان اهدافی همچون سبک سازی، سرعت اجرا، مقاومت در برابر زلزله و حریق را افزایش داده و عملکرد حرارتی و آکوستیکی خوبی داشته باشد [۱۸].

۱-۱- صنعتی سازی ساختمان

صنعتی سازی ساختمان عبارت است از: کلیه فعالیت‌های مربوط به طراحی، فناوری‌ها، روش‌های ساخت و تولید کارخانه‌ای قطعات و اجزای ساختمان که مجموعه سیستم‌ها و فرآیند صنعتی سازی ساختمان را تشکیل می‌دهد [۱۹].

صنعتی‌سازی برای توصیف و در برگرفتن مفاهیم مدولسازی، پیش‌ساخته‌سازی و مونتاژ به کار می‌رود و به معنی استفاده از تجهیزات، تسهیلات و تکنولوژی با گرایش به افزایش خروجی، کاهش ابزار دستی و ارتقای کیفیت است [۲۰].

صنعتی‌سازی شامل سرمایه‌گذاری در تجهیزات جهت افزایش تولید، کاهش به کارگیری ابزار آلات و افزایش کیفیت می‌باشد [۲۱].

۱-۲- تاریخچه ساختمان‌های مدولار

در اروپا فکر مدولار کردن ساختمان در اواخر قرن ۱۹ شکل گرفت، "کمبود نیروی کار" بعد از جنگ جهانی دوم، محرک مهم تسریع اجرای ساختمان‌های مدولار در کشورهای مختلف شد. در انگلستان در سال ۱۹۴۸ سیستم "کلاسپ" ابداع گردید؛ که در ادامه این روند سیستم‌های دیگری به نام "اسکولا" و"سراگ" بنیان گذاشته شد. لزوم بکارگیری اندازه‌های استاندارد و ثابت باعث شکل‌گیری انجمن مدولار در سال ۱۹۵۳ گردید. در اسکاندیناوی مهندسان به طور انفرادی اجرای ساختمان به روش صنعتی را آغاز کردند. در دهه ۵۰ شرکت "لارسون"،"نیلسون کپنهاک" و "واسکانزا" سیستمی برای منازل اختراع کردند. در فرانسه مهندس ساختمانی بنام "آ. کاموس" سیستمی برای ساخت ۴۰۰۰ واحد مسکونی برای وزارت مسکن عرضه کرد. در اتحاد جماهیر شوری سابق که از سال ۱۹۳۵ پیشگامان منفرد آن شروع

به ساخت منازل پیش ساخته کردند، از نظر کمیت بالاترین پیشرفت را داشتند و در بازسازی بعد از جنگ جهانی دوم از این طرح ها بیشترین استفاده را کردند. بطوری که در بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۸ با جمعیتی در حدود ۲۳۷ میلیون نفر، امکان زندگی تک تک آن‌ها در هر واحد مسکونی فراهم گردید. پس می توان نتیجه گرفت که سه دلیل عمده پیشرفت سیستم‌های ساختمانی موارد زیر بودند [۲۲]:

الف) تلفات انسانی

ب) نابودی مواد و مصالح در جنگ جهانی دوم

ج) زمان

۱-۳- هدف از صنعتی سازی ساختمان

از اهداف صنعتی‌سازی بالا بردن سرعت تولید و افزایش سهم تولیدات کارخانه‌ای و کاهش سهم اجرا و تغییر آن به نصب و مونتاژ می‌باشد که از نتایج و آثار آن میتوان به سبک سازی، مقاوم‌سازی، صرفه جویی در مصالح، کاهش مصرف انرژی در دوران ساخت و بهره‌برداری، کاهش دوره ساخت و درنتیجه کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز اشاره کرد [۲۳].

۱-۴- ضرورت حرکت به سوی صنعتی سازی ساختمان

ایران تا کنون ۳ درصد از حجم کل ساخت و سازها را به صنعتی سازی اختصاص داده است، درحالی‌که این شاخص در کشورهایی مانند ترکیه و مالزی به ۴۰ درصد می‌رسد. توسعه و پیشرفت روز افزون منجر به افزایش دستمزدها و تغییرات عمده در درآمد کارهای ساختمانی گردیده و ازاین‌رو سازندگان را با مسائل جدیدی در روش ساخت‌وساز سنتی مواجه کرده است که عبارت‌اند از:

الف- افزایش دستمزدها ب- دستمزد بالای ساخت‌وساز به شیوه سنتی ج- اجرای زمان‌بر د- افزایش قیمت مصالح ساختمانی ه- خوابیدن بلند مدت سرمایه ل- هزینه کرایه ابزار

بطور کلی اصلاح روش‌های ساختمانی به دو شیوه می‌تواند پیاده شود:

روش اول: مدرنیزه کردن عملیات اجرایی، ولی روش ساخت همان ساخت سنتی باشد که محصول کار را عقلایی می‌نامیم.

روش دوم: بکارگیری سیستم مدولار و اجرای کامل ساخت به روش صنعتی [۲۲].

۱-۵- وجوه بارز یک سیستم صنعتی سازی

هشت حوزه خاص از ویژگی‌های سیستم صنعتی‌سازی محسوب می‌شوند که این هشت مشخصه سیستم صنعتی‌سازی ساختمان را از سایر سیستم‌ها متمایز می‌کنند، به شرح زیر می‌باشد [۲۴]:

۱- برنامه ریزی و کنترل فرآیند:

سیستم صنعتی‌سازی، برنامه‌ریزی و کنترل یک پروژه ساختار یافته، ایجاد می‌کند که در آن کار غیرضروری و فعالیت‌های اضافی حذف می‌شوند. با برنامه‌ریزی و کنترل، انجام کارهای بیهوده در سایت و مسائل فاقد ارزش افزوده، حذف می‌شوند.

۲- سیستم‌های فنی توسعه‌یافته:

برای جلوگیری از ایجاد مشکل در زمان مونتاژ، سیستم‌های فنی ساختمان با سطح بالایی از جزئیات توسعه‌یافته برنامه‌ریزی و طراحی می‌شوند. راه‌حل‌های استاندارد تا حد زیادی جهت برآورده کردن خواسته های کارفرما مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳- تولید المان‌های ساختمان خارج از سایت:

تولید قطعات در یک کارخانه باعث بهینه شدن و ایجاد شرایط کنترل دقیق روی قطعات و کاهش خطاها می‌شود. برای به حداقل رساندن کار در سایت هر قطعه می‌بایست تا حد ممکن پیش از خروج از کارخانه تکمیل شود.

۴- همکاری طولانی مدت بین سازندگان:

همکاری طولانی مدت و ارتباط نزدیک بین سازندگان در سیستم‌های پیش ساخته باعث افزایش حداکثری کیفیت و ایجاد امکان جمع‌آوری دانش برای پروژه‌های بعدی می‌شود.

۵- تدارکات یکپارچه در فرآیند ساخت‌وساز:

هر پروژه نیازمند زنجیره تامین منابع می‌باشد. با توجه به اینکه تدارکات و همچنین پروسه حمل و نقل و تحویل مصالح توسط یک کارخانه انجام می‌شود، تحویل قطعات می‌بایست در یک برنامه زمانبندی منظم صورت گیرد.

۶- تمرکز بر مصرف کننده:

با سرمایه‌گذاری بر روی نیازهای مصرف کنندگان، سیستم می‌تواند دستورالعمل صنعتی‌سازی ساختمان را تهیه نماید. همه مصرف کنندگان نیازهای مشابهی ندارند؛ لذا بازار به بخش‌های مختلف با هدف تامین نیازهای مختلف تقسیم می‌شود. این سیستم اطمینان از ساخت یک ساختمان با کیفیت مناسب و هزینه مناسب را برآورده می‌کند.

۷- استفاده از اطلاعات و فناوری ارتباطات:

برای کاهش خطا لازم است که از سیستم‌های فناوری اطلاعات نوین استفاده نمود به طوری که اطلاعات به سهولت در دسترس بوده و باعث افزایش کیفیت و راندمان می‌شود. با استفاده از سه بعدی سازی می‌توان خطاها را در مراحل اولیه طراحی پیدا کرد. همچنین می‌توان به مدل‌های سه بعدی مشخصات خاص پروژه مانند زمانبندی و محاسبات اقتصادی را نیز افزود.

۸- عملکرد سیستماتیک و استفاده مجدد از تجربه:

در صنعتی‌سازی بایستی از تجربه‌های سیستم سنتی به صورت سیستماتیک استفاده نمود. مستندسازی می‌تواند در جمع آوری تجارب برای استفاده‌های آتی و تصمیم‌گیری‌های بعدی چه در خصوص تغییر روش‌ها و یا راه‌حل‌های فنی مورد استفاده قرار گیرند [۲۴].

۱-۶- ثبات راه اندازی پروژه‌ها

پروژه‌ها اگر به درستی انتخاب و اجرا نشوند می‌توانند پایداری را مختل کرده و آسیب‌های جدی به آن وارد آورند و اگر به درستی اجرا شوند می‌توانند حتی از طریق تاثیراتی که بر دیگر فعالیت‌ها می‌گذارند ثبات و پایداری خود را نیز افزایش دهند. مثلاً پروژه‌های راه بدلیل بهره برداری، ممکن است منابع بسیار اساسی طبیعت اطراف خود را تحت تاثیر قرار دهند.

مقیدی و همکاران در پژوهشی به بررسی عوامل موفقیت برای اجرای مسکنی نوآورانه و اقتصادی پرداختند که یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که صنعتی سازی ساختمان و روی آوردن به صنعت مدولار و پیش ساخته سازی در تمامی مراحل اجرای ساختمان راهی برای دستیابی به مسکنی پایدار و اقتصادی می‌باشد که مباحث فرهنگی و اقتصادی مهم‌ترین نقش در تحقق این اهداف را دارند [۲۵].

افولابی و همکاران در پژوهشی به بررسی عوامل حیاتی مؤثر در موفقیت پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان پرداختند که یافته های این پژوهش نشان داد که مهارت در نصب و راه‌اندازی قطعات، در دسترس بودن مواد و تجهیزات، وجود برنامه ریزی دقیق و عمل به برنامه زمان‌بندی مدون از مهم‌ترین عوامل موفقیت در پروژه های صنعتی سازی ساختمان می‌باشند و همچنین عدم وجود حمل و نقل مناسب در محل، کمبود مواد و تجهیزات در حوزه کاری، برنامه ریزی نامناسب انجام فعالیت ها از مهم‌ترین چالش‌های اجرای پروژه های صنعتی سازی ساختمان به شمار می‌آیند [۲۶].

کاندرمیر در پژوهشی به سنجش مولفه های موفقیت در پروژه های ساخت‌وساز به روش صنعتی پرداخت که مولفه‌های شناسایی شده در پنج گروه اصلی شامل مولفه های مربوط به مدیریت پروژه، مولفه های مرتبط با پروژه، مولفه های خارجی و محیطی، روش مناقصه و نیروی انسانی تقسیم بندی شدند که برنامه ریزی مناسب، ایمنی و کنترل کیفیت، فضای اجتماعی و سیاسی کشور، مباحث مالی و وضعیت کلی اقتصادی کشور، مهم‌ترین تاثیر را در موفقیت پروژه های ساخت‌وساز به روش صنعتی را دارند [۲۷].

عبدالنبی و ال-اداوای به رتبه بندی ریسک ها و چالش های مرتبط با ساخت و ساز صنعتی و مدولار پرداختند که طبق نظر نمونه آماری ۴۸ نفره خبرگان، ریسک های مربوط به عوامل مدیریتی، مالی و ایمنی به ترتیب دارای بیشترین اهمیت می‌باشند [۲۸].

عبدالنبی و ال-اداوای در پژوهشی دیگر به بررسی علل رایج و کلیدی اختلافات پروژه های ساختمانی مدولار و صنعتی پرداختند که در آن از روش صنعتی سازی و مدولار به‌عنوان روشی جهت کاهش بسیاری از چالش‌های مربوط به روش‌های رایج ساخت‌وساز فعلی که به دلیل بهره وری ضعیف، کمبود نیروی کار ماهر و عملکرد ایمنی ضعیف بوجود می‌آیند، نام برده است. نتایج این تحقیق از بررسی ۳۹ پرونده حقوقی در دسترس در ایالات متحده بدست آمده است [۲۹].

هیون و همکاران در پژوهشی به فرآیند طراحی یکپارچه ساختمان‌های اجرا شده به روش صنعتی و مدولار به جهت کاهش دوباره کاری در پروژه ها پرداختند که روش‌های اجرای مدولار به دلیل طراحی واحد و کار در محل به‌طور همزمان سبب کاهش مدت اجرا و هزینه‌های اجرا و افزایش کیفیت می‌شود اما به دلیل صنعتی بودن پروژه ها جزئیات طراحی ساختمان باید در مراحل اولیه طراحی مشخص شود تا طی فرآیند عملیاتی مشکلات اجرایی کاهش یابد [۳۰].

وونی و شن به پژوهشی جهت توسعه عوامل موفقیت حیاتی برای ادغام اقتصاد دایره ای در پروژه های ساختمانی صنعتی و مدولار در هنگ کنگ پرداختند، در این پژوهش عوامل موفقیت شامل تکمیل زودهنگام طراحی، ایجاد تعهد در قبال کارفرما، مدیریت مؤثر و حمایت از پیمانکار، دانش و تجربه تیم اجرایی و اشتراک گذاری اطلاعات بین تیم پروژه، می‌شود. همچنین در دسته بندی کلی مولفه های مدیریت مؤثر زنجیره تامین، شایستگی و تعهد اولیه و همکاری و مدیریت اطلاعات دارای ۶۱/۴۶۱ درصد از واریانس کل را تشکیل می‌دهند لذا توجه به این عوامل از اهمیت ویژه ای برخوردار است [۳۱].

لو و کورمان در پژوهشی به بررسی فرصت‌های پیشبرد پروژه‌های ساختمانی مدولار و صنعتی با استفاده از مدل پیاده سازی ساختمان پرداختند که طبق یافته های مطرح شده صنعتی سازی ساختمان دارای ویژگی‌هایی ازجمله کاهش نیروی کار، کاهش تولید گازهای گلخانه ای در محل، کاهش زمانبندی ساخت و افزایش کیفیت می‌باشد همچنین این تحقیق نشان می‌دهد مؤثر ترین استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان[3] در صنعتی سازی ساختمان در بخش طراحی است به دلیل قدرت هماهنگی از طریق انیمیشن‌های متحرک و تشخیص برخورد با آن [۳۲].

لیم و همکاران در پژوهشی به بحث برنامه ریزی و هماهنگی ساخت‌وساز مدولار پرداختند که یافته های آن‌ها نشان می‌دهد حتی با وجود پیشرفت ساخت‌وساز به روش‌های صنعتی و مدولار هنوز درک جامعه از جنبه‌های فنی آن ساختمان‌ها محدود است در این چهار جنبه فنی مورد مطالعه قرار گرفت که شامل جنبه های امکان سنجی، انواع روش‌های اجرا، طراحی و تجزیه و تحلیل ساختاری، برنامه ریزی جهت ساخت می‌باشد [۳۳].

پروز و همکاران به ارزیابی عوامل بحرانی ریسک در اجرای ساختمان به روش صنعتی و مدولار پرداختند که این پژوهش «تجربه ناکافی در ساخت‌وساز مدولار»، «ظرفیت ناکافی سازندگان مدولار» و «ناتوانی در ایجاد تغییرات در طراحی در مرحله ساخت‌وساز» را به‌عنوان سه ریسک مهم در اجرای ساخت‌وساز مدولار مشخص کردند [۳۴].

وانگ و همکاران به بررسی توسعه صنعتی شدن ساختمان در هر دوره از چین پرداختند، این مقاله به بررسی و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های سه حالت توسعه صنعتی ساختمان می‌پردازد که عبارتند از سازه بتنی پیش ساخته، سازه بتنی مدرن ایجاد شده در محل و سازه فولادی، این پژوهش پیشنهاد می‌کند که صنعتی‌سازی باید توسعه پیدا کند و در عین حال این مهم نیاز به بازارگرایی دارد، همچنین به اهمیت ترویج زنجیره صنعتی کامل و مدلسازی اطلاعات ساختمان اشاره می‌کند [۳۵].

بینگ و همکاران در پژوهشی نتیجه‌گیری کردند که ورودی‌های پروژه (مثل هزینه، زمان و نیروی کار) همچنین هزینه پیاده‌سازی و محدودیت‌های نرم افزاری (به عنوان مثال: هزینه‌های سرمایه، ارتقاء نرم افزار و سازگاری) عوامل اصلی هستند که بر تصمیمات متخصصان برای اتخاذ فناوری‌های جدید در پروژه‌های صنعتی تأثیر می‌گذارند [۳۶].

مارتین به این نتیجه رسید که در سال ۲۰۰۶، پس از سال ها رکود و حتی کاهش قابل توجه تولید، سرانجام صنعت ساختمان یک سال رشد قوی را تجربه کرد.به صورت اسمی، صنعت در سال ۲۰۰۶ به میزان ۷ درصد رشد کرد. پس از افزایش قیمت، رشد واقعی تقریباً ۵ درصدی بسیار بیشتر از حد انتظار بود. مسلماً، یکی از دلایل این گسترش، اثر افزایش مالیات بر ارزش افزوده اعلام شده برای ۱ ژانویه ۲۰۰۷ بود [۳۷].

[3] Building Information Modeling (BIM)

آلاواگ و همکاران یافتند که استفاده از سیستم ساختمانی صنعتی[4] در پروژه‌های ساختمانی عملکرد کلی در محل ساخت و ساز را از نظر ایمنی، کیفیت، اثربخشی هزینه، بهره وری و کاهش ضایعات را افزایش می‌دهد، همچنین موانع مختلفی مانند کمبود کارگران ماهر، اتکا به کارگران خارجی، کیفیت مصالح، بهره‌وری ساخت و ساز و عدم پذیرش این سیستم در صنعت ساخت و ساز نیز وجود دارد [۳۸].

۱-۷- بررسی کلی از تجارب سایر کشورها در سیاست تولید صنعتی مسکن

در جدول ۱، به بررسی تجربیات و اقدامات کشورهای پیشرو در این صنعت پرداخته خواهد شد.

جدول۱ : جمع بندی تجارب جهانی در تولید صنعتی مسکن

کشور	مسئله	راهبرد
آلمان	درنتیجه بمباران فراوانی که در جنگ جهانی دوم توسط متفقین صورت گرفت، بسیاری از ساختمان‌ها خراب شدند؛ اما زیرساخت‌ها (لوله‌های آب و فاضلاب، برق و...) همچنان پابرجا بودند. برای درک بهتر، به‌عنوان نمونه پس از جنگ تنها از آلمان غربی ۴۰۰ میلیون مترمکعب آوار جمع‌آوری شد. لذا با توجه به خسارت بالا و جمعیتی بالغ بر ۸۰ میلیون نفر، نیاز به مسکن به‌شدت احساس می‌شد [۳۹].	با کمک آمریکا (طرح مارشال) در آلمان غربی و شوروی در آلمان شرقی دولت شروع به ساخت خانه‌هایی، غالباً به‌صورت پیش‌ساخته بتنی کردند. به‌طوریکه درمجموع بین سال‌های ۱۹۴۹ تا ۱۹۷۸ (۳۰ سال)، ۱۷/۸۸۶/۰۰۰ واحد مسکن در کل آلمان ساخته شد [۳۷].
روسیه	طی سال‌های نخست دهه ۱۹۹۰ لزوم رسیدگی به بخش ساخت‌وساز در روسیه حس شد، زیرا اکثر بافت‌ها در شهرهای کوچک و متوسط و حتی بزرگ از استانداردهای لازم برخوردار نبودند و به ساخت مسکن نیازی ضروری احساس می‌شد. شبیه دیگر کشورها رشد جمعیت نیز دلیل دیگر افزایش اهمیت بخش مسکن در روسیه بوده است [۳۹].	به این ترتیب رشد ۴۰ درصدی سرمایه‌گذاری دولت در بخش مسکن و نیز زمینه‌سازی برای حضور بخش خصوصی در این حوزه جزو اقدامات دولت برای پاسخگویی به تقاضا بوده است. دولت روسیه در حوزه تولید مسکن و ساخت‌وساز همزمان در دو مسیر حرکت کرد: ۱- سرمایه‌گذاری در انبوه‌سازی عظیم در شهرهای بزرگ ۲- کمک به افراد برای ساخت مسکن موردنیاز خود از طرفی دولت روسیه برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد مسکن، به بخش خصوصی کمک کرد تا کارخانه‌های تولید مصالح و اجزای پیش‌ساخته ساختمان تأسیس کنند. به‌طوریکه تنها در نیمه نخست سال ۲۰۰۶، ۸۵۰ شرکت جدید در زمینه مهندسی، طراحی، ساخت، تولید انواع مصالح و اجزای پیش‌ساخته ساختمانی تأسیس شدند. در حال حاضر حدود ۵۰ درصد از پروژه‌های مسکونی در روسیه پیش‌ساخته هستند و هم‌اکنون ساخت خانه‌های مدولار سه‌بُعدی، به‌عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین روش‌ها برای بالا بردن میزان ساخت‌وساز در ساختمان‌های مسکونی به‌خوبی در روسیه توسعه‌یافته است. این کشور به‌دلیل منابع چوب زیاد، چندین شرکت متخصص در تولید چوب چند لایه[5] و ساخت خانه دارد (کف و دیوارهای ساخته شده از چوب قبل از رسیدن به محل کار به‌طور کامل ساخته میشوند) [۴۰].
چین	افزایش چشم‌گیر جمعیت و نیاز به تولید ساختمان‌های ایمن و بهینه در مدت زمان کوتاه جهت رفع نیاز شهروندان در حوزه مسکن [۳۹].	در کشور چین نیز علاوه‌بر تلاش به‌منظور حفظ فرهنگ گذشته، پس از طی مسیرهای لازم توسعه، استفاده از روش ساخت صنعتی که دارای مراحلی همچون پیش‌ساخت، پیش‌مونتاژ، روش‌های ساخت مدرن و تولید خارج از کارگاه است، به‌منزله یک روش مهم و فراگیر پیگیری شده است. این کشور صنعتی سازی را در سال ۱۹۵۰ به‌منظور تحقق اهداف کاهش قیمت مسکن، بهبود کیفیت مسکن، کاهش زمان ساخت و افزایش عرضه مسکن آغاز کرده است. کشور چین به‌منظور دستیابی به اهداف تعیین شده، اقداماتی ازجمله استفاده از تکنولوژی‌های پیش‌ساخته با تمرکز بر یادگیری از تکنیک «ساخت‌وساز بزرگ شوروی» استانداردسازی طراحی، ساخت کارخانه تولید اجزا و قطعات و مکانیزاسیون ساخت‌وساز، تحقیق و پژوهش تجارب سایر کشورها، امکانسازی آموزش و تربیت نیروی کار، تأسیس سازمانی با عنوان مرکز توسعه صنعتی سازی مسکن[6] تعیین و تدوین راهبرد برای توسعه صنعتی سازی ساختمان و تهیه مدارک فنی و درنهایت تعریف خطمشی«سیستم گواهینامه عملکردی ساختمانهای مسکونی» را طی این ۷۰ سال دنبال کرد. در ادامه این روند شرکتهای بزرگ صنعت ساختمان چین مانند شرکت ونکه و شرکت پیمانکاری عمومی و مهندسی ساخت‌وساز نان تانگ، وارد بازار شدند و با فعالیت در بخش پژوهش و تحقیق این روش از ساختوساز را در کشور گسترش دادند. بیشتر شرکت‌های چینی از روش فناوری مدولارسازی[7] استفاده می‌کنند که بزعم خود نحوه کار ساخت‌وسازشان را به بازی لگو تشبیه می‌کنند، آنان همه قطعات پیش‌ساخته ساختمان‌ها را بر اساس نقشه سر هم و مونتاژ می‌کنند. این شیوه ساخت‌وساز از ساخت سنتی سریع‌تر و ارزان‌تر تمام می‌شود و از همه مهمتر این گونه ساختمان‌ها از بقیه ساختمان‌ها به‌مراتب ایمن‌تر و بهینه‌تر خواهد بود و در مدیریت مصرف انرژی، نور و صدا موفق‌تر از ساختمان‌های سنتی است. شایان ذکر است که در این روش اکثر قطعات در کارخانه‌های پیشرفته ساخته شده و در زمانی کم در محل ساختمان قطعات در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال هتل آپارتمان ۱۵ طبقه‌ای آرک[8] در شانگهای چین در کمتر از یک هفته در محل مونتاژ شده است [۳۵].
آمریکا	بحران مسکن پس از جنگ جهانی دوم و نیاز شدید به رفع کمبود [۳۹].	این کشور از سال ۱۹۳۰ فرایند این نوع از ساخت‌وسازرا آغاز کرد. این روند پس از جنگ جهانی دوم به‌دلیل نیاز به رفع کمبود بحران مسکن تشدید شد تا اینکه در سال ۱۹۹۹، ساخت مسکن به روش پیش‌ساخته ۳۰ درصد ساخت‌وساز واحدهای مسکونی را به‌خود اختصاص داد. کشور آمریکا در صنعتی سازی ساختمان سه هدف اصلی شامل رفع نیاز به مسکن، کاهش قیمت مسکن و ضرورت ساخت ساختمان‌های ارزان برای اقشار کم‌درآمد، طبقه متوسط و ضعیف جامعه را در پیش گرفته است. این کشور اقدامات مستمری را جهت فرهنگ‌سازی و متداول ساختن روش صنعتی مانند فراهم‌سازی امکانات و تسهیلات برای بخش خصوصی، ایجاد فضای رقابتی بین سازندگان (مبتنی‌بر قیمت، معماری، معافیت مالیاتی و صرفه‌جویی در انرژی) و درنتیجه بهبود کیفیت تولیدات و تحقیق و پژوهش توسط کنسرسیوم‌های خصوصی دولتی به‌منظور بهینه‌سازی فرایند مهندسی ارزش و استفاده از تکنولوژی جدید انجام داده است [۳۶].
مالزی	به‌دلیل افزایش جمعیت از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ نیاز به ساخت بیش از ۸/۵ میلیون واحد	دولت مالزی تمرکز بر صنعتی سازی ساختمان را به‌عنوان راهی برای رسیدن به توسعه پایدار و پاسخ به نیاز این کالای اساسی انتخاب کرده است. تولید ساختمان‌های کارآمدتر با کیفیت بالا در زمان کوتاه و کاهش وابستگی به کارگران خارجی

[4] Industrialized Building System (IBS)
[5] Cross laminated timber (CLT)
[6] Housing Industrialization Promotion Centre
[7] Modularization Construction Technology
[8] ARK

	مسکونی وجود داشت [۳۹].	ازجمله اهداف اصلی مسئولین این کشور برای رونق صنعتی سازی بوده است .به‌منظور دستیابی به اهداف تعیین شده، اقداماتی ازجمله تأسیس کمیته راهبری توسعه و تدوین نقشه‌های راه صنعتی‌سازی ساختمان[9] الزام نهادهای دولتی برای ساخت ۷۰ درصد ساختمان‌های خود به روش صنعتی، الزام بخش خصوصی برای ساخت ۵۰ درصد ساختمانها به روش صنعتی، تعیین استاندارد قطعات، تعیین شاخصهای ارزیابی و کمیته ناظر صنعتی سازی در کابینه، ارتقای سطح صنعتیسازی ساختمان و انطباق با آداب و رسوم مالزی و تحقیق و پژوهش تجارب سایر کشورها، طی سال‌های متمادی توسط این کشور انجام گرفته است [۳۸].
سوئد	در سال ۱۹٦۷ به دنبال اعلام ساخت یک‌میلیون مسکن توسط کمیسیون مسکن، ظرف مدت ۱۰ سال [۳۹].	طرح واحدهای مسکونی جدید در دهه ٦۰ و ۷۰ به روش صنعتی اجرا گردید و از سال ۱۹٦۷ به دنبال اعلام ساخت یک‌میلیون خانه توسط کمیسیون مسکن، ظرف ۱۰ سال، سالیانه متوسط صد هزار واحد مسکونی ساخته شد .از طرفی از همان سال به تولید «سیستم سوئدی» مقرر شد، برای ساخت پانل‌های مسکن در سوئد به‌صورت اتوماتیک در کارخانه انجام گردد. اصطلاحاً پیش‌ساخته سقف و عناصر کف با قاب چوبی، پانل‌های دیواری (باز و بسته) اشاره دارد که ممکن است به‌عنوان عناصر به سایت منتقل شوند یا از قبل در ماژول‌های حجمی مونتاژ شوند. درنتیجه این اقدامات در حال حاضر ۸۰ درصد اجزای ساختمان‌های مسکونی در این کشور از قطعات پیش‌ساخته استفاده می‌کنند؛ ضمن آنکه این کشور تولیدکننده برجسته تجهیزات مورد استفاده در کارخانه‌های پیش‌ساخته نیز است [۴۱]
انگلیس	اعلام برنامه تحویل برای رفع کمبود مسکن پادشاهی انگلستان پس از جنگ جهانی دوم [۳۹].	با در نظر گرفتن جزئیات طرح مسکن عمومی از نتایج کمیته برت که در سال ۱۹۴۲ تشکیل شد، دولت ائتلاف زمان جنگ تحت نظر چرچیل پیشنهاد کرد تا نیاز ۲۰۰/۰۰۰ کمبود پیش‌بینی شده در مسکن پس از جنگ را با ساخت ۵۰۰/۰۰۰ خانه پیش‌ساخته طی پنج سال از پایان جنگ جهانی دوم برطرف کند. با استفاده از امکانات تولید زمان جنگ و ایجاد استانداردهای مشترک توسعه‌یافته توسط وزارت کار، برنامه شروع خوبی داشت و از ۱/۲ میلیون خانه جدیدی که بین سال‌های ۱۹۴۵ و ۱۹۵۱ با پایان یافتن برنامه به‌طور رسمی پایان یافت، حدود ۱۵۰/۰۰۰ خانه پیش‌ساخته ایجاد شدند. در پشت این طرح، مقامات محلی تکنیکهای غیرسنتی ساخت را که شامل برخی از روش‌های پیش‌ساخته، به‌ویژه بتن مسلح پیش‌ساخته[10] بود برای برآوردن تقاضای به‌وجود آمده، ایجاد کردند [٤۲].
دانمارک	از دهه ۱۹٦۰ به بعد، دولت با همکاری بخش خصوصی به گسترش تولید صنعتی ساختمان پرداخت [۳۹].	در راستای گسترش این سیستم، دولت با تعیین قواعد ساختمانی واحد برای کل کشور، تعیین برنامهٔ پنجساله اول توسعه و لزوم استفاده از اجزای پیش‌ساخته و اصول مدولار، برای استفاده از سوبسید، برنامه‌ریزی کرده است. دولت دانمارک در جهت تولید انبوه مسکن و کاهش قیمت تمام شدهٔ مسکن از تکنولوژی پیشرفته در ساختمان‌سازی استفاده کرده و هر دو بخش خصوصی و دولتی از آن حمایت کرده‌اند[٤۳].
ژاپن	با توجه به زلزله خیزی کشور ژاپن و نیاز به ساخت ساختمان‌های ایمن و کارآمد در مدت زمان کوتاه [۳۹].	تولید واحدهای مسکونی پیش‌ساخته توسط دولت ژاپن از دهه ۱۹۵۰ آغاز شد و دولت به طرق مختلف به حمایت از روش‌های تولید صنعتی پرداخت. مصالح چوبی پیش‌ساخته، مهمترین مصالح مورد استفاده در ساختمان‌های مسکونی تک خانواری است و با توجه به سهم هزینهٔ مصالح، سعی شده در هر منطقه از مصالح بومی استفاده شود [٤٤].

۱-۷-۱- بررسی مطالب عنوان شده در خصوص سیاست‌های تولید صنعتی مسکن در جهان و ایران

جدول۱ نشان می‌دهد که علیرغم به‌کارگیری روش‌های صنعتی و پیش‌ساختگی توسط کشورهای دیگر، باز هم میزان ساخت و ساز در این کشورها حداکثر ششصد هزار مسکن در سال بوده است. بنابراین باید در نظر داشت اولاً افزایش ظرفیت ساخت مسکن در کشور از پانصد هزار به یک میلیون مسکن درسال، با روش‌های مرسوم و سنتی ساخت مسکن عملاً دور از ذهن خواهد بود؛ ثانیاً در صورت افزایش ظرفیت پیش ساختگی و صنعتی سازی در کشور نیز مطمئناً در سال اول این مهم عملی نخواهد شد. چرا که پروسه تحقیق، توسعه و احداث کارخانه‌ها و کارگاه‌های ساخت اجزای پیش ساخته و مورد نیاز صنعتی سازی زمانبر بوده و در نتیجه افزایش ظرفیت تولید متناسب با پیشرفت زیرساخت‌های مورد نیاز صنعتی سازی خواهد بود.

لذا مقتضی است برای دستیابی به این هدف در کنار روش‌های سنتی، با استفاده از ظرفیت بخش خصوصی به سمت صنعتی سازی ساختمان حرکت کرد و با استفاده از دانش فنی موجود در دانشگاه‌ها، اقدام به طراحی خط تولیدهای بومی و درنتیجه ایجاد و گسترش ظرفیت‌های پیش‌ساختگی در کشور، برای کمک به تولید مسکن سریع، مقاوم، پایدار، باکیفیت و ارزان نمود [۳۹].

هدف اصلی تحقیق حاضر شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی می‌باشد و لذا با توجه به اهداف تحقیق سؤالاتی که مطرح می‌شود شامل موارد ذیل هست:

- مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان چه می‌باشند؟
- رتبه‌بندی عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی چگونه است؟
- چه راهکارهایی جهت بهبود شرایط ساخت‌وساز و استفاده بهتر از روش‌های صنعتی‌سازی ساختمان ارائه می‌دهید؟

[9] IBS Steering Committee
[10] PRC

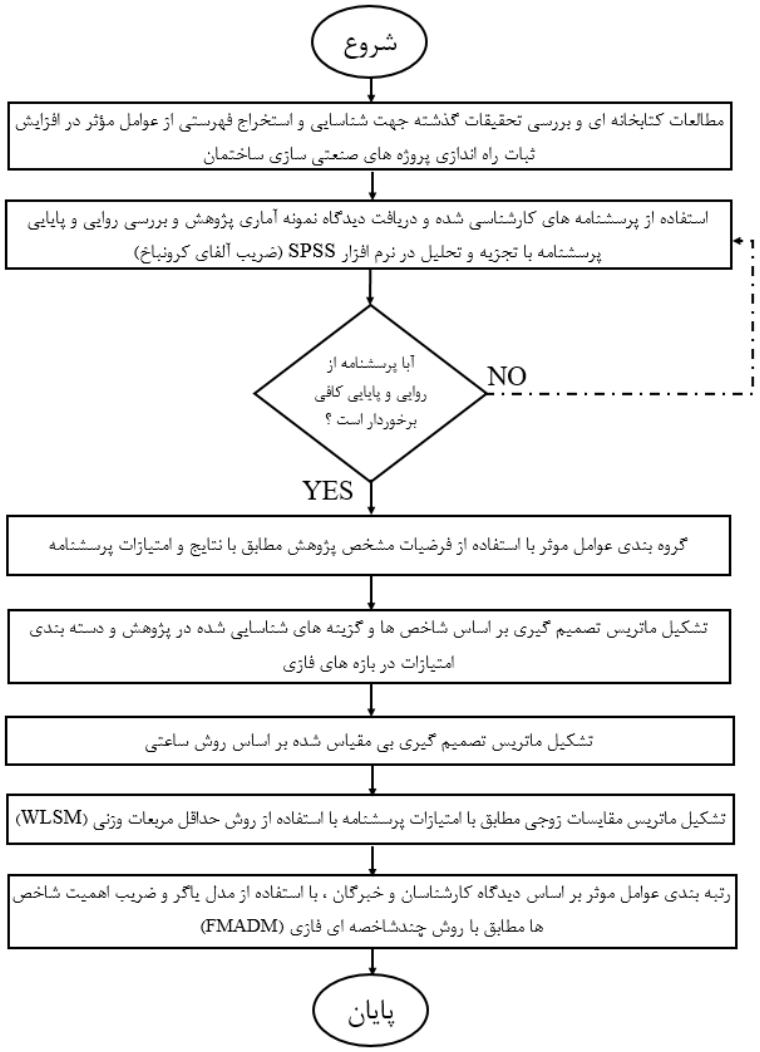
۲- روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات استنباطی، توصیفی و پیمایشی است. در تحقیق حاضر، جامعه آماری تحقیق شامل گروهی از اساتید دانشگاه، متخصصان و کارشناسان حوزه صنعتی سازی ساختمان در شهر کرمان هست. روش نمونه‌گیری هدفمند بوده و آن دسته از افراد که در بخش‌های مرتبط با موضوع تحقیق مشغول فعالیت هستند و از شناخت و درک قابل قبولی نسبت به موضوع برخوردارند برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز انتخاب‌شده‌اند. نمونه انتخابی در این تحقیق شامل ۳۲ تن از از اساتید دانشگاه، متخصصان و کارشناسان حوزه صنعتی سازی ساختمان در شهر کرمان هست که مشخصات آن‌ها در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول۲ : شاخص های دموگرافیک (مشخصات عمومی) مصاحبه شوندگان

جنسیت	۲۹ نفر مرد (۹۱٪) – ۳ نفر زن (۹٪)
سن	۲۴ نفر سن ۳۶ سال و بیشتر (۷۵٪) – ۷ نفر سن ۳۱ تا ۳۵ (۲۲٪) – ۱ نفر سن ۲۶ تا ۳۰ (۳٪)
مدرک تحصیلی	۱۱ نفر مدرک دکتری (۳۴٪) – ۱۵ نفر کارشناسی ارشد (۴۷٪) – ۶ نفر کارشناسی (۱۹٪)
سابقه کاری	۱۹ نفر سابقه بیش از ۱۵ سال (۵۹٪) – ۱۱ نفر سابقه ۱۱ تا ۱۵ سال (۳۵٪) – ۲ نفر سابقه ۶ تا ۱۰ سال (۶٪)

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ای فازی (FMADM) هست، به‌طورکلی مراحل انجام تحقیق به شرح زیر می‌باشد (شکل ۱)



شکل۱ : مراحل انجام تحقیق بصورت فلودیاگرام (فلوچارت)

- در فاز نخست، مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی تحقیقات گذشته جهت شناسایی و استخراج فهرستی از عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه های صنعتی سازی ساختمان انجام می‌شود.
- در فاز دوم با انجام مطالعات میدانی، با استفاده از پرسشنامه‌های کارشناسی شده مبتنی بر طیف لیکرت، پس از بررسی روایی پرسشنامه توسط خبرگان و تأیید پرسشنامه و بررسی پایایی آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ، دیدگاه گروهی از اساتید دانشگاه، متخصصان و کارشناسان حوزه صنعتی سازی ساختمان در شهر کرمان گردآوری‌شده و پس از تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، گروه بندی عوامل مؤثر با استفاده از فرضیات مشخص پژوهش، مطابق با نتایج و امتیازات پرسشنامه انجام می‌شود.
- در فاز سوم ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس شاخص و گزینه‌های شناسایی شده در پژوهش ترسیم و بر اساس دیدگاه کارشناسان و خبرگان در حوزه موردمطالعه، امتیازات اولیه در بازه های فازی قرار می‌گیرند و سپس ماتریس مربوطه بر اساس روش آقای ساعتی بی‌مقیاس می‌گردد، در نهایت ماتریس مقایسات زوجی مطابق با امتیازات پرسشنامه و با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی (WLSM) تشکیل و در مرحله آخر رتبه بندی عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان بر اساس مدل یاگر و ضریب اهمیت شاخص‌ها مطابق با روش چند شاخصه‌ای فازی (FMADM) انجام می‌شود.
- در فاز چهارم بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از روش چندشاخصه‌ای فازی، رتبه بندی عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان در این تحقیق ارائه می‌گردد.

۲-۱- استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی

در صورتی که چندین شاخص برای انتخاب یا اولویت بندی گزینه‌ها وجود داشته باشد وگزینه‌ها متغیری گسسته باشند از مدل‌های MADM استفاده می‌شود. این مدل‌ها از ماتریس تصمیم‌گیری زیر استفاده می‌کنند. (شکل ۲)

شاخص‌ها / گزینه‌ها	X_1	X_2	X_3
A_1	r_{11}	r_{12}	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	r_{2n}
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	r_{m3}

شکل۲ : ماتریس تصمیم چندشاخصه‌ای فازی

A_i گزینه (انتخاب) i ام و X_i شاخص (معیار) j ام و R_{ij} ارزش گزینه i ام از نظر شاخص jام است.

۲-۲- گام‌های روش تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی

در مدل‌های MADM قطعی فرض بر این است که ارزش گزینه‌ای از نظر شاخصی به صورت یک عدد حقیقی قابل اندازه گیری است (در مسأله مورد نظر میزان هزینه پروژه این چنین است، یعنی این شاخص کمی و از قبل قابل اندازه گیری است) اما در شرایط واقعی ممکن است برای برخی شاخص‌ها چنین فرضی وجود نداشته باشد و نتوان از اعداد قطعی برای بیان اهمیت شاخص‌ها یا ارزش گزینه‌ها از نظر شاخص ها استفاده کرد (در مسأله مورد نظر، وضعیت شاخص ها نسبت به هم و همچنین ارزش هر گزینه از نظر شاخص اهمیت پروژه بدین صورت است) در این حالت مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی (FMADM) برای تصمیم‌گیری ترجیح داده می‌شود.

برای رتبه بندی (انتخاب) فرضیه ها از مدل یاگر استفاده می کنیم که مطابق با شرایط و اطلاعات مسأله است.

در ماتریس تصمیمی که A بیانگر مجموعه گزینه‌ها، X معرف مجموعه شاخص‌ها و $\widetilde{C_J}$ برای $(j=1,2,\ldots,n)$ نشان دهنده مجموعه‌های فازی که بیانگر درجه ارضای معیار j ام توسط گزینه های مختلف است، یک تصمیم را می توان اشتراک تمام مجموعه های فازی $\widetilde{C_J}$ در نظر گرفت :

رابطه (۱) – تشخیص درجه عضویت (مجموعه فازی تصمیم)

$$D = C_1^{W_1} \cap C_2^{W_2} \cap \ldots \cap C_m^{W_m}$$

که در آن W_j وزن شاخص j ام و $\widetilde{C1}$ نشان دهنده مجموعه های فازی (درجه ارضای معیار برای هر مورد) است. بنابر این گزینه بهینه، گزینه ای است که بیشترین درجه عضویت را در $\widetilde{D}$ داشته باشد. مدل یاگر دارای مراحلی به شرح زیر است :

گام ۱- با انجام مقایسات زوجی و با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی، وزن شاخص‌های مختلف (بردار) محاسبه می‌شود.

گام ۲- درجه عضویت هر گزینه از نظر هر شاخص و طبق نظر تصمیم گیرنده ارزیابی می‌شود $[\mu_{\widetilde{C}J}(Ai)]$ و آن را به توان W_j می‌رسانیم تا مجموعه فازی $\widetilde{CJ}(Ai)^{wj}$ به دست آید.

گام ۳- اشتراک مجموعه فازی $\widetilde{CJ}(Ai)^{wj}$ را بدست آوریم و بر اساس آن مجموعه فازی تصمیم $\widetilde{D}$ را تشکیل می‌دهیم.

رابطه (۲) – تشخیص گزینه بهینه

$$D=\left\{A_i,\min\left[\mu_{C_i}(A_i)\right]^{w_j}\right\}$$

که در آن A_i گزینه (انتخاب) i ام و W_j وزن شاخص j ام می‌باشد

گام ۴- گزینه‌ای را که بالاترین درجه عضویت را در $\widetilde{D}$ داشته باشد به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌شود.

۳- یافته‌ها

۳-۱- تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان

با توجه به نتایج و امتیازات پرسشنامه عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان بر اساس بیست و دو فرضیه تقسیم بندی می‌شوند که در جدول ۳ این عوامل نمایش داده شده است.

جدول۳ : گزینه (انتخاب) های مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی (فرضیه‌های پژوهش)

ردیف	عنوان فرضیه پژوهشی	منبع	شاخص
۱	استفاده از خدمات مشاوران صلاحیت دار بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۵]،[۳۱]	کیفیت
۲	انتخاب پیمانکار ذیصلاح و توانمند بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۵]،[۳۱]،[٤٦]	
۳	دسترسی به تکنولوژی جدید بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۳۳]،[۴۶]،[۴۷]	
٤	موقعیت اجرای پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[٤٧]	
٥	توجه به هزینه‌ها و نوسانات قیمت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۴۵]،[۴۶]،[۴۷]	اقتصادی
٦	مدیریت مالی پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۲۵]،[٤٧]	
۷	برآورد ریالی هزینه تعمیرات زمان بهره برداری و سود حاصل از بهره برداری بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۳۷]،[٤٥]	
۸	تهیه صحیح برنامه زمانبندي، بودجه بندي و توزیع نقدینگي(Cash Flow) برافزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۲٦]،[۳۳]،[٤٧]	
۹	حساسیت و اهمیت پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۴۵]،[۴۷]	اجتماعی و سیاسی
۱۰	گسترش خدمات عمومی و عدالت اجتماعی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[٤٧]	
۱۱	نحوه سیاست گذاری حکومت در منطقه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۲۷]،[٤٥]،[٤٦]	
۱۲	در نظر گرفتن چشم‌اندازها و خط مشی‌های کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[٤٦]،[٤٧]	
۱۳	انطباق آئین نامه های طراحی با شرایط اجتماعی و اقلیمی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۵]،[۲۷]	
١٤	هماهنگی در سیاست‌های کلان کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۲۷]،[٤٥]	
١٥	تصمیم‌گیری مطابق اصول و استانداردهای جهانی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[٤٦]	مدیریتی
١٦	مدیریت صحیح زنجیره تامین ساختمان بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۵]،[۳۱]	
۱۷	پشتيباني و همكاري تيم مديريتي پروژه در ارائه يك پروژه پايدار بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۲۹]،[۳۱]،[٤٧]	
۱۸	تعهد به روش شناسي سيستماتيك مديريت پروژه بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[٤٦]،[٤٧]	
۱۹	تعامل سازنده سازمان‌ها و نهادهاي مرتبط با پروژه (بيمه، بانك و.) بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۲۵]،[٤٧]	
۲۰	در نظر گرفتن حیات جانوری و گیاهی و منابع آبی (سرمایه ملی) بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۴۵]	زیست‌محیطی
۲۱	در نظر گرفتن آلودگی صدا و آلودگی صوتی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[٤٥]	
۲۲	ایجاد امکان بازیافت مصالح و استفاده مجدد از آن‌ها بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	[۳۸]،[۴۵]،[۴۶]	

۳-۲- تشریح عوامل موثر و ارتباط آن‌ها با موضوع پژوهش

در ثبات راه‌اندازی پروژه های صنعتی سازی ساختمان بحث درستی اجرا ملاک عمل قرار دارد، یعنی نحوه اجرا و پیشبرد پروژه دارای ارتباط با دیگر فعالیت‌های مرتبط با آن پروژه قرار دارد، همانطور که نحوه صحیح اجرای یک پروژه می‌تواند در پیشبرد هرچه بهتر پروژه و دیگر فعالیت های مرتبط به آن تاثیر مثبت بگذارد عدم توجه به این موضوع نیز می‌تواند ثبات راه اندازی پروژه‌ها را با خطر مواجه سازد. مهمترین عوامل موثر در ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و بررسی تحقیقات پیشین و پس از بومی سازی و انطباق با شرایط اجرای پروژه های صنعتی سازی ساختمان در ایران انتخاب شدند. لازم به ذکر است در این جدول منظور از "پروژه ها" صرفا پروژه های مربوط به صنعتی سازی ساختمان می‌باشد و ممکن است این عوامل در خصوص دیگر پروژه های عمرانی صادق نباشد. در فرضیه های مربوط به شاخص "کیفیت" عواملی نظیر "مشاوران صلاحیت دار"، و یا "پیمانکاران ذی صلاح" ذکر شده است، لازم به توضیح است منظور از صلاحیت، صلاحیت حرفه ای از ارگان های رسمی کشور است، برای مثال براساس ماده ۲۲ قانون برنامه و بودجه کشور، تشخیص صلاحیت و طبقه بندی مهندسین مشاور و پیمانکاران، توسط سازمان برنامه و بودجه (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور یا معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری) و براساس آیین نامه مصوب هیات وزیران صورت خواهد گرفت. و یا در مورد پیمانکاران یا مجری ذی‌صلاح مطابق با ماده ۱۰ آیین‌نامه اجرایی ماده ۳۳ قانون نظام‌مهندسی، مجری ساختمان فردی است حقیقی یا حقوقی که دارای پروانه اشتغال به کار از وزارت راه و شهرسازی (مسکن و شهرسازی) در زمینه اجرای ساختمان بوده و در قالب یک قرارداد همسان با مالک ساختمان، اجرای موضوع قرارداد را بر عهده می‌گیرد. باتوجه به اینکه جهت احراز صلاحیت خدمات مهندسین یا شرکت های مشاور به موارد فنی و کیفی زیادی (آیین نامه‌ها و دستورالعمل‌ها) توجه می‌شود و این موارد جهت اجرای صحیح پروژه (همانطور که در تعریف ثبات راه اندازی پروژه ها ذکر گردید) بسیار حائز اهمیت است به این دلیل که مشاوران بحث طراحی و از همه مهمتر نظارت این پروژه ها را بر عهده دارند. همچنین عامل "تکنولوژی" که در این شاخص بیان شده معرف آن است که در بحث پیشبرد و راه اندازی پروژه، هرچه تکنولوژی مربوط به فرایند اجرا و بهره برداری بالاتر باشد آسیب کمتری به دیگر فعالیت ها و منابع مربوطه در اطراف محل پروژه وارد می‌آید. از طرفی عامل "محل اجرای پروژه" نیز دارای اهمیت است، مثلا پروژه صنعتی سازی که در یک محیطی جنگلی به دلیل منابع بسیار مهم زیست محیطی اجرا می‌شود با دیگر محیط ها بسیار شرایط متفاوتی دارد. در شاخص‌های "اقتصادی" عواملی نظیر "توجه به نوسانات هزینه‌ها" ، "مدیریت مالی" ، "برآورد ریالی پروژه" و "تهیه صحیح برنامه زمانبندی و بودجه ریزی" مطرح گردیده که می‌توان اینگونه بیان کرد که عدم توجه به مسائل مالی از دلایل بسیار مهم در عدم پیشبرد پروژه های صنعتی سازی ساختمان در ایران است، از طرفی عدم بودجه ریزی مناسب سبب عدم اجرای ساختمان سازی به شیوه صنعتی است و هم اینکه از عمده دلایل ایست در حین کار و یا به تعویق افتادن پروژه می‌شود، همانطور که در بسیاری از پروژه های صنعتی سازی به دلیل عدم توجه به برنامه زمابندی و یا حتی عدم وجود برنامه زمانبندی و ایراد در بودجه ریزی مناسب، پروژه های زیادی تعطیل و یا با شکست مواجه گردیدند، که خود این عوامل طبق تعریف ثبات راه اندازی پروژه از عوامل مهم و تاثیرگذار است.در خصوص عوامل مربوط به شاخص‌های اجتماعی و سیاسی همانطور که در سالیان گذشته شاهد تاثیر این عوامل در بسیاری از پروژه های صنعتی سازی ساختمان بوده ایم، برای مثال عامل "حساسیت و اهمیت پروژه" می‌توان نگاه حاکمیت را به خود جلب کند و این امر خود باعث پیگیری بیشتر، و تمایل به انجام و یا به اتمام رساند هرچه زودتر پروژه می‌شود، یا عامل "گسترش خدمات عمومی و عدالت اجتماعی" همراهی حداکثری مردم را جهت پیشبرد هرچه بهتر و سریع‌تر پروژه دارد، "نحوه سیاست گذاری حکومت" و "چشم انداز ها و خط و مشی کشور" و "سیاست های کلان کشور" نیز به جهتی مهم است که گاهی پروژه ای از جنبه های مختلف حائز شرایط مناسبی است اما بنا به دلایل مختلفی از طرف حکومت دارای اولویت نمی‌باشد و پروژه یا آغاز نمی‌شود و یا نیمه کاره رها می‌شود. اما عامل "انطباق آیین نامه ها با شرایط اقلیمی" باتوجه به شرایط کشور ایران که در پهنای جغرافیایی گسترده ای واقع شده نیز از اهمیت بسیاری به جهت ثبات راه اندازی پروژه ها برخوردار است.در مورد عوامل مربوط به شاخص‌های مدیریتی نیز "مدیریت صحیح" ، "همکاری تیم مدیریتی" ، "روش شناسی سیستماتیک مدیریتی" و "تصمیم گیری مطابق با استانداردهای جهانی" به گونه ای بر نقش راهبردی ثبات دلالت دارد، در بسیاری از پروژهای صنعتی سازی ساختمان شاهد این مورد

بوده ایم که پروژه از منظرهای گوناگون تامین شده بود اما ناکارآمدی سیستم مدیریتی حاکم و یا عدم هماهنگی ارگان های مختلف دخیل در پروژه، موجب تعطیلی و یا تاخیر در آن گردیده بودند.در مورد عوامل مربوط به شاخص "زیست محیطی" نیز هماهنطور که پیشتر توضیحاتی ارئه گردید، در نظر گرفتن حیات جانوری و گیاهی، آلودگی صوتی و هوا، همچنین نحوه بازیافت مصالح، باتوجه به اصول پایداری شهری و نیز تحقق اهداف اصلی صنعتی سازی ساختمان، در ثبات راه اندازی پروژه های صنعتی سازی ساختمان در شرایط جغرافیایی مختلف کشور ایران بسیار بااهمیت است، برای مثال اجرای پروژه صنعتی سازی ساختمان در محیطی مانند جنگل و یا بافت های تاریخی که از قوانین خاصی پیروی می‌کنند با اجرای این پروژه ها با محیط های فاقد شرایط فوق متفاوت است و گاها بنا به اهمیت مسائل زیست محیطی شاهد عدم اجرای پروژه های صنعتی سازی ساختمان در این مناطق هستیم.

۳-۳- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (هدف، شاخص، گزینه)

در مسأله انتخاب عوامل مؤثر افزایش ثبات راه‌اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان، فرض کنید چند عامل مورد توجه هستند که قرار است یکی از آن‌ها به‌عنوان اولویت اول انتخاب شود که آن‌ها را به ترتیب با A1 و A2 و A3 و A4 و ... و Am می‌دهیم. با توجه به نظر خواهی صورت گرفته، شاخص‌هایی که تصمیم‌گیری بر اساس آن‌ها صورت می‌گیرد عبارت‌اند از:

۱- کیفیت اجرای پروژه ۲- میزان هزینه (شاخص اقتصادی) ۳- اثرات اجتماعی و سیاسی ۴- اثرات مدیریتی ۵- اثرات زیست‌محیطی

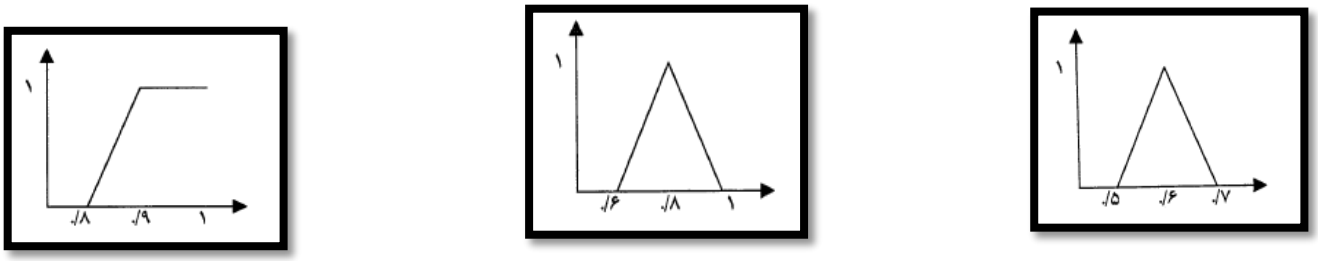
شاخص‌های مورد نظر را به ترتیب با X1 و X2 و X3 و X4 نشان می دهیم. شاخص‌های یک، سه، چهار و پنج مثبت می‌باشند است بدین مفهوم که افزایش آن‌ها مطلوب‌تر است و شاخص دوم منفی است، بدین معنی که کاهش آن مطلوبیت بیشتری را برای تصمیم گیرنده به دنبال خواهد داشت. لذا مطابق مراحل فوق الذکر (بخش ۲-۲) ابتدا نسبت به تهیه و تنظیم زیرمجموعه هر کدام از فرضیه‌ها که تعدادی از گویه‌ها (سوالات پرسشنامه) را شامل می‌شوند اقدام و متوسط امتیازات آن را با توجه به هر معیار بدست می‌آوریم.

جدول۴ : متوسط امتیازات بدست آمده مربوط به هر شاخص

	ردیف	شاخص‌ها / گزینه ها	کیفی	اقتصادی	اجتماعی	مدیریتی	زیست محیطی
کیفی	۱	استفاده از خدمات مشاوران ذی صلاح و با صلاحیت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۴/۱۲	۳/۶۱	۳/۲۳	۳/۴۲	۴/۱۲
	۲	انتخاب پیمانکار ذی صلاح و عوامل اجرایی توانمند بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۴/۰۲	۳/۲۱	۳/۸۲	۳/۲۱	۳/۳۴
	۳	دسترسی به تکنولوژی جدید و فناوری‌های نوین اجرایی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۷۳	۳/۹۲	۳/۷۳	۳/۹۷	۳/۱۳
	۴	موقعیت اجرای پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۶۶	۳/۴۲	۳/۸۷	۳/۱۳	۳/۴۴
اقتصادی	۵	توجه به هزینه‌ها، تورم و نوسانات قیمت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۸۱	۴/۱۵	۳/۹۵	۳/۱۱	۳/۶۴
	۶	مدیریت مالی و کنترل پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۴/۰۲	۳/۷۲	۳/۵۴	۳/۲۹	۳/۹۲
	۷	برآورد ریالی هزینه تعمیرات زمان بهره برداری و سود حاصل از بهره برداری بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۶۴	۳/۶۵	۳/۷۲	۳/۸۵	۳/۴۸
	۸	تهیه صحیح برنامه زمانبندي، بودجه بندي و توزيع نقدينگي (Cash Flow) برافزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۸۲	۳/۹۲	۳/۲۳	۳/۶۷	۳/۲۲
اجتماعی و سیاسی	۹	حساسیت و اهمیت پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۴/۰۹	۳/۷۴	۳/۸۸	۳/۹۹	۳/۳۴
	۱۰	گسترش خدمات عمومی و عدالت اجتماعی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۵۱	۳/۷۷	۳/۸۴	۳/۷۸	۳/۵۴
	۱۱	نحوه سیاست گذاری حکومت در منطقه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۴/۲۱	۳/۹۱	۳/۶۴	۳/۱۳	۳/۷۹
	۱۲	در نظر گرفتن چشم‌اندازها و خط مشی‌های کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۷۵	۳/۲۹	۳/۹۸	۳/۱۷	۳/۱۸
	۱۳	انطباق آئین نامه های طراحی با شرایط اجتماعی و اقلیمی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۰۲	۳/۲۹	۳/۱۱	۳/۲۵	۳/۳۹
	۱۴	هماهنگی در سیاسیت های کلان کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۱۸	۳/۷۸	۳/۱۷	۳/۸۹	۳/۰۹
مدیریتی	۱۵	تصمیم‌گیری مطابق اصول و استانداردهای جهانی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۲۳	۴/۰۱	۳/۱۷	۳/۰۹	۳/۱۱
	۱۶	مدیریت صحیح زنجیره تامین ساختمان بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۷۷	۳/۴۲	۳/۱۹	۳/۱۹	۳/۱۷
	۱۷	پشتيباني و همكاري تيم مديريتي پروژه در ارائه يك پروژه پايدار بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۲۲	۳/۱۴	۳/۶۹	۳/۲۷	۳/۴۵
	۱۸	تعهد به روش شناسي سيستماتيك مديريت پروژه بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۴/۱۱	۳/۶۷	۳/۱۳	۳/۰۷	۳/۰۹
	۱۹	تعامل سازنده سازمان‌ها و نهادهاي مرتبط با پروژه (بيمه، بانك و..) بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۱۲	۳/۱۱	۳/۳۴	۳/۹۵	۳/۸۷
زیست محیط	۲۰	در نظر گرفتن حیات جانوری و گیاهی و منابع آبی (سرمایه ملی) بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۹۱	۳/۵۲	۳/۸۷	۳/۸۳	۳/۸۱
	۲۱	در نظر گرفتن آلودگی صدا و آلودگی صوتی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۸۴	۳/۵۹	۳/۶۱	۳/۹۴	۳/۲۲
	۲۲	ایجاد امکان بازیافت مصالح و استفاده مجدد از آن‌ها بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۳/۱۹	۳/۲۱	۳/۳۰	۳/۳۲	۳/۱۱

۳-۴- به‌کارگیری مدل

بر اساس جدول ۴ (متوسط امتیازات بدست آمده) مسأله مورد نظر دارای ۴ گزینه و ۴ شاخص بوده و با توجه به اینکه روش این تحقیق فازی می‌باشد در گام بعدی ارقام بدست آمده از جدول۴ را در بازه‌های زیر دسته بندی نموده و ماتریس تصمیم اولیه را تشکیل می دهیم. برای متغیر لفظی آموزش درماتریس تصمیم اولیه ، اعداد فازی به صورت زیر در نظرگرفته شده است:



شکل۳ : بازه اعداد فازی ماتریس تصمیم اولیه (از راست به چپ: اولویت متوسط - اولویت زیاد - اولویت خیلی زیاد)

جدول۵ : دسته بندی امتیازات در بازه‌های فازی

	ردیف	شاخص‌ها / گزینه‌ها	کیفی	اقتصادی	اجتماعی	مدیریتی	زیست محیطی
کیفی	۱	استفاده از خدمات مشاوران ذی صلاح و با صلاحیت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۹۰
	۲	انتخاب پیمانکار ذی صلاح و عوامل اجرایی توانمند بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
	۳	دسترسی به تکنولوژی جدید و فناوری‌های نوین اجرایی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
	۴	موقعیت اجرای پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
اقتصادی	۵	توجه به هزینه‌ها، تورم و نوسانات قیمت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰
	۶	مدیریت مالی و کنترل پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۹۰
	۷	برآورد ریالی هزینه تعمیرات زمان بهره برداری و سود حاصل از بهره برداری بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
	۸	تهیه صحیح برنامه زمانبندي، بودجه بندي و توزيع نقدينگي (Cash Flow) برافزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
اجتماعی و سیاسی	۹	حساسیت و اهمیت پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
	۱۰	گسترش خدمات عمومی و عدالت اجتماعی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
	۱۱	نحوه سیاست گذاری حکومت در منطقه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
	۱۲	در نظر گرفتن چشم‌اندازها و خط مشی‌های کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
	۱۳	انطباق آئین نامه های طراحی با شرایط اجتماعی و اقلیمی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰
	۱۴	هماهنگی در سیاسیت های کلان کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
مدیریتی	۱۵	تصمیم‌گیری مطابق اصول و استانداردهای جهانی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۶۰
	۱۶	مدیریت صحیح زنجیره تامین ساختمان بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
	۱۷	پشتيباني و همكاري تيم مديريتي پروژه در ارائه يك پروژه پايدار بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰
	۱۸	تعهد به روش شناسي سيستماتيك مديريت پروژه بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰
	۱۹	تعامل سازنده سازمان‌ها و نهادهاي مرتبط با پروژه (بيمه، بانك و..) بر افزايش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
زیست محیط	۲۰	در نظر گرفتن حیات جانوری و گیاهی و منابع آبی (سرمایه ملی) بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۹۰
	۲۱	در نظر گرفتن آلودگی صدا و آلودگی صوتی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۶۰
	۲۲	ایجاد امکان بازیافت مصالح و استفاده مجدد از آن‌ها بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰

۳-۵- تشکیل ماتریس بی‌مقیاس شده با استفاده از روش ساعتی

در گام بعدی برای حذف واحدهای اندازه گیری جدول امتیاز بندی شده فرضیه‌های پژوهش را (جدول ۴) به روش ساعتی بی مقیاس می‌کنیم که فرمول آن بشرح ذیل است:

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}}$$

که r_{ij} ارزش بی مقیاس شده گزینه i ام از نظر شاخص i ام است.

مثلا برای شاخص اقتصادی با استفاده از فرمول فوق داریم:

$$r_{12} = \frac{0.90}{10.20} = 0.08824 \qquad \text{یا} \qquad r_{54} = \frac{0.80}{8.70} = 0.0920$$

این کار برای سایر شاخص‌ها نیز انجام که نتایج در جدول ۶ آورده شده است.

جدول۶ : ماتریس تصمیم بی مقیاس شده با روش ساعتی

	ردیف	شاخص‌ها / گزینه‌ها	کیفی	اقتصادی	اجتماعی	مدیریتی	زیست محیطی
کیفی	۱	استفاده از خدمات مشاوران ذی صلاح و با صلاحیت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲۴	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۱۰۳۴
	۲	انتخاب پیمانکار ذی صلاح و عوامل اجرایی توانمند بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۷۸۴۳	۰/۰۸۲۴۷	۰/۰۸۲۴۷	۰/۰۹۱۹۵
	۳	دسترسی به تکنولوژی جدید و فناوری‌های نوین اجرایی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲۴	۰/۰۸۲۴۷	۰/۰۸۲۴۷	۰/۰۶۸۹۷
	۴	موقعیت اجرای پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۷۶۹	۰/۰۸۸۲۴	۰/۰۸۲۴۷	۰/۰۸۲۴۷	۰/۰۶۸۹۷
اقتصادی	۵	توجه به هزینه‌ها، تورم و نوسانات قیمت بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۰۹۲۸	۰/۰۹۲۸	۰/۰۹۲۰
	۶	مدیریت مالی و کنترل پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۱۰۳۴
	۷	برآورد ریالی هزینه تعمیرات زمان بهره برداری و سود حاصل از بهره برداری بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۷۶۹	۰/۰۷۸۴	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۶۹۰
	۸	تهیه صحیح برنامه زمانبندي، بودجه بندي و توزیع نقدینگي (Cash Flow) برافزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۷۶۹	۰/۰۷۸۴	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۶۸۹۷
اجتماعی و سیاسی	۹	حساسیت و اهمیت پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۶۹۰
	۱۰	گسترش خدمات عمومی و عدالت اجتماعی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۷۶۹	۰/۰۷۸۴	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۶۹۰
	۱۱	نحوه سیاست گذاری حکومت در منطقه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۹۲۰
	۱۲	در نظر گرفتن چشم‌اندازها و خط مشی‌های کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۹۱۹۵
	۱۳	انطباق آئین نامه های طراحی با شرایط اجتماعی و اقلیمی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۷۸۴	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۹۱۹۵
	۱۴	هماهنگی در سیاسیت های کلان کشور بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۹۱۹۵
مدیریتی	۱۵	تصمیم‌گیری مطابق اصول و استانداردهای جهانی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۶۸۹۷
	۱۶	مدیریت صحیح زنجیره تامین ساختمان بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۷۶۹	۰/۰۸۸۲	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۹۱۹۵
	۱۷	پشتیباني و همکاري تیم مدیریتی پروژه در ارائه یك پروژه پایدار بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۷۸۴	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۶۸۹۷
	۱۸	تعهد به روش شناسي سیستماتیك مدیریت پروژه بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۹۱۹۵
	۱۹	تعامل سازنده سازمان‌ها و نهادهاي مرتبط با پروژه (بیمه، بانك و..) بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۹۱۹۵
زیست محیطی	۲۰	در نظر گرفتن حیات جانوری و گیاهی و منابع آبی (سرمایه ملی) بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۷۸۴	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۱۰۳۴
	۲۱	در نظر گرفتن آلودگی صدا و آلودگی صوتی بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۷۶۹	۰/۰۷۸۴	۰/۰۸۲۵	۰/۰۸۲۵	۰/۰۶۹۰
	۲۲	ایجاد امکان بازیافت مصالح و استفاده مجدد از آن‌ها بر افزایش ثبات پروژه‌ها مؤثر است	۰/۰۸۶۵	۰/۰۸۸۲	۰/۸۲۴۷۰	۰/۸۲۴۷۰	۰/۰۹۱۹۵

۳-۶- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی (WLSM)

در ادامه با توجه به جدول فوق برای تعیین وزن شاخص‌های مختلف و با توجه به امتیازات پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی را تشکیل داده و از روش حداقل مربعات وزنی استفاده می کنیم. ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌های مختلف در جدول ۷ آورده شده است.

جدول۷ : ماتریس مقایسات زوجی

	کیفیت	اقتصادی	اجتماعی	مدیریتی	زیست‌محیطی
کیفیت	۱	۰/۵	۰/۷۵	۲	۲
اقتصادی	۲	۱	۲	۲	۳
اجتماعی و سیاسی	۱/۳۳	۰/۵	۱	۲	٤
مدیریتی	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱	۲
زیست‌محیطی	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵	۱

۳-۶-۱- مراحل اجرای روش حداقل مربعات وزنی

روش حداقل مربعات وزنی (WLSM) توسط چو و دیگران برای محاسبه وزن ها پیشنهاد شده است.

این روش برای محاسبه وزن‌ها از معادلات همزمان استفاده می‌کند. روش بدین صورت است:

اگر a_{ij} عنصر ستون i و سطر j در ماتریس مقایسه زوجی باشد، هدف آن است که w_j به‌گونه‌ای تعیین شود با توجه به اینکه $a_{ij} = \frac{wi}{wj}$ است. وزن‌ها را می‌توان با حل مسأله بهینه سازی زیر حل کرد.

رابطه (۳) – رابطه بهینه سازی وزن ها

$$MinZ = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(a_{ij}w_j - w_i)^2$$

$$st.\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

a_{ij} = عنصر ستون i

w_j = وزن ستون j

برای پیدا کردن ضرایب می توان تابع لاگرانژ را به صورت زیر تشکیل داد:

رابطه (۴) – رابطه لانگراژ

$$L = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(a_{ij}w_j - w_i)^2 + 2\lambda(\sum_{i=1}^{n} w_i - 1)$$

اگر بخواهیم تابع فوق حداقل شود، لازم است مشتق های جزیی مرتبه اول را محاسبه و برابر صفر قرار داد که n معادله زیر به دست می آید.

رابطه (۵) – رابطه بدست آمده از مشتق جزئی مرتبه اول رابطه(۴)

$$\sum_{i=1}^{n}(a_{ik}w_k - w_i)a_{ik} - \sum_{j=1}^{n}(a_{kj}w_j - w_k) + \lambda = 0$$

برای تشکیل معادلات حداقل مربعات و محاسبه وزن ها با جایگزین کردن مقادیر جدول (۶) در معادله فوق بشرح ذیل عمل می کنیم:

$K = 1 , 2 , 3 , 4 , 5$

$i = 1 , 2 , 3 , 4 , 5$

$j = 1 , 2 , 3 , 4 , 5$

$n = 5$

با توجه به فرمول فوق با تغییر مقدار K معادلات بشرح ذیل می باشند:

معادله اول

K = 1

$a_{ik} \Rightarrow$ a11 = 1 . a21 = 2 . a31 = 1.33 . a41 = 0.5 . a51 = 0.5

$a_{kj} \Rightarrow$ a11 = 1 . a12 = 0.5 . a13 = 0.75 . a14 = 2 . a15 = 2

بنابراین:

$$\left[((1\times w1-w1)\times 1)+((2\times w1-w2)\times 2)+(1.33\times w1-w3)\times 1.33)+((0.5\times w1-w4)\times 0.5)+((0.5\times w1-w5)\times 0.5)\right]-$$
$$\left[(1\times w1-w1)+(0.5\times w2-w1)+(0.75\times w3-w1)+(2\times w4-w1)+(2\times w5-w1)\right]+\lambda=0$$
$$\rightarrow\left[(4w1-2w2)+(1.76w1-1.33w3)+(0.25w1-0.5w4)+(0.25w1-0.5w5)\right]-\left[(0.5w2-w1)+(0.75w3-w1)+(1w4-w1)+(2w5-w1)\right]+\lambda=0$$

$\rightarrow$ w1 = 9.01 . w2 = −2 . w3 = −2.08 . w4 = 2.14 . w5 = −2.5 . λ = 1

معادله دوم

K = 2

$a_{ik} \Rightarrow$ a12 = 0.5 . a22 = 1 . a32 = 0.5 . a42 = 0.5 . a52 = 0.33

$a_{kj} \Rightarrow$ a21 = 2 . a22 = 1 . a23 = 2 . a24 = 2 . a25 = 3

بنابراین:

$$\left[((0.5\times w2-w1)\times 0.5)+((1\times w2-w2)\times 1)+(0.5\times w2-w3)\times 0.5)+((0.5\times w2-w4)\times 1)+((0.33\times w2-w5)\times 0.33)\right]-$$
$$\left[(2\times w1-w2)+(1\times w2-w2)+(2\times w3-w2)+(2\times w4-w2)+(3\times w5-w2)\right]+\lambda=0$$
$$\rightarrow\left[(0.25w2-0.5w1)+(0.25w2-0.5w3)+(0.1w2-0.33w4)+(0.25w2-0.25w5)\right]-\left[(2w1-w2)+(2w3-w2)+(3w4-w2)+(3w5-w2)\right]+\lambda=0$$

$\rightarrow$ w1 = −7.5 . w2 = 3.6 . w3 = −2.5 . w4 = −2.65 . w5 = 0.33 . λ = 1

معادله سوم

K = 3

$a_{ik} \Rightarrow$ a13 = 0.75 . a23 = 2 . a33 = 1 . a43 = 0.5 . a53 = 0.25

$a_{kj} \Rightarrow$ a31 = 1.33 . a32 = 0.5 . a33 = 1 . a34 = 2 . a35 = 4

بنابراین:

$$\left[((0.75\times w3-w1)\times 0.75)+((2\times w3-w2)\times 2)+(1\times w3-w3)\times 1)+((0.5\times w3-w4)\times 0.5)+((0.25\times w3-w5)\times 0.25)\right]-$$
$$\left[(1.33\times w1-w3)+(0.5\times w2-w3)+(1\times w3-w3)+(2\times w4-w3)+(4\times w5-w3)\right]+\lambda=0$$
$$\rightarrow\left[(0.5625w3-0.75w1)+(4w3-2w2)+(0.06w3-0.25w4)+(0.5w3-3.25w5)\right]-\left[(1.33w1-w3)+(0.5w2-w3)+(4w4-w3)+(4w5-w3)\right]+\lambda=0$$

$\rightarrow$ w1 = −2.08 . w2 = −2.5 . w3 = 7.62 . w4 = 7.35 . w5 = −4.25 . λ = 1

معادله چهارم

K = 4

$a_{ik} \Rightarrow$ a14 = 2 . a24 = 2 . a34 = 2 . a44 = 1 . a54 = 0.5

$a_{kj} \Rightarrow$ a41 = 0.5 . a42 = 0.5 . a43 = 0.5 . a44 = 1 . a45 = 2

بنابراین:

$$\left[((2\times w4-w1)\times 2)+((2\times w4-w2)\times 2)+(2\times w4-w3)\times 2)+((1\times w4-w4)\times 1)+((0.5\times w4-w5)\times 0.5)\right]-$$
$$\left[(0.5\times w1-w4)+(0.5\times w2-w4)+(0.5\times w3-w4)+(1\times w4-w4)+(2\times w5-w4)\right]+\lambda=0$$
$$\rightarrow\left[(4w4-2w1)+(9w4-3w2)+(16w4-4w3)+(8w4-4w5)\right]-\left[(0.5w1-w4)+(0.33w2-w4)+(0.25w3-w4)+(2w5-w2)\right]+\lambda=0$$

$$\rightarrow \quad w1=-2.75 \;.\; w2=-3.13 \;.\; w3=-4.75 \;.\; w4=-4.55 \;.\; w5=-4.15 \;.\; \lambda=1$$

معادله پنجم

K = 5

$a_{ik} \rightarrow$ $a15=2 \;.\; a25=3 \;.\; a35=4 \;.\; a45=2 \;.\; a55=1$

$a_{kj} \rightarrow$ $a51=0.5 \;.\; a52=0.33 \;.\; a53=0.25 \;.\; a54=0.5 \;.\; a55=1$

بنابراین:

$$\left[((2\times w5-w1)\times 2)+((3\times w5-w2)\times 3)+(4\times w5-w3)\times 4)+((2\times w5-w4)\times 2)+((1\times w5-w5)\times 1)\right]-$$
$$\left[(0.5\times w1-w5)+(0.33\times w2-w5)+(0.25\times w3-w5)+(0.5\times w4-w5)+(1\times w5-w5)\right]+\lambda=0$$
$$\rightarrow\left[(4w5-2w1)+(9w5-3w2)+(16w5-4w3)+(8w5-4w5)\right]-\left[(0.5w1-w5)+(0.33w2-w5)+(0.25w3-w5)+(0.5w4-w5)\right]+\lambda=0$$
$$\rightarrow \quad w1=-2.5 \;.\; w2=-3.33 \;.\; w3=-4.25 \;.\; w4=-4.33 \;.\; w5=-3.2 \;.\; \lambda=1$$

معادله ششم

$$(w1+w2+w3+w4+w5)=1$$

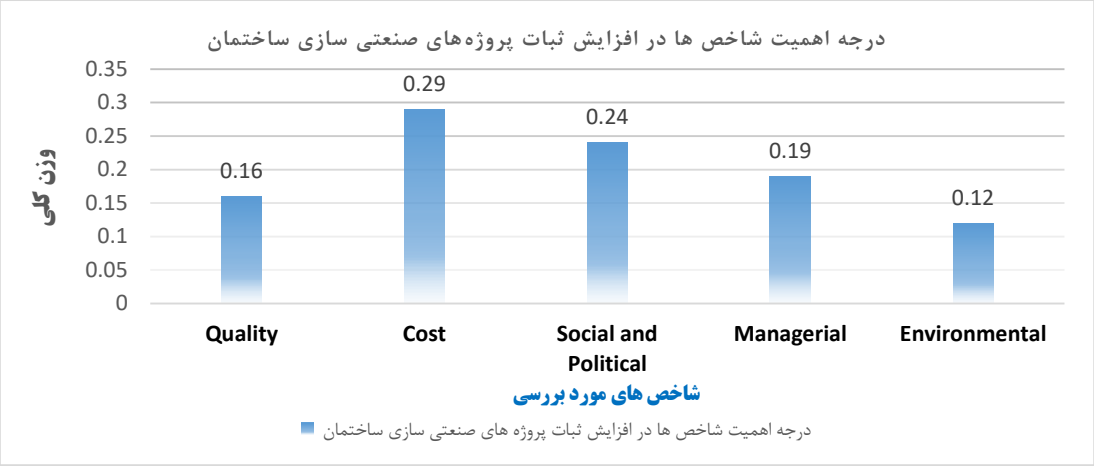
۳-۷- تعیین وزن نهایی و ضریب اهمیت شاخص‌های مورد بررسی در پژوهش

با حل دستگاه فوق (سیستم معادلات پنج معادله پنج مجهول) ضریب اهمیت شاخص‌ها بدست می آید. همانطور که مشاهده می‌شود مطابق با روش انجام شده وزن نهایی و ضریب اهمیت شاخص‌ها در جدول ۸ و رتبه بندی شاخص‌های مورد پژوهش در شکل ۴ نمایش داده شده است.

جدول۸ : ضریب اهمیت شاخص‌ها

	شاخص	مقدار وزن بدست آمده از جدول مقایسات زوجی
W1	کیفیت - Quality	۰/۱۶
W2	هزینه - Cost	۰/۲۹
W3	اجتماعی و سیاسی - Social and Political	۰/۲۴
W4	مدیریتی - Managerial	۰/۱۹
W5	زیست‌محیطی - Environmental	۰/۱۲
	Total =	۱/۰۰

چنانچه از اوزان نهایی مشخص است شاخص اقتصادی مهمترین عامل شناخته شده در افزایش ثبات پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان است و شاخص‌های اجتماعی و سیاسی، مدیریتی، کیفی و زیست‌محیطی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. رتبه بندی شاخص‌های مؤثر در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل۴ : رتبه بندی عوامل موثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان

۴- نتیجه گیری

۱- همان‌طور که مشاهده می‌شود، شاخص‌های مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه‌های صنعتی سازی ساختمان با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای فازی به ترتیب شامل: «شاخص‌های اقتصادی»، «شاخص‌های اجتماعی و سیاسی»، «شاخص‌های مدیریتی»، «شاخص‌های کیفی» و «شاخص‌های زیست‌محیطی)» می‌باشند. همچنین مهمترین عوامل مؤثر در افزایش ثبات راه اندازی پروژه های صنعتی سازی ساختمان شامل: «استفاده از خدمات مشاوران صلاحیت دار»، «انتخاب پیمانکار ذیصلاح و توانمند»، «دسترسی به تکنولوژی جدید»، «توجه به موقعیت اجرای پروژه»، «توجه به هزینه‌ها و نوسانات قیمت»، «مدیریت مالی پروژه»، «برآورد ریالی هزینه تعمیرات زمان بهره برداری و سود حاصل از بهره برداری»، «تهیه صحیح برنامه زمانبندی، بودجه بندی و توزیع نقدینگی (Cash Flow)»، «حساسیت و اهمیت پروژه»، «گسترش خدمات عمومی و عدالت اجتماعی»، «نحوه سیاست گذاری حکومت در منطقه»، «در نظر گرفتن چشم‌اندازها و خط مشی‌های کشور»، «انطباق آئین نامه‌های طراحی با شرایط اجتماعی و اقلیمی»، «هماهنگی در سیاسیت های کلان کشور»، «تصمیم‌گیری مطابق اصول و استانداردهای جهانی»، «مدیریت صحیح زنجیره تامین ساختمان»، «پشتیبانی و همکاری تیم مدیریتی پروژه»، «تعهد به روش شناسی سیستماتیک مدیریت پروژه»، «تعامل سازنده سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با پروژه (بیمه، بانک و..) »، «در نظر گرفتن حیات جانوری و گیاهی و منابع آبی (سرمایه ملی) »، «در نظر گرفتن آلودگی صدا و آلودگی صوتی»، «ایجاد امکان بازیافت مصالح و استفاده مجدد از آن‌ها»، هست لذا توجه به این عوامل از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد.

۲- باتوجه به بررسی‌های صورت گرفته و همچنین گزارش‌های مختلف از مجلس شورای اسلامی، به‌طور کلی کشورهای مختلف از صنعتی سازی ساختمان به‌عنوان راهکار نوین استفاده کرده‌اند، اما علیرغم به‌کارگیری روش‌های صنعتی و پیش‌ساختگی توسط کشورهای دیگر، باز هم میزان ساخت‌وساز در این کشورها حداکثر ششصد هزار مسکن در سال بوده است؛ بنابراین باید در نظر داشت اولاً افزایش ظرفیت ساخت مسکن در کشور از پانصد هزار به یک‌میلیون مسکن درسال، با روش‌های مرسوم و سنتی ساخت مسکن عملاً دور از ذهن خواهد بود؛ ثانیاً در صورت افزایش ظرفیت پیش‌ساختگی و صنعتی سازی در کشور نیز مطمئناً در سال اول این مهم عملی نخواهد شد. چرا که پروسه تحقیق، توسعه و احداث کارخانه‌ها و کارگاه‌های ساخت اجزای پیش‌ساخته و موردنیاز صنعتی‌سازی زمان‌بر بوده و درنتیجه افزایش ظرفیت تولید متناسب با پیشرفت زیرساخت‌های موردنیاز صنعتی‌سازی خواهد بود.

۵- پیشنهادات

۱- باتوجه به شاخص اقتصادی (مهمترین شاخص) برای پیشگیری از رکود طرح‌ها و حذف عامل تورم در اجرای پروژه‌ها، ضریبی به‌عنوان درصد پیش بینی نشده در طرح ها لحاظ گردد. پژوهشگران تورم را به دو دسته کلی (تورم دائمی و تورم موقت ناشی از نوسانات

زودگذر، شرایط تقاضا، آب و هوا و ...) تقسیم می‌کنند. توجه به متغیر بودن نرخ تورم در کشور، افزایش قیمت مصالح و نیروی انسانی، افزایش قیمت حامل‌های انرژی و... همواره باید مورد توجه باشد.

۲- باتوجه به شاخص اقتصادی (موضوع ردیف۸ از جدول۳) برای پیشگیری از هرنوع تاخیر و ادعا و همچنین تحمیل اضافه هزینه، تحلیل عرضه و تقاضا و تخمین میزان شرایط استفاده کنندگان قبل از هرنوع برنامه ریزی انجام گیرد. تحلیل هزینه‌ها در چرخه حیات پروژه صورت گیرد، نگاه درست به هزینه‌ها با دیدن هزینه در چرخه حیات پروژه است. به‌طور مثال افزایش یک درصد هزینه در فاز اولیه و بررسی میزان کاهش یا افزایش هزینه در فاز بهره برداری و در نهایت هزینه نهایی چرخه حیات. همچنین دقت در تهیه و تحویل نقشه‌ها و جزئیات اجرایی تأثیر بسزایی در افزایش سرعت اجرای پروژه و کاهش ادعای هزینه‌ای و زمانی پیمانکار دارد.

۳- باتوجه به شاخص‌های اقتصادی، کیفی و مدیریتی (موضوع ردیف‌های ۱، ۲، ۶ و ۱۶ از جدول۳) جهت ارتقاء کیفیت و عملکرد پروژه‌ها، همچنین کمینه کردن بروز هرنوع عامل مخرب در این زمینه، از کارشناسان خبره و ذی صلاح در پروژه‌ها استفاده گردد.که در این مورد منظور از ناظر یا مجری ذی‌صلاح فردی است حقیقی یا حقوقی که دارای پروانه اشتغال به کار از وزارت راه و شهرسازی (مسکن و شهرسازی) در زمینه اجرای ساختمان بوده و در قالب یک قرارداد همسان با مالک ساختمان، اجرای موضوع قرارداد را بر عهده می‌گیرد. همچنین برای جلوگیری از بروز افزایش هزینه ناشی از عملکرد ضعیف مشاور در برآورد زمان و هزینه، جریمه تعیین گردد (برای برآورد درست زمان و هزینه یا مقادیر کار توسط مشاور، نظام تضمین (نظام کنترلی یا نظام جریمه ای) برقرار گردد).

۴- باتوجه به شاخص‌های اقتصادی (موضوع ردیف‌های ۵، ۶ و ۷ از جدول۳)، توجه به شفافیت و پیش بینی موارد مرتبط در تنظیم قرارداد پروژه‌ها و دقت لازم در برآورد مقادیر کار، ازجمله عوامل اصلی اثرگذار در پروژه ها همچون تأمین منابع مالی، تهیه نقشه‌های اجرایی، تأمین کالا و تجهیزات پروژه صورت گیرد.

۵- باتوجه به شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی، همچنین مدیریتی (موضوع ردیف‌های ۵، ۱۱، ۱۴ و ۱۹) برای پیشبرد سریع پروژه‌های صنعتی سازی و همچنین کاستن از اتلاف وقت جهت فرآیند مرتبط با بروکراسی‌های اداری، همچنین جبران اضافه هزینه‌های وارده به پیمانکار، محدودیت‌های قانونی و قراردادی اصلاح و یا حذف گردند، که این مهم از طریق هماهنگی‌های منظم و پیوسته از سوی سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف صورت می‌پذیرد.

۶- باتوجه به شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی، و مدیریتی (موضوع ردیف‌های ۶، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۶ و ۱۸) برای جلوگیری از عدم تامین اعتبار کافی برای پروژه‌های صنعتی و عدم تخصیص کامل اعتبارات ابلاغ شده، باید دقت لازم در ابلاغ به موقع اعتبارات پروژه‌های صنعتی سازی صورت گیرد، در این راستا شاید نیاز به تدوین مقررات مشخصی جهت تسریع در روند کار باشد که بازهم نحوه‌ی ارتباط ارگان‌ها و سازمان‌های دخیل قابل توجه است، در چنین شرایطی اگر پیمانکار صورت وضعیت تأیید شده‌ای در دستگاه مالی کارفرما داشته باشد و اعتبار کافی برای پرداخت آن نباشد باعث بروز ادعای خسارت از سوی پیمانکار و نهایتاً به تعطیلی کارمنجر می‌شود. همچنین به جهت جلوگیری از به تعویق افتادن پروژه‌های صنعتی سازی، مدیریت صحیح دررفع بموقع معارض در تملک زمین پیشنهاد می‌گردد.

۷- باتوجه به شاخص‌های زیست محیطی، اجتماعی و سیاسی، و مدیریتی (موضوع ردیف‌های ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۱۳ و ۱۸) استفاده از تکنولوژی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی جهت بررسی دقیق منطقه پیشنهاد می‌گردد، همچنین توجه به شرایط جوی مناسب در پیشبرد پروژه‌های صنعتی سازی حائز اهمیت است.

۸- مقتضی است برای دستیابی به این هدف، در کنار روش‌های سنتی، با استفاده از ظرفیت بخش خصوصی به سمت صنعتی سازی ساختمان حرکت کرد و با استفاده از دانش فنی موجود در دانشگاه‌ها، اقدام به طراحی خط تولیدهای بومی و درنتیجه ایجاد و گسترش ظرفیت‌های پیش‌ساختگی در کشور، برای کمک به تولید مسکن سریع، مقاوم، پایدار، باکیفیت و ارزان نمود.

منابع

[1] United Nations,.(2018).“World Urbanization Prospects 2018 Highlights”, Department of Economic & Social Affairs Population Division.

[2] Gan, J. Zuo, P. Wu, J. Wang, R. Chang, T. Wen,.(2017). “How affordable housing becomes more sustainable? A stakeholder study”, J. Clean. Prod, Vol. 162, pp. 427–437,2017.
[3] Wainer, L. S., Ndengeingoma, B., & Murray, S.,(2016). “Incremental housing, & other design principles for low-cost housing”, International Growth Centre, London School of Economic & Political Science, pp. 1-46,Reference number: C-38400-RWA-1 IGC.
[4] Adabre, Michael, Chan, Albert P.C., Amos Darko, Robert Osei-Kyei, Rotimi Abidoye & Theophilus, Adjei-Kumi,.(2020). “Critical Barriers to Sustainability Attainment in Affordable Housing: International Construction Professionals’ Perspective”, Journal of Cleaner Production, Vol. 253 . pp. 1–18.
[5] Report of Islamic Council Research Center, (2013) , investigation of the building industrialization process and its requirements, subject code 250, serial number 12780
[6] Anjomshoa, E., & Tabatabaei Mirhosseini, R. (2022). Identify and ranking of effective factors in changing urban infrastructure for a carbon-free and sustainable future. Journal of Structural and Construction Engineering. doi: 10.22065/jsce.2022.337222.2774
[7] Shaker, R. (2017) The spatial distribution of development in Europe and its underlying sustainability correlations. Applied Geography, (63), 304-314.
[8] Yaik-Wah Lim, Philip C.H. Ling, Cher Siang Tan, Heap-Yih Chong, Ashwin Thurairajah, (2022). Planning and coordination of modular construction, Automation in Construction, Volume 141,104455,ISSN 0926-5805
[9] Heshmatian, S. (2017). Green project management and its role in industry sustainability, National Conference on Civil and Environmental Engineering, 1-8.
[10] Dilam Katoli, H., and Yaqoubzadeh, N., (2020) , Identifying factors affecting building industrialization, 7th National Conference of Applied Researches in Civil Engineering, Architecture and Urban Management and 6th Specialized Exhibition of Mass Builders of Housing and Buildings in Tehran Province, Tehran.
[11] Olusayo Oyebanji,a. Liyanage,C. Akintoye,C.(2017).Critical Success Factors (CSFs) for achieving sustainable social housing (SSH), International Journal of Sustainable Built Environment, Volume 6, Issue 1,Pages 216-227,
[12] Nastaran, M., and Ranaei, A. (2010). An analysis of the concept of participation and teamwork in land preparation projects for Mehr housing. Arman Shahr Architecture and Urbanism, 3(4), 111-123
[13] Mirzaei A. Zare A. (2013). The necessity of using new construction technologies in Iran and examining the LSF construction system. The 6th Transregional Conference on New Developments in Engineering Sciences. Tenekabon Future Higher Education Institute.
[14] Jafarpour, E. (2017). Sustainable architecture. The first national conference on architecture, restoration, urban development and sustainable environment, 1-9.
[15] Mahdavinejad, M.J, Bamanian, M.R, Hajian, M.(2012)."Study of the role of new construction technologies in the provision of economic housing in urban renewal projects, example: the use of light steel frames (LSF) technology", Haft Shahr, 3(No. 33 and 34), pp. 47-58.
[16] Hussmo, D., Säfsten, K., Wlazlak, P.(2022). Knowledge Integration in Industrialized House Building – Current Practice and Challenges. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90700-6_108
[17] Golabchi, M., Mazaherian, H. (2012). New Architectural Technologies. Tehran: University of Tehran. Publication number 3044,Serial number 10156
[18] Dilam Katoli, H., Yaqoubzadeh, N., (2020) , building industrialization as a concept, the 7th national conference of applied researches in civil engineering, architecture and urban management and the 6th specialized exhibition of mass builders of housing and buildings in Tehran province, Tehran
[19] Salehi, A.M., (2019) , the trend of building industrialization in the country and the necessity of its development in Alborz province, the first conference on engineering opportunities and challenges of Alborz province, Karaj.
[20] Sebestyen, G., Pollington, C., (2007). New Architecture and Technology. 10.4324/9780080512624.
[21] Warszawski, A. (2003). Industrialized and Automated Building Systems: A Managerial Approach. 10.4324/9780203223697.
[22] Mehdipour Nasab Rabor, L.,Yazdi, A.R.,Ahmadi, M.J.,Safdarizadeh Meybodi, M.J.,(2020), Industrial revolution and the need to move towards building industrialization, the fifth international conference on new horizons in civil engineering, architecture and urban planning. ,Tehran
[23] Staib G, Dörrhöfer A, Rosenthal M. (2013). Components and Systems: Modular Construction–Design, Structure, New Technologies. Walter de Gruyter.
[24] Asna ashari, Z., Ekhlasi, A., Taghdiri, A.,(2021), Definition of industrialization and the characteristics of the industrial construction system of buildings, 7th Annual International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Tehran.
[25] Moghayedi, A.; Awuzie, B.; Omotayo, T.; Le Jeune, K.; Massyn, M.; Ekpo, C.O.; Braune, M.; Byron, P. (2021). A Critical Success Factor Framework for Implementing Sustainable Innovative and Affordable Housing: A Systematic Review and Bibliometric Analysis. Buildings 2021,11, 317.

[26] Afolabi, A.O., Ojelabi, R.A., Omuh, I.O., Tunji-olayeni, P., & Adeyemi, M. (2018). Critical Success Factors Influencing Productivity of Construction Artisans in the Building Industry.
[27] Kandemir, K., (2020). Critical Success Factors in Industrial Plant Construction Projects. 10.13140/RG.2.2.28004.73606.
[28] Abdul Nabi, M., El-adaway, I. (2022). A Rating Score for Assessing the Risks and Challenges Associated with Modular Construction. 10.1061/9780784483978.050.
[29] Abdul Nabi, Mo.,El-adaway, I.(2021).Understanding Disputes in Modular Construction Projects: Key Common Causes and Their Associations. Journal of Construction Engineering and Management. 148. 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002208.
[30] Hyun, H., Kim, H., Lee, H., Park, M., Lee, J. (2020). Integrated Design Process for Modular Construction Projects to Reduce Rework. Sustainability. 12. 530. 10.3390/su12020530.
[31] Wuni, I.Y., & Shen, G.(2021). Developing critical success factors for integrating circular economy into modular construction projects in Hong Kong. Sustainable Production and Consumption. 29. 574-587. 10.1016/j.spc.2021.11.010.
[32] Lu, N., Korman, T.(2022). Opportunities for Advancement of Modular Construction Projects using Building Implementation Modeling (BIM).
[33] Lim, Y.W., Ling, P., Tan, C.S., Chong, H.Y., Thurairajah, A.(2022).Planning and coordination of modular construction. Automation in Construction. 141. 104455. 10.1016/j.autcon.2022.104455.
[34] Pervez H, Ali Y, Pamucar D, Garai-Fodor M, Csiszárik-Kocsir Á.(2022). Evaluation of critical risk factors in the implementation of modular construction. PLoS One. 2022 Aug 8;17(8): e0272448. doi: 10.1371/journal.pone.0272448. PMID: 35939491; PMCID: PMC9359564.
[35] Wang, J. & Zhao, J. & Hu, Z.. (2016). Review and thinking on development of building industrialization in China. 49. 1-8.
[36] Qi, B., Razkenari, M., Li, J., Costin, A., Kibert, C., & Qian, S. (2020). Investigating US industry practitioners' perspectives towards the adoption of emerging technologies in industrialized construction. Buildings, 10(5), 85.
[37] Gornig, Martin. (2008). The German Construction Industry: Production and Employment 2007/2008. Weekly Report. 68-72.
[38] Alawag, A. M. M., Alaloul, W. S., Liew, M. S., Al-Bared, M. A. M., Zawawi, N. A. W. A., & Ammad, S. (2021). The Implementation of the Industrialized Building System in the Malaysian Construction Industry—a Comprehensive Review. In Proceedings of the 3rd International Conference on Separation Technology (pp. 3-16). Springer, Singapore.
[39] Report of Islamic Council Research Center, (2021). Examining building industrialization experiences in leading countries, serial number 17589
[40] Vaskina, M. G., & Ipatova, A. V. (2017). On the Influence of the Industrialization Genesis on Modern Strategy of Industrial Policy in Russia: History and Economic Analisys. Journal of Economic Regulation, 8(1), 64-75
[41] Larsson, J. & Eriksson, Per Erik & Olofsson, Thomas & Simonsson, Peter. (2014). Industrialized construction in the Swedish infrastructure sector: Core elements and barriers. Construction Management and Economics. 32. 10.1080/01446193.2013.833666.
[42] Oyegoke, Adekunle. (2006). Construction industry overview in the UK, US, Japan and Finland: A comparative analysis. Journal of Construction Research. 7. 13-31. 10.1142/S1609945106000529.
[43] Marsh, R. (2008). Future directions for building services technologies in Denmark. In Proceedings of the 1st International Conference on Industrialised, Integrated, Intelligent Construction (I3CON). Loughborough, UK, 14-16 May 2008. (pp. 99-107). Loughborough University.
[44] Oyegoke, Adekunle. (2006). Construction industry overview in the UK, US, Japan and Finland: A comparative analysis. Journal of Construction Research. 7. 13-31. 10.1142/S1609945106000529.
[45] Heydari Khalaf Badam, M. M., & Barmayehvar, B. (2021). Exploration of effective factors in enhancing sustainable construction in the building industry with a green project management approach through PRISM. Art of Green Management, 1(2), 75-86. doi: 10.30480/agm.2021.3614.1015
[46] Fatahi, A., (2019), examination of the obstacles and problems facing the industrialization of buildings in Iran, 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
[47] Meshkini A, ahadnejad Reveshti M, saleh mishani H.(2021). Conceptual Review of Critical success factors for affordable housing in the Southern World. MJSP 2021; 25 (4) :113-139.