Journal of Structural and Construction Engineering, 11(5), 2024, pp. 198-221

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Applying the ISM method to analyze the relationships between the key criteria for the pre-qualification of the green construction project contractor

S. Ali Moayeripour [1], S. Mohammad Mirhosseini[2]*, Mohammad Ehsanifar[3], Ehsanollah Zeighami [4]

1- Ph.D. 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, Department of Industrial Engineering, Arak branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Arak branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.

ABSTRACT

Green construction projects are one of the infrastructures for the growth and development of any country, which has taken an important step in preserving the environment. The green construction project in Iran, like other countries of the world, is considered as one of the main infrastructures of growth and development, and a huge part of the country's capital is allocated to construction projects as a symbol of economic growth and development. In this regard, when we want to step towards green building projects along with other countries to preserve the environment, many things should be considered. One of the most important things is choosing a contractor. The selection of the contractor usually includes two parts: pre-qualification and holding a tender. In the pre-qualification section of the contractor, a series of key criteria are considered in order to check the ability and adequacy of the contractor to implement the project, and the complex relationships between different key criteria should be determined so that the project manager can make the best choice based on the relationships. Therefore, in order to analyze the relationship between the key pre-qualification criteria for selecting a green construction contractor, Interpretive Structural Modeling (ISM) has been used in this research. The current research is a descriptive survey in terms of practical purpose and data collection. For this purpose, first, the key pre-qualification criteria for contractor selection were identified based on the research literature review, experts' opinions, and then, using ISM, the relationships between key dimensions and criteria were explained and analyzed and presented in the form of an integrated model. Finally, by using MICMAC analysis, the types of variables were determined according to their influence and effectiveness on other variables. Finally, the results of the research show that the key criteria have high dependence and high guiding power, and any small change on these variables causes fundamental changes in the system.

ARTICLE INFO

Receive Date: 04 August 2023
Revise Date: 23 October 2023
Accept Date: 21 November 2023

Keywords:
Contractor
Pre-Qualification
Green Construction Project
Interpretive Structural Modeling (ISM)
Construction Management

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.402755.3147

*Corresponding author: S. Mohammad Mirhosseini.
Email address: mo.mirhosseini@iau.ac.ir

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

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

بکارگیری روش ISM به منظور تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز

سید علی معیری‌پور[۱]، سید محمد میرحسینی [۲*]، محمد احسانی‌فر [۳]، احسان‌الله ضیغمی [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، گروه مهندسی صنایع، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

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

چکیده

یکی از زیرساخت‌های رشد و توسعه هر کشور، پروژه‌های ساخت و ساز سبز می‌باشد که گام مهمی در حفظ محیط زیست برداشته است. پروژه ساختمانی سبز در ایران همچون سایر کشورهای جهان به عنوان یکی از زیرساخت‌های اصلی رشد و توسعه محسوب می‌شود و بخش عظیمی از سرمایه کشور به پروژه‌های ساختمانی به عنوان نماد رشد و توسعه اقتصادی اختصاص می‌یابد. در همین راستا، هنگامی که بخواهیم همگام با دیگر کشورها برای حفظ محیط زیست به سمت پروژه‌های ساختمان سبز گام برداشته باید موارد زیادی در نظر گرفته شود. از جمله مهترین مورد می‌توان به انتخاب پیمانکار اشاره نمود. انتخاب پیمانکار معمولا شامل دو بخش پیش صلاحیت و برگزاری مناقصه می‌باشد. در بخش پیش صلاحیت پیمانکار یکسری معیارهای کلیدی به منظور بررسی توانمندی پیمانکار برای اجرای پروژه در نظر گرفته می‌شود که باید روابط پیچیده بین معیارهای کلید مختلف مشخص گردد تا مجری بر اساس روابط بهترین انتخاب را داشته باشد. بنابراین در پژوهش حاضر به منظور تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار ساخت و ساز سبز از روش مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) بکار گرفته است. تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و گردآوری داده‌ها توصیفی از نوع پیمایشی می‌باشد. بدین منظور، ابتدا معیارهای کلیدی براساس بررسی ادبیات تحقیق، نظر خبرگان شناسایی و سپس با استفاده از ISM روابط بین ابعاد و معیارهای کلیدی تبیین و به صورت مدل یکپارچه تحلیل و ارائه گردید. در نهایت با استفاده از تحلیل MICMAC نوع متغیرها با توجه به اثرگذاری و اثرپذیری بر سایر متغیرها مشخص شد. در نهایت نتایج پژوهش نشان می‌دهد که معیارهای کلیدی از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند و هر تغییر کوچکی بر روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود.

کلمات کلیدی: پیش صلاحیت، پیمانکار، پروژه ساخت و ساز سبز، مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM)، مدیریت ساخت و ساز.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.402755.3147
۱۴۰۲/۰۵/۱۳	۱۴۰۲/۰۸/۰۱	۱۴۰۲/۰۸/۳۰	۱۴۰۲/۰۸/۳۰	۱۴۰۳/۰۵/۳۱	doi: 10.22065/jsce.2023.402755.3147

[*]نویسنده مسئول: سید محمد میرحسینی.

پست الکترونیکی: mo.mirhosseini@iau.ac.ir

۱- مقدمه

صنعت ساخت و ساز، در طول چرخه عمر خود از پردازش، حمل و نقل مواد خام تا ساخت، بهره‌برداری، نگهداری و همچنین تخریب یک تاسیسات تاثیر نامطلوبی بر محیط زیست می‌گذارد. با توجه به تاثیر نامطلوب صنعت ساخت و ساز بر محیط زیست، با افزایش نگرانی جهانی در مورد آلودگی محیط زیست مواجه شده و توصیه به اجرای ساخت و ساز سبز می‌گردد. ساخت و ساز سبز، ساختمان‌های مدرن و همساز با اقلیم هستند که به منظور هماهنگ شدن بوم‌شناسی با فناوری اجرا می‌شوند. به طور کلی هدف از اجرای ساخت و ساز سبز، جلوگیری از اتلاف انرژی، آلوده‌سازی هوای شهرها، حفظ منابع طبیعی و سازگاری با محیط زیست است [۱]. در سال‌های اخیر، کشور ایران با توجه به افزایش حجم ساخت و ساز نگرانی‌های جدی را در مورد فشار قابل توجه بر محیط زیست و انرژی مطرح نمود چرا که براساس آمارهای منتشر شده ظرفیت زیستی ۰/۸۴هکتار و رد پای بوم ۲/۸۴ هکتار در سال می‌باشد. این آمار یعنی سه برابر منابعی که در اختیار هست سالیانه از بین برده و نشان دهنده حرکت به سمت ناپایداری اکوسیستم در کشور است. در این راستا، پایداری به یک عنصر اساسی در پروژه‌های ساخت و ساز تبدیل شده است. برای پرداختن به این موضوعات و ترویج رویه‌های پایدار، سایر کشورها، ابتکارات جدیدی مانند استیداما۱ را توسعه داده‌اند. استیداما، یک روش طراحی ساختمان و به معنی پایداری است. هدف آن این است که یک توسعه مشخص در طول چرخه حیات خود از طراحی تا ساخت و ساز به بهره برداری برساند [۲] . ابتکار دیگر ایجاد شورای ساختمان‌سازی سبز است که هدف آن استفاده از اصل پیشرفت ساخت و ساز سبز برای حفاظت از محیط زیست و ترویج اصل پایداری است. بر این اساس، طرح‌های جدید برای ساخت و ساز پایدار، مستلزم انتخاب پیمانکاران ذیصلاح است که بتواند پروژه‌های ساخت و ساز سبز را موفقیت تمام ارائه کند. انتخاب پیمانکاران نامناسب برای پروژه های سبز ممکن است منجر به تاخیر، افزایش بیش از حد هزینه‌ها، کیفیت بد، آسیب به محیط زیست و روابط ناخوشایند بین پیمانکار و مالک شود [۳]. چنین عملکردهای اشتباهی به ظاهر کوچک است، اما سرمایه‌های عظیم یک جامعه اعم از زمان، بودجه دولتی، موقعیت‌های برتر ملی از نظر اقتصادی، اجتماعی،فرهنگی، سیاسی و ... را هدر می‌دهد. انتخاب پیمانکار برای پروژه‌های عمرانی در بخش دولتی و خصوصی کشور در اکثر موارد، مطابق قانون مناقصات و بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد. اگرچه سیستم تعیین صلاحیت و رتبه‌بندی پیمانکاران و همچنین ارزیابی کیفی پیمانکاران شرکت کننده در مناقصه، مانع ورود بخشی از پیمانکاران فاقد صلاحیت به روند رقابت می‌شود، با این وجود، این روش سبب بهبود کیفیت کلی ساخت وساز نمی‌شود و لذا این سیستم نیز به روش کمترین قیمت پیشنهادی رجعت می‌یابد [۴]. از دیدگاه کارفرمایان، تأکید بر یک عامل یا معیار غالب در این سیستم، مانع دستیابی به سطح بهینه عملکردی در اجرای پروژه می‌شود و تحقیقات گذشته، اثرات فاجعه‌بار چنین رویکردی را در تصمیم‌گیری نشان داده است [۵]. السیج و همکاران (۲۰۲۱) اظهار داشتند که انتخاب پیمانکار اصلح از میان پیمانکاران تأیید صلاحیت شده می‌تواند از هدر رفت منابع جلوگیری نموده و سبب حفظ منابع سازمان گردد. در این راستا علاوه در نظر گرفتن معیار مالی، چندین معیار دیگر باید در بررسی صلاحیت و انتخاب پیمانکار در نظر گرفته شود [۳]. نقی‌زاده وردین و همکاران (۱۴۰۱) بیان داشتند که انتخاب پایین‌ترین قیمت پیشنهادی ممکن است موفقیت پروژه را به خطر بیندازد زیرا نتایج آن منجر به عملکرد ضعیف، تغییر سفارشات، افزایش هزینه‌ها، تاخیرات و اختلافات گسترده شود. انتخاب پیمانکار با روش کمترین قیمت مناقصه، یکی از دلایل اصلی افت کیفیت اجرا (تأکید بر کمیت به‌جای کیفیت برای جبران قیمت پایین)، عملکرد ضعیف پیمانکار، برگشت از بودجه، افزایش تأخیرات، افزایش دستورات تغییر و ادعاها، مناقشات، نارضایتی کارفرما، افزایش هزینه‌های چرخه حیات، دعاوی قضایی و به‌طورکلی عدم موفقیت پروژه و در مواقعی شکست پروژه است [۵]. به عقیده برخی محققین، دلیل اصلی تداوم روش سنتی حداقل قیمت، سهولت ثبت و تفسیر آن علیرغم سوگیری های ذهنی و ذاتی آن است. اگرچه این رویکرد می تواند منجر به گسترش رقابت شود و مبنای معقولی برای آن فراهم کند، اما بهترین ارزش برای پروژه یا بهترین نتیجه را از روند ساخت و ساز ارائه نمی دهد. با توجه به معایب روش سنتی، محققین، مالکان، کارفرمایان و به‌طورکلی دست‌اندرکاران ساخت و ساز در جهان، تصمیم‌گیری چندمعیاره را وارد مسئله تصمیم‌گیری انتخاب پیمانکار نموده‌اند که در آنها معیارهایی غیر از قیمت در کنار سایر معیارهای مورد نظر برای انتخاب پیمانکار در نظر گرفته می‌شود تا مجریان پروژه بر اساس آنها بهترین انتخاب را داشته باشند [۵ و ۶]. با وجود این مسائل و علی رغم نگرانی بسیاری از محققان و متخصصان در مورد ساختمان‌های سبز در کشورهای

[1]. Estidama

توسعه یافته، تحقیقات کمی در زمینه تجزیه و تحلیل معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار در پروژه‌های ساخت و ساز سبز انجام شده و با توجه به اینکه ساختمان‌های سبز و انتخاب پیمانکار اصلح دارای منافع بالقوه‌ای در زمینه توسعه پایدار می‌باشند [۷]؛ بررسی معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور، یکی از اهداف پژوهش حاضر، تجزیه و تحلیل معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار در صنعت نوظهور ساختمان‌های سبز می‌باشد چراکه با توجه به عدم وجود تجربه کافی در صنعت ساخت وساز سبز در ایران، تجزیه و تحلیل معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار می‌تواند بر موفقیت پروژه‌های ساختمان‌های سبز و توسعه کشور با سازه‌های سازگار با محیط زیست تأثیر بسزایی داشته باشد. از طرفی دیگر با بررسی‌های بعمل آمده مشخص گردید که علاوه بر تجزیه و تحلیل معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار در صنعت نوظهور ساختمان‌های سبز و بررسی تعامل بین معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمان سبز امری بس ضروری و مهم به نظر می‌رسد چراکه عوامل متعدد و متنوعی وجود دارند که بر موفقیت و شکست پروژه‌های ساخت سبز اثر می‌گذارند و شناسایی و تحلیل رفتار آنها می‌تواند دید روشنی به مدیران سازمان‌های دولتی، خصوصی و دستگاه‌های اجرائی دهد که به طور مداوم عملکرد پیمانکاران خود را ارزیابی و مدیریت کنند و از خروجی ارزیابی به عنوان ورودی در انتخاب پیمانکاران اصلح‌تر و کاهش خطرپذیری پروژه‌های ساختمانی سبز استفاده نمایند. با توجه به اینکه معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز مفهومی پیچیده و چند بعدی است، تاکنون یک مدل کلی از شاخص‌ها و ارتباط بین آنها ارائه نشده است. دستیابی به مدل مناسب معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز مستلزم شناسایی و ارزیابی معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار براساس روش‌های علمی است. پژوهش حاضر سعی می‌نماید که معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز را در قالب یک مدل تحلیلی - ترکیبی جامع از جمله مدلسازی ساختاری-تفسیری (ISM) مورد سنجش قرار دهد. خروجی این تحقیق کمک می‌کند که با استفاده از تکنیک ISM مدیران سازمان‌های دولتی، خصوصی و دستگاه‌های اجرائی تصویری روشن و کمی از بخش معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز داشته باشند. در پژوهش حاضر، ابتدا از طریق مرور و بررسی برخی مطالعات به شناسایی تعدادی از معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار در پروژه‌های ساخت و ساز سبز پرداخته شد و سپس با استفاده از روش مدلسازی ساختاری تفسیری [۲] (ISM) به تحلیل کمی روابط و تعامل میان عوامل مشخص گردید. همچنین برای بررسی قابلیت کاربرد روش پیشنهادی، پروژه‌های ساختمانی سبز در شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه پژوهش حاضر، براساس مطالعه و ردیابی علمی برای بررسی اهداف زیر تدوین شده است که از چهار جنبه به ادبیات کمک می کند:

۱) شناسایی و تشخیص معیارهای اصلی در بررسی صلاحیت و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران؛

۲) بررسی وابستگی متقابل معیارهای اصلی در بررسی صلاحیت و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز و تاثیرات آن‌ها بر روی یکدیگر در ایران؛

۳) استفاده از نمودار میک‌مک[۳] برای طبقه‌بندی و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی معیارهای اصلی انتخاب پیمانکار مناسب پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران؛

۴) و در آخر توسعه یک مدل تجزیه و تحلیل معیارهای اصلی در بررسی پیش صلاحیت پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران می‌باشد.

ادامه مقاله حاضر، به‌صورت زیر سازماندهی شده است. در بخش بعدی بررسی ادبیات ارائه خواهد شد. روش پژوهش در بخش سوم با در نظر گرفتن مراحل اجرای گام به گام روش ISM ارائه می‌شود. در بخش چهارم پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی و نتایج آن ارائه-شده و بخش آخر نیز شامل نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی جهت تحقیقات آتی است.

[1].Interpretive Structural Modelling (ISM)
[3].MICMAC

۱- بررسی ادبیات

برخلاف وجود سیستم رتبه‌بندی پیمانکاران و تعیین صلاحیت آنها در سطح کشور و تفکیک آنها برحسب رشته‌های مختلف و ارزیابی کیفی مناقصه‌گران قبل از مناقصه و تهیه فهرست کوتاهی از صلاحیت‌دارترین آنها که همانند یک فیلتر عمل کرده و مانع ورود پیمانکاران ناشایسته به عرصه رقابت می‌شود، با این حال در مرحله پایانی، انتخاب پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد [۵]. همه پیمانکاران شرکت کننده در پروژه‌های عمرانی، تحت فشار رقابتی بازار، مجبور به افزایش حجم و کاهش کیفیت هستند و با توجه به کمترین قیمت پیشنهادی در مناقصه، مسئولیت خود را محدود به تأمین حداقل الزامات می‌کنند چراکه در سیستم سنتی، پیمانکاران بابت عملکرد بالا، هیچ پاداشی دریافت نمی‌کنند [۸]. این سیستم پیمانکار را به سمت اقداماتی جهت کاهش هزینه بهجای ارتقاء کیفی سوق می‌دهد. پیمانکاری که خود به روش کمترین قیمت، برنده مناقصه شده است. یکی از عواقب دیگر کاربرد سیستم سنتی، استانداردهای پایین زیست محیطی و وضعیت بد شرایط کاری و دستمزدها است که خود باعث افت کیفیت و پایداری محصولات و خدمات می‌شود. در برخی موارد، پیمانکار برنده، به دنبال یافتن خطاها در مشخصات فنی و نقشه‌ها است تا امکان ادعا و یا طرح دعاوی قضایی برایش فراهم شود و بتواند کارفرما را مجبور به پرداخت مبالغ اضافی بابت تأخیرات یا تغییرات نماید و از این وضع به عنوان یک امتیاز رقابتی بهره‌جویی کند. در این شیوه مناقصه‌گران برنده شدن در مناقصه، تلاش می‌کنند تا پایین‌ترین قیمت را پیشنهاد دهند و این امر سبب افت کیفیت محصول یا خدمات می‌شود زیرا آنها تمایلی به درک نیازهای کارفرما ندارند و از این جهت کارفرما با ریسک بالایی مواجه می‌شود [۵].

برای غلبه بر معایب سیستم سنتی، در طی دهه‌های گذشته، روش‌های مختلفی ارائه شده است که در آنها از تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره برای وزن‌دهی به معیارهای تصمیم‌گیری و انتخاب پیمانکار استفاده شده است. در این مدل‌ها به‌جای استفاده از یک معیار منفرد یعنی قیمت پیشنهادی پیمانکار، از معیارهای متعدد برای ارزیابی عملکرد پیمانکار از جنبه‌های مختلف و انتخاب پیمانکار اصلح بکارگرفته می‌شود. انتخاب معیارهای مناسب برای پروژه و وزن‌دهی به آنها فرآیندی مهم است که علاوه بر معیارهای رایج، می‌تواند شامل معیارهای خاصی باشد که تابع الزامات پروژه یا مقتضیات کارفرما و یا بهره‌بردار پروژه هستند [۱۰]. در حالت کلی این معیارها باید طوری انتخاب و وزن‌دهی شوند که ضامن موفقیت پروژه باشند. در پژوهشی آچیمفور[4]و همکاران (۲۰۲۳)، به بررسی سیستم‌های صلاحیت و پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پرداختند و اذعان داشتند که انتخاب معیارهای انتخاب پیمانکار مناسب تحت تأثیر عوامل دیگری قرار می گیرد، بنابراین می‌توان آن را به عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره مناسب در نظر گرفت [۱۱]. یو[5] و همکاران در سال (۲۰۲۲)، یک بررسی جامع در حوزه روش‌شناسی پیرامون وزن‌دهی به معیارها و فرآیند انتخاب پیمانکار انجام دادند و نتایج آن نشان داد که روش‌های سفارشی[6]، روش‌های چند شاخصه[7]، تئوری مطلوبیت[8]، رگرسیون چندگانه[9]، آنالیز خوشه‌ای[10]، تئوری فازی[11] از جمله روش‌های از جمله روش‌های پرکاربرد می‌باشند [۱۲]. هم‌چنین، طی چند دهه اخیر روش‌های دیگری مانند تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، استدلال مبتنی بر مورد و نظریه گراف در ادبیات پیشنهاد شده‌اند که اکثر این مدل‌ها بر اساس مفاهیم شماتیک ساخته شده‌اند. پژوهشگرانی چون، راسل[12] و همکاران (۱۹۹۲)، قوانین تصمیم‌گیری را هنگام انتخاب پیش صلاحیت پیمانکار با ساختن یک سیستم خبره مبتنی بر دانش به کار گرفتند [۱۳]. هاتوش[13] (۱۹۹۷)، از تکنیک ارزیابی و بررسی برنامه (PERT) با در نظر گرفتن احتمالات معیارها برای ارزیابی داده‌های پیمانکار در مقابل اهداف مشتری (زمان، هزینه و کیفیت) استفاده کرد [۱۴]. زاوادسکاس[14] و همکاران (۲۰۰۸)، یک تکنیک تصمیم‌گیری چندشاخصه را برای بررسی معیارهای پیش صلاحیت پیمانکار معرفی نمودند [۱۵]. هوانگ[15] و همکاران

[4] .Acheamfour
[5] Yu
[6] . Bespoke methods
[7] . Multiattribute analysis
[8] . Multiattribute utility theory
[9] . Multiple regression
[10] . Cluster analysis
[11] . Fuzzy set theory
[12] . Russell
[13] . Hatush
[14] . Zavadskas
[15] . Huang

(۲۰۱۳)، ظرفیت‌های مالی پیمانکار را به عنوان پیش صلاحیت مالی و با استفاده از مدل اعتباری مبتنی بر جریان نقدی (CFB) ارزیابی کردند [۱۶].در ادامه جدول ۱، فهرست مختصری از روش‌های بکارگرفته در ادبیات گذشته ارائه شده است.

جدول۱: روش‌های بکارگرفته در ادبیات گذشته برای انتخاب پیمانکار.

نویسندگان	روش‌های به کارگرفته شده	بررسی و مقایسه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری به کار گرفته شده			
		اهمیت سنجی و ارزیابی تصمیم‌گیری	تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی	ساختار دهی به عناصر شاخص‌های موثر در حل یک مشکل (یا بهبود یک سیستم)	توسعه یک مدل
حمصیان [۱۷]	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس	✓	-	-	-
نیر و جهان [۱۸]	فرآیند تحلیل شبکه‌ای، دیمتل و بهترین – بدترین	✓	-	-	-
جمالی و والی پور [۱۹]	سوارا و کوپراس	✓	-	-	-
نقی زاده وردین و همکاران [۵]	ویکور	✓	-	-	-
کوک[16] و همکاران [۲۰]	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس	✓	-	-	-
ناجی[17] و همکاران [۲۱]	فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)	✓	-	-	-
الشمرانی[18] و همکاران [۲۲]	امتیاز تئوری سودمند چند ویژگی (MAUT)	✓	-	-	-
السیج و همکاران [۳]	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)	✓	-	-	-
جرگان و کوک[19] [۲۳]	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)	✓	-	-	-
بلیجکاس[20] و همکاران [۲٤]	منطق فازی	✓	-	-	-
آچامفور[21] و همکاران [۱۱]	مدلسازی معادلات ساختاری (SEM)	✓	-	-	-
رویکرد پیشنهادی	مدلسازی ساختاری – تفسیری	✓	✓	✓	✓

علیرغم پژوهش‌های گسترده پیرامون معیارهای انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز، روش‌های متداول دارای نقض‌های عمده‌ای بوده که کاربرد تکنیک‌های متداول را به خصوص زمانیکه هدف تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز بوده را محدود می‌کند. با توجه به بررسی‌ها مشخص گردید که روش‌های بکارگرفته شده تا کنون فقط بحث اهمیت‌سنجی و ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری را ارائه نموده‌اند و به تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی، بهبود سیستم تصمیم‌گیری و توسعه مدل نپرداخته‌اند. بر این اساس، با توجه به شکاف مطالعاتی پی برده شده نیاز به روشی می‌باشد که علاوه بر ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری به تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی، بهبود سیستم و توسعه مدل بپردازد. بنابراین هدف مطالعه حاضر، بکارگیری روش ISM به منظور تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز می‌باشد. با توجه به اینکه معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز مفهومی پیچیده و چند بعدی است، تاکنون یک مدل کلی از شاخص‌ها و ارتباط بین آنها ارائه نشده است. دستیابی به مدل مناسب معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز مستلزم شناسایی و ارزیابی معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار براساس روش‌های علمی است. پژوهش حاضر سعی می‌نماید که معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز را در قالب یک مدل تحلیلی - ترکیبی جامع از جمله مدلسازی

[16] .Koc
[17].Naji
[18] .Alshamrani
[19] . Gurgun and Koc
[20] . Beljkas
[21] . Acheamfour

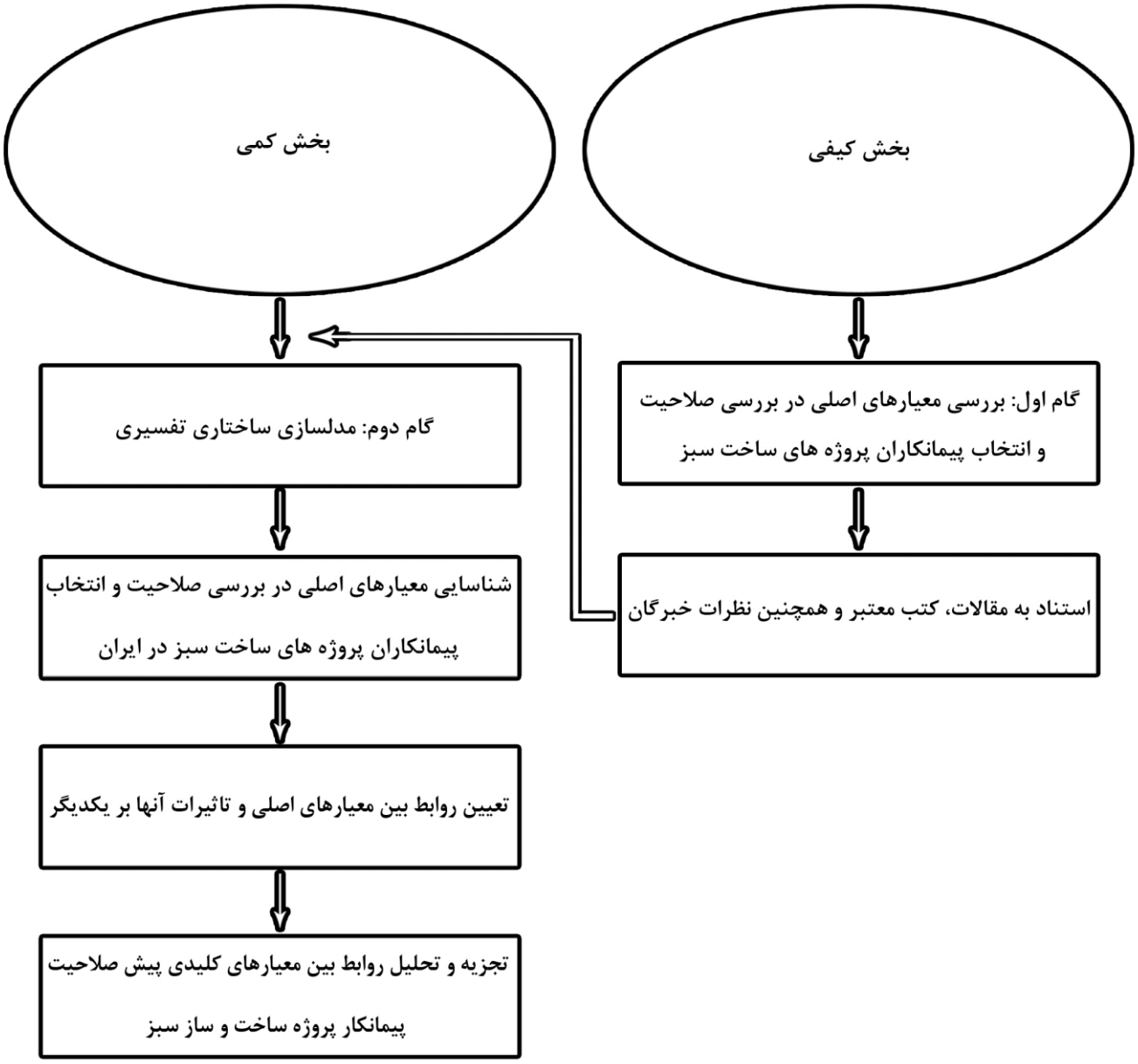
ساختاری- تفسیری (ISM) مورد سنجش قرار دهد. روش مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها پرداخته و ارتباط بین شاخص که به صورت تکی یا گروهی که به یکدیگر وابسته‌اند، را تعیین نموده و با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها می‌پردازد. به طور کلی می‌توان گفت که طراحی مدل ساختاری تفسیری (ISM)روشی است برای بررسی اثر هر یک از متغیرها بر روی متغیرهای دیگر؛ این طراحی رویکردی فراگیر برای سنجش ارتباط است و برای توسعه مدل به‌کار می‌رود تا اهداف کلی تحقیق امکان‌پذیر شود. ISM، روشی برای ایجاد و فهم روابط میان عناصر یک سیستم پیچیده می‌باشد. به عبارتی دیگر ISM یک فرآیند متعامل است که در آن مجموعه‌ای از عناصر مختلف و مرتبط با همدیگر در یک مدل جامع ساختاربندی می‌شوند. روش‌شناسی ISM کمک زیادی به برقراری نظم در روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم می‌نماید و در تشخیص روابط درونی متغیرها کمک می‌کند. در نهایت، یک تکنیک مناسب برای تجزیه و ISM می‌تواند به اولویت بندی و تحلیل تأثیر یک متغیر بر متغیرهای دیگر می‌باشد. هم چنین می‌تواند به اولویت‌بندی و تعیین سطح عناصر یک سیستم اقدام کند که کمک بسیار شایانی به مدیران برای اجرای بهتر مدل طراحی شده می‌کند [۲۵]. بر این اساس با توجه به اهمیت پی‌برده شده، این مطالعه از چهار جنبه به ادبیات کمک می کند و مهمترین نوآوری های آن ارائه شده است: ۱) شناسایی و تشخیص معیارهای اصلی در بررسی صلاحیت و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران؛ ۲) بررسی وابستگی متقابل معیارهای اصلی در بررسی صلاحیت و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز و تاثیرات آن‌ها بر روی یکدیگر؛ ۳) استفاده از نمودار میک‌مک[22] برای طبقه‌بندی و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی معیارهای اصلی انتخاب پیمانکار مناسب پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران؛ ۴) و در آخر توسعه یک مدل تجزیه و تحلیل معیارهای اصلی در بررسی پیش صلاحیت پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران می‌باشد.

برای دستیابی به جنبه‌های پی برده شده، یک مرور ادبیات سیستماتیک برای شناسایی معیارهای اصلی در بررسی پیش صلاحیت پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز توسعه می‌یابد. سپس، یک ساختار شبکه سلسله مراتبی با مسیرهای معیارهای اصلی در بررسی پیش صلاحیت پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) برای نشان دادن معیارهای اصلی در بررسی پیش صلاحیت پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز در وابستگی‌های متقابل ایجاد می‌شود. همچنین یک تحلیل طبقه‌بندی شده میک‌مک برای برای ارزیابی قدرت محرک و وابستگی عناصر وابستگی متقابل عوامل اصلی انتخاب پیمانکار اعمال می شود. بنابراین، عوامل اصلی انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران مرتبط با اهداف پروژه، بر اساس روش ISM-MICMAC تعیین می‌شوند. نتایج این مطالعه درک بهتری از وابستگی‌های متقابل عوامل اصلی انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران فراهم می‌کند و بنابراین به سازمان‌های دولتی، خصوصی و دستگاه‌های اجرائی به طور مداوم عملکرد پیمانکاران خود را ارزیابی و مدیریت کنند و از خروجی ارزیابی به عنوان ورودی در انتخاب پیمانکاران اصلح‌تر و کاهش خطرپذیری پروژه‌های ساختمانی سبز استفاده شود.

۲- روش پژوهش

روش پژوهش کوششی نظام‌مند جهت دستیابی به هدف پژوهش است که دارای گام‌های مشخصی می‌باشد. اولین گام در تدوین روش تحقیق تعیین نوع آن است. نوع تحقیق براساس هدف، شیوه گردآوری داده‌ها و ماهیت آن تعیین می‌شود. دومین گام در تدوین روش تحقیق، بیان شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها است. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد پژوهشگر با استفاده از چه روش‌هایی داده‌های گردآوری شده را تحلیل خواهد کرد. همانطور که قبلا گفته شد، هدف مطالعه حاضر بکارگیری روش ISM به منظور تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز می‌باشد. در راستای تحقق هدف اصلی، پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، شیوه گردآوری داده‌ها توصیفی- پیمایشی و ماهیت داده‌ها یک تحقیق آمیخته است. در روند تهیه و تولید داده‌ها ابتدا معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز از مرور ادبیات استخراج و مورد تایید خبرگان قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) بهره گرفته شده است. در ادامه شکل ۱، ساختار مرحله‌ای پژوهش ارائه شده است.

[22] . MICMAC



شکل ۱: ساختار مرحله‌ای پژوهش.

مراحل انجام پژوهش مرحله به مرحله در دو بخش کیفی- کمی بدین صورت است که در مرحله اول بخش کیفی، با بررسی ادبیات تحقیق و نظر خبرگان به شناسایی معیارهای اصلی در بررسی پیش صلاحیت و انتخاب پیمانکار پروژه ساختمانی سبز پرداخته می‌شود. معیارهای انتخاب از طریق مرور ادبیات و نظر خبرگان شناسایی شدند. بررسی ادبیات متمرکز بر پروژه‌های ساختمانی عمومی و سبز می‌باشد چراکه تعداد محدودی از مقالات تحقیقاتی معیارهای انتخاب پیمانکاران سبز را مورد بحث قرار دادند. عبارات جستجو شامل ساخت و ساز پایدار، ساخت و ساز سبز، ساختمان سبز، شیوه‌های ساخت و ساز پایدار، معیارهای انتخاب پیمانکار و روش‌های انتخاب پیمانکار بود. همچنین پایگاه‌های داده شامل مجلات انجمن مهندسی عمران آمریکا[۲۳]، تیلور و فرانسیس[۲۴]، امرالد[۲۵]، الزویر[۲۶] و ساینس دایرکت[۲۷] می‌باشد. در نهایت، مهمترین و مرتبط ترین معیارها بر اساس فراوانی استنادها فیلتر شدند که برخی معیارها مرتبط با ساخت و ساز سبز و برخی دیگر معیار کلی انتخاب پیمانکار بوده است. در ادامه به منظور اعتبارسنجی (روایی و پایایی) معیارهای منتخب، پرسشنامه‌ای تهیه شد و بین شرکت‌های پیمانکاری فعال در حوزه ابنیه و ساختمان در شهر تهران که توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در رتبه یک تشخیص صلاحیت شده‌اند و دارای تجربه و دانش کافی در حوزه ساخت و ساز سبز یا مرسوم باشند، توزیع گردید. با توجه به کمبود زمان و امکانات، دسترسی به تمام اعضای جامعه آماری امکان‌پذیر نبود، لذا از تکنیک نمونه گیری بصورت تصادفی استفاده گردید و بنابراین جهت محاسبه حجم نمونه مورد نیاز برای پژوهش، از استفاده گردید. مطابق جدول مورگان، تعداد اعضای نمونه برای تعداد ۲۱۴ عضو جامعه آماری برابر با ۱۳۷ عضو می باشد. نظرسنجی‌ها برای ۱۳۷ متخصص در شرکت‌های مختلف ارسال شد. از بین ۱۳۷ شرکت، ۳۹ شرکت بصورت حضوری و ۹۸ شرکت بصورت پستی پرسشنامه بین آنها توزیع گردید. ۲۲ نفر از خبرگان به نظرسنجی به صورت کامل پاسخ دادندکه با نرخ پاسخ ۱۷٪ مطابقت دارد. جدول ۲، مشخصات پاسخ‌دهندگان را نشان می‌دهد. ۴۶٪ پاسخ‌دهندگان تجربه کاری بین ۱۰ تا ۲۰ سال را داشته و ۵۵٪ در پروژه‌هایی کار می‌کنند که بیش از ۵۰۰ میلیارد ریال ارزش مالی دارند.

جدول۲: مشخصات پاسخ‌دهندگان

	طبقه‌بندی	پاسخ‌دهندگان (۲۲ نفر)	
		تعداد	درصد
تجربه کاری (سال)	بالای ۲۰	٦	۰,۲۷
	۱۰-۲۰	۱۲	۰,۵۵
	۵-۱۰	٤	۰,۱۸
اندازه متوسط پروژه (میلیاردریال)	کمتر ۱۰۰	۳	۰,۱۳
	۱۰۰-۵۰۰	۷	۰,۳۲
	بیشتر از ۵۰۰	۱۲	۰,۵۵

جهت روایی پرسشنامه‌ها از روایی ظاهری استفاده شده است بدینگونه که پرسشنامه طراحی شده در اختیار خبرگان قرار داده شد و روایی آن مورد تایید قرار گرفت. سپس به منظور بدست آوردن پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که معمولا مقدار بالای ۰.۷ قابل قبول می باشد. برای این کار، با استفاده از داده‌های به دست آمده از پرسشنامه و به کمک نرم‌افزار آماری SPSS میزان ضریب پایایی با روش آلفای کرونباخ محاسبه شد. مقدار آلفای کرونباخ بدست آمده برای این پرسشنامه ۰/۸۵۹ است که نشان دهنده این است که این پرسشنامه از پایایی قابل قبول و مناسبی برخوردار است. نتایج بررسی و اعتبارسنجی معیارها، منجر به شناسایی ۱۶ معیار فرعی از ۴ معیار اصلی شد که در شکل ۲، عوامل موثر بر پیش صلاحیت و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران ارائه شده است. در ادامه در بخش کمی، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری[۲۸] (ISM) برای بررسی روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز استفاده شد. روش معرفی شده، بر اساس نظریه گراف است. توسعه ریاضی آن را می‌توان در مطالعات هاراری[۲۹] و همکاران (۱۹۶۵) و وارفیلد[۳۰] (۱۹۷۴) یافت [۲۶]. مفهوم ISM بر مبنای ایجاد یک مدل ساختار رابطه سلسله مراتبی بر اساس روابط عناصر پیچیده است. پس از تجزیه و تحلیل مدل ساختار رابطه ای با استفاده از دانش حرفه‌ای

[23] . American Society of Civil Engineering (ASCE)
[24] . Taylor and Francis
[25] . Emerald
[26] . Elsevier
[27] . Science Direct
[28] . Interpretive structural modelling (ISM)
[29] . Harary
[30] . Warfield

کارشناسان برای توصیف روابط متنی بین عناصر، یک نمودار جهت دار رسم می شود. ISM روابط بین متغیرهای خاص را شناسایی و تجزیه و تحلیل می‌کند که یک مشکل، سیستم یا حوزه مطالعه را در یک الگوی طراحی شده با دقت که شامل نمودارها و کلمات است، توصیف می‌کند. پس از مقایسه زوجی متغیرها، یک ماتریس خود - تعامل ساختاری[31] ایجاد می‌شود و به یک ماتریس دسترس‌پذیری تبدیل می‌شود که انتقال‌پذیری آن بررسی می‌شود. هنگامی که جاسازی گذر تکمیل شد، یک مدل ماتریسی به دست می‌آید. در ادامه تمامی مراحلی که برای توسعه مدل مورد نظر با استفاده از تکنیک ISM مورد نیاز است، معرفی می‌شود [۲۶].

۱-۳- فهرست‌بندی معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز

فرآیند برگزاری مناقصات، ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در کشورهای مختلف به روش‌های متفاوتی صورت می‌گیرد. به گفته هاتوش می‌توان این روش‌ها را به پنج عنصر یا زیر سیستم تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از: ۱) مشخص کردن مشخصات پروژه؛ ۲) ثبت نام از پیمانکاران متقاضی برای انجام پروژه؛ ۳) ارزیابی پیش صلاحیت پیمانکاران؛ ۴) تهیه فهرست کوتاه؛ ۵) ارزیابی پیشنهادهای قیمت. پژوهشگران، در طی زیرسیستم سوم یا همان مرحله ارزیابی پیش صلاحیت پیمانکاران، مجموعه ابعاد و معیارهای متفاوتی را معرفی کرده‌اند. بنابراین ضروری به نظر می‌رسد به منظور شناسایی و استخراج معیارهای موثر بر ارزیابی صلاحیت و انتخاب پیمانکاران پروژه ساخت و ساز سبز، پژوهش‌های گذشته در این زمینه مورد بررسی قرار گیرد [۱۰]. در این راستا، اولین گام شناسایی و فهرست‌بندی معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز شامل دو مرحله فیلترینگ و بررسی بود. یک فهرست اولیه از معیارهایی که بر اساس مرور ادبیات گسترده تهیه گردیدند. بررسی ادبیات شامل مقالات تحقیقاتی است که در مورد انتخاب پیمانکاران برای پروژه‌های ساختمانی معمولی و سبز بحث می‌کند. سپس این فهرست بر اساس فراوانی استنادها در ادبیات فیلتر شد. برخی ترکیب شدند و برخی دیگر حذف شدند. در نهایت، این لیست با ۱۶ معیار، که در چهارگروه گروه‌بندی شده‌اند، به پایان رسید. هر گروه شامل چهار معیار اصلی به ترتیب تشکیلات شرکت، سابقه شرکت، مناقصه، محیطی است. شکل ۲ معیارهای انتخاب شده را به همراه گروه‌ها نشان می دهد. جدول ۳ معیارهای انتخاب شده را به همراه منابع مربوطه نشان می‌دهد.

جدول۳: معیارهای انتخاب پیمانکار و منابع.

شرح	منابع	استناد
وضعیت مالی	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی[32] [۲۷]؛ شن[33] و همکاران [۲۸]؛ اسمیت[34] [۲۹]؛ کوگ و یامان[35] [۳۰]؛ کریست اوبال[36] [۳۱]؛ پوری و تیواری[37] [۳۲]؛ فونگ و چوی [38] [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ[39] [۳۴]؛ گان[40] و همکاران [۳۵]؛ وات[41] و همکاران [۳۶]؛ و سینگ و تیونگ[42] [۳۷]؛ هوانگ و نگ[43] [۳۸]؛ زو و مون[44] [۳۹]	۱۴
تشکیلات شرکت	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳۴]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳۶]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱۴
اندازه و منابع	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳۴]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳۶]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱۴

[31] . Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)
[32] .Cheng and Li
[33] .Shen
[34] .Smith
[35] .Kog and Yaman
[36] .Cristobal
[37] .Puri and Tiwari
[38] .Fong and Choi
[39] .Dallasega and Rauch
[40] Gan
[41] .Watt
[42] .Singh and Tiong
[43] .Hwang and Ng
[44] .Zuo and Moon

تعهد به پایداری	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
تجربه کار در پروژه-های مشابه	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
عملکرد	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
ارتباط با مشتری	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
شهرت	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
قیمت پیشنهادی	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
زمان پیشنهادی	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ [۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
پیشنهاد فنی	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ[۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
طرح ساخت و ساز	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ[۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
مدیریت آب	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ[۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
مدیریت انرژی	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ[۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤
مدیریت مواد پایدار	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و	۱٤

	تیونگ[۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	
مدیریت زباله و آلودگی	السیج و همکاران [۳]؛ چنگ و لی [۲۷]؛ شن و همکاران [۲۸]؛ اسمیت [۲۹]؛ کوگ و یامان [۳۰]؛ کریست اوبال [۳۱]؛ پوری و تیواری [۳۲]؛ فونگ و چوی [۳۳]؛ دالاسگا و راوخ [۳٤]؛ گانو همکاران [۳۵]؛ وات و همکاران [۳٦]؛ و سینگ و تیونگ[۳۷]؛ هوانگ و نگ [۳۸]؛ زو و مون [۳۹]	۱٤

شکل۲: ساختار سلسله مراتبی عوامل موثر بر پیش صلاحیت و انتخاب پیمانکار پروژه ساختمانی سبز.

۱-۳-۱- ویژگی‌های شرکت

این گروه با خصوصیات کلی شرکت بدون توجه به پروژه مورد نظر سروکار دارد که شامل وضعیت مالی، سازماندهی شرکت، اندازه و منابع و تعهد به پایداری است. در ادامه هر یک از زیر معیارها شرح داده می‌شود [۳]:

- وضعیت مالی: وضعیت مالی نشان می‌دهد که آیا یک پیمانکار منابع مالی لازم برای اجرای پروژه و انجام تعهدات مالی دارد یا خیر؟ برخی از مالکان یا مشتریان به صورت‌های مالی اخیر برای ارزیابی نیاز دارند. وضعیت مالی اطلاعاتی در مورد سود، گردش مالی، مبالغ سررسید و وجوه مالی متعلق به آن را نشان می‌هد.
- تشکیلات شرکت: تشکیلات شرکت، به عنوان ساختار سازمانی و وظایف اساسی شامل منابع انسانی، خرید، پروژه، مهندسی و بخش های مالی تعریف می‌شود.
- اندازه و منابع: اندازه و منابع، به تعداد کارکنان و تعداد منابع تحت کنترل شرکت مانند کارخانه و تجهیزات، پرسنل، سطح استفاده از فناوری، زمینه تخصص و حجم کار اشاره دارد. این معیار اطلاعاتی در مورد توانایی پیمانکار در مدیریت اندازه پروژه و تامین منابع کافی در پروژه ارائه می‌دهد.
- تعهد به پایداری: تعهد به پایداری به عنوان آگاهی شرکت در مورد شیوه‌های پایدار و اینکه چگونه این شیوه‌ها در کار ادغام شده-اند تعریف می‌شود. نهادینه کردن شیوه‌های پایدار در شرکت با صرفه‌جویی در انرژی و آب و استفاده از محصولات قابل بازیافت، سطح آگاهی شرکت را در مورد پایداری افزایش می‌دهد.

۲-۳-۱- سابقه شرکت

سابقه شرکت، تاریخچه پیمانکار را از نظر تکمیل موفقیت‌آمیز پروژه‌ها به موقع و روابط آنها با طرف‌های شرکت کننده در پروژه توصیف می‌کند. این گروه شامل تجربه در پروژه‌های مشابه، عملکرد در پروژه‌های گذشته، ارتباط با مشتری و شهرت است. در ادامه به شرح هر زیرمعیار پرداخته می‌شود [۳]:

- تجربه در پروژه های مشابه: تجربه در پروژه های مشابه عاملی است که تخصص پیمانکار را در پروژه‌هایی که قبلا انجام شده است توصیف و کارفرما را در انتخاب پیمانکاری که از تجربه کافی در پروژه پیشنهادی برخوردار است کمک می‌کند. برخی از پیمانکاران بیش از سایرین می‌توانند تجربه خوبی با نوع خاصی از سازه ها داشته باشند.
- عملکرد در اقدامات پروژه‌های گذشته: عملکرد در اقدامات پروژه‌های گذشته، موفقیت پروژه‌های گذشته و عدم تجاوز به هزینه و زمان موفقیت یک پروژه بر حسب عملکرد آن در زمانبندی، هزینه، کیفیت و بدون اختلاف سنجیده می‌شود.
- ارتباط با مشتریان: برخی از مشتریان ترجیح می‌دهند با پیمانکارانی کار کنند که رضایت آنها را در تحویل پروژه با قیمت مناسب، به موقع و بدون حادثه داشته باشند. بنابراین، این امر شانس پیمانکاران را در برنده شدن در مناقصه افزایش می‌دهد.
- شهرت: به عنوان سن شرکت، فعالیت‌های متقلبانه، سابقه سلب صلاحیت، رضایت مشتریان و اختلافات قانونی تعریف می‌شود. علاوه بر این، شرایط کاری پیشنهادی برای نیروی کار مستقیماً بر شهرت شرکت تأثیر می‌گذارد. حوادث زیست محیطی و ایمنی، شهرت شرکت را به ویژه اگر تکرار شود، از بین می‌برد. پلبانکیویچ[45] (۲۰۱۵) بیان می‌کند که شکست‌های گذشته در تکمیل پروژه ها نقش مهمی در شهرت پیمانکار دارد. علاوه بر این، تعداد سال های حضور در صنعت ساختمان و همکاری با پیمانکاران فرعی به ارزیابی اعتبار پیمانکار کمک می‌کند [۳۲].

۳-۱-۳- مناقصه تجاری و فنی

از دو گروه اول برای ارزیابی پیمانکار بر اساس سابقه و سازماندهی شرکت استفاده می‌شود. گروه مناقصه بازرگانی و فنی، توانایی پیمانکار را برای رسیدگی و تحویل پروژه جاری ارزیابی می‌کند. این گروه شامل قیمت پیشنهادی، زمان پیشنهادی، پیشنهاد فنی و طرح مدیریت پروژه پیشنهادی می‌باشد [۳].

- قیمت پیشنهادی: ارزش هزینه می‌تواند گاهی اوقات به عنوان مهمترین عامل توسط مشتریان دیده شود. قیمت پیشنهادی رایج-ترین معیار در انتخاب پیمانکار بوده است، زیرا اکثر مشتریان به دنبال صرفه‌جویی در هزینه هستند. با این حال، اکثر هزینه پروژه‌ها بیش از قیمت پیشنهادی اولیه است. هدف مشتریان این است که پروژه را در یک تاریخ مشخص به پایان برسانند. مدت زمان پیشنهادی با تجربه پیمانکار کنترل می‌شود.
- زمان پیشنهادی: زمان پیشنهادی، یکی از مهمترین عوامل در کنار قیمت و کیفیت پروژه بوده است.
- پیشنهاد فنی: پیشنهاد فنی شامل تجهیزات، منابع و روش‌های ساخت و ساز اختصاص داده شده به پروژه برای رسیدن به کیفیت مطلوب. هر پروژه ای نیازمندی های خاص خود را دارد.
- طرح ساخت و ساز پیشنهادی: طرح ساخت و ساز پیشنهادی به پیشنهادی اطلاق می‌شود که پیمانکار برای نشان دادن توانایی خود در مدیریت کیفیت، ایمنی، ریسک، زمان و هزینه ارائه می‌دهد. تمرکز این گروه بر ارزیابی پیشنهاد، برای ارزیابی چهار جنبه اصلی است: زمان پیشنهاد، قیمت، اجرا و مدیریت.

۴-۱-۳- محیطی

گروه محیط زیست با اقدامات پیمانکار در محل ساخت و ساز که بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد سر و کار دارد. این گروه شامل مدیریت آب، مدیریت انرژی، مدیریت مواد پایدار و مدیریت زباله و آلودگی است [۳].

- مدیریت آب: به طور کلی، کارگاه های ساخت و ساز مقادیر زیادی آب مصرف می کنند: برای مهار گرد و غبار، که شامل پاشش آب در جاده‌های سایت و به طور کلی در سراسر سایت است، و برای عملیات تخریب. علاوه بر این، از آب برای تمیز کردن در

[45] . Plebankiewicz

محل استفاده می‌شود. به عنوان مثال، تمیز کردن واگن‌های بتنی مخلوط پس از آن استفاده همراه با تمیز کردن محل و حتی تمیز کردن فشار بالا در محل. همچنین ممکن است از آب برای تمیز کردن بیشتر مناطق عمومی سایت استفاده شود. این امر فضایی را برای شرکت‌ها ایجاد می‌کند تا در حین انجام چنین اقداماتی از آب به طور مؤثرتری استفاده کنند.

- مدیریت انرژی: مدیریت انرژی به عنوان ادغام تکنیک‌هایی تعریف می‌شود که مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به جو را کاهش می‌دهد. هدف مدیریت انرژی کاهش و مدیریت انواع انرژی در محل ساخت و ساز است. استفاده از تجهیزات کارآمدتر و پرهیز از تجهیزات زیاد و غیر ضروری انرژی مورد نیاز را به حداقل می‌رساند.
- مدیریت مواد پایدار: زباله‌های ساختمانی مناطق وسیعی از محل‌های دفن زباله را پوشش می‌دهند. در امتداد آن محل‌های دفن زباله، مقادیر زیادی انرژی تلف شده وجود داشت که زمانی برای تولید آن مواد قرار می‌گرفت. از این رو، شرکت‌های ساختمانی باید همیشه میزان مواد مصرفی را با استفاده مجدد از ضایعات یا زباله در مکان‌های دیگر در محل کاهش دهند. به عنوان مثال، کاشی‌های کف شکسته را می‌توان به‌جای دور ریختن، به‌صورت مکانیکی برش داد و در لبه‌های کف به دیوار استفاده کرد، یا با دقت استفاده کرد. ریخته‌گری‌ها و داربست‌ها می‌توانند مصرف چوب و فولاد را کاهش دهند. استفاده از مدیریت زنجیره تامین پایدار همچنین می تواند به کاهش انرژی تلف شده در تولید و تولید مواد کمک کند.
- مدیریت زباله و آلودگی: زباله و آلودگی به این صورت تعریف می‌شود: ضایعات ساختمانی که به صورت نخاله های ساختمانی، قلوه سنگ، خاک، بتن، فولاد، الوار و مواد مختلط پاکسازی محل، ناشی از فعالیت های مختلف ساختمانی مانند خاکبرداری یا سازند، ساخت و ساز ساختمانی و عمرانی، ترخیص محل، تخریب فعالیت‌ها، راه‌سازی و نوسازی ساختمان می‌باشد. هدف مدیریت پسماند حفاظت از محیط زیست و شناسایی این آلاینده‌هایی است که به طور قابل توجهی در آسیب رساندن به محیط زیست نقش دارند. زباله و آلودگی می‌تواند به اشکال دیگر مانند صدا، نور و گرد و غبار باشد. مفهوم ساختمان سبز با هدف کاهش سر و صدا با استفاده از تجهیزات با راندمان بالاتر و تقویت براده برداری بتن و جوشکاری فولاد توسط کارگران راندمان رسیدگی به زباله‌ها زمانی افزایش می‌یابد که از ماشین آلات بیشتر و تعداد کارگران کمتر استفاده شود. براده‌برداری بتن و جوشکاری فولاد توسط کارگران راندمان رسیدگی به زباله‌ها زمانی افزایش می‌یابد که از ماشین آلات بیشتر و تعداد کارگران کمتر استفاده شود.

۲-۳- تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری

پس از شناسایی متغیرها نوبت به وارد کردن این متغیرها در ماتریس ساختاری خودتعاملی (SSIM) می‌شود. این ماتریس یک ماتریس، به ابعاد متغیرها می‌باشد که در سطر و ستون اول آن متغیرها به ترتیب ذکر می‌شود. آن گاه روابط دو به دو متغیرها به وسیله نمادهایی مشخص می‌شود. در این مدل پس از شناسائی ابعاد وشاخص‌های مطالعه روابط بین ابعاد و شاخص‌های شناسائی شده با استفاده از رابطه مفهومی «منجر به» تحلیل می‌شود. ماتریس خودتعاملی ساختاری از ابعاد و شاخص‌های مطالعه ومقایسه آن‌ها با استفاده از چهار حالت روابط مفهومی تشکیل می‌شود. این ماتریس توسط خبرگان و متخصصین فرآیند محوری تکمیل می‌گردد. اطلاعات حاصله بر اساس متد مدلسازی ساختاری تفسیری جمع‌بندی و ماتریس خودتعاملی ساختاری نهایی تشکیل گردیده است. حالت‌ها و علائم مورد استفاده دراین رابطه مفهومی عبارت است از [۱۲]:

V: عامل سطر i باعث محقق شدن عامل ستون j می‌شود.

A: عامل ستون j باعث محقق شدن عامل سطر i می‌شود.

X: هر دوعامل سطر و ستون باعث محقق شدن یکدیگر می‌شوند (عامل i و j رابطه دوطرفه دارند).

O: بین عامل سطر و ستون هیچ ارتباطی وجود ندارد.

۳-۳- بدست آوردن ماتریس دستیابی اولیه

ماتریس دستیابی از تبدیل ماتریس ساختاری خود تعاملی به یک ماتریس دو ارزشی صفر و یک به دست می‌آید. برای استخراج ماتریس دریافتی در هر سطر ماتریس خود تعاملی به‌جای علائم X و V از عدد یک و به‌جای علائم A و O از عدد صفر استفاده می‌شود. ماتریس به دست آمده ماتریس دریافتی اولیه نام دارد. درایه‌های قطر اصلی برابر یک قرار می‌گیرد. ماتریس دستیابی اولیه با تبدیل نمادهای ماتریس خود تعاملی ساختاری به اعداد صفر و یک بر اساس زیر ماتریس دستیابی اولیه بدست می‌آید [۱۲].

- ✓ اگر نماد خانه ij حرف V باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه عدد صفر گذاشته می‌شود.
- ✓ اگر نماد خانه ij حرف A باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه عدد ۱ گذاشته می‌شود.
- ✓ اگر نماد خانه ij حرف X باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه نیز عدد ۱ گذاشته می‌شود.
- ✓ اگر نماد خانه ij حرف O باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه نیز عدد صفر گذاشته می‌شود.

۳-۴- سازگار کردن ماتریس دستیابی

پس از اینکه ماتریس اولیه دستیابی بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به عنوان نمونه اگر متغیر ۱ منجر به متغیر ۲ شود و متغیر ۲ منجر به متغیر ۳ شود، باید متغیر ۱ نیز منجر به متغیر ۳ شود و اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شود و روابط این چنینی اصلاح و ایجاد شوند. این سازگاری با استفاده از روابط ثانویه که ممکن است وجود نداشته باشند به ماتریس دستیابی اولیه افزوده می‌شوند.

۳-۵- تعیین سطح متغیرها

در این گام مجموعه معیارهای ورودی (پیش نیاز) و خروجی (دستیابی) برای هر معیار را محاسبه می‌کنیم و سپس عوامل مشترک را نیز مشخص می‌کنیم در این گام معیاری دارای بالاترین سطح است که مجموعه خروجی (دستیابی) با مجموعه مشترک برابر باشد. پس از شناسایی این متغیر یا متغیرها، سطر و ستون آن‌ها را از جدول حذف می‌کنیم و عملیات را دوباره بر روی دیگر معیارها تکرار می‌کنیم. خروجی‌ها و ورودی‌ها از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده استخراج می‌شود برای این کار، تعداد ۱ ها در هر سطر بیانگر خروجی، و تعداد ۱ ها در ستون برابر ورودی هستند [۱۲].

۳-۶- ترسیم شبکه تعاملات

در این گام با توجه به سطوح معیارها و روابط بین آن‌ها ترسیم شبکه تعاملات ایجاد می‌شود. با استفاده از سطوح بدست آمده از معیارها، شبکه تعاملات ISM رسم می‌شود. اگر بین دو متغیر i و j رابطه باشد آن را به وسیله یک پیکان جهت دار نشان می‌دهیم.

۳-۷- تجزیه وتحلیل MICMAC

تجزیه و تحلیل MICMAC بر پایه قدرت نفوذ (تاثیرگذاری) و میزان وابستگی (تاثیرپذیری) هر متغیر شکل گرفته و امکان بررسی بیشتر محدوده هر یک از متغیرها را فراهم می‌سازد. در این تحلیل متغیرها به چهار گروه خودمختار، وابسته، پیوندی (رابط) و مستقل تقسیم می‌شوند [۱۲].

۳- پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی و نتایج آن

در این بخش نتایج اجرای بکارگیری روش ISM به منظور تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز به صورت کامل ارائه می‌گردد. بدین منظور، به پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی و ارائه تجزیه و تحلیل نهایی به صورت مرحله به مرحله پرداخته می‌شود.

مرحله ۱) شناسایی شاخص‌های پژوهش: ابتدا براساس ادبیات پژوهش یا روش‌های پژوهش کیفی، شاخص‌های متغیر مورد مطالعه را شناسایی نمودیم و نتایج منجر به شکل ۲ گردید.

مرحله ۲) تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری: در مرحله اول ماتریس خودتعاملی ساختاری پژوهش را با استفاده از نظر پاسخ‌دهندگان تشکیل می‌گردد. سپس، برای تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری خبرگان معیارها را به صورت زوجی با یکدیگر در نظر می‌گیرند و بر اساس طیف زیر به مقایسات زوجی پاسخ می‌دهند. ماتریس خودتعاملی شامل ۱۶ بعد بوده، ابعاد با توجه به تاثیر آن بر یکدیگر به‌صورت زوجی مقایسه و مطابق با دستورالعمل، درصورتی عامل سطر i باعث محقق شدن عامل ستون j می‌شود (V)؛ در صورتی که عامل ستون j باعث محقق شدن عامل سطر i می‌شود (A)؛ در صورتی که هر دوعامل سطر و ستون باعث محقق شدن یکدیگر می‌شوند (عامل i و j رابطه دوطرفه دارند) (X) و در نهایت در صورتی که بین عامل سطر و ستون هیچ ارتباطی وجود نداشته باشد (O) تکمیل شد. نتایج به دست آمده از پرسشنامه‌ها با هم جمع شده و براساس مد و فراوانی، اطلاعات حاصله براساس روش مدلسازی ساختاری تفسیری جمع‌بندی شده و ماتریس خودتعاملی ساختاری نهایی تشکیل شد و منطبق بر روش‌های ناپارامتریکی در جدول ۴ ارائه گردید.

جدول٤: ماتریس خودتعاملی ساختاری.

M16	M15	M14	M13	M12	M11	M10	M9	M8	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	
A	O	V	A	V	X	V	X	A	A	A	A	O	V	A		M1
A	O	V	A	V	A	X	O	V	A	O	X	O	A			M2
A	V	V	A	O	V	O	O	V	A	O	V	V				M3
V	V	A	V	O	A	O	O	O	A	O	A					M4
V	A	O	V	O	V	O	O	O	A	A						M5
V	A	O	V	O	V	O	V	O	V							M6
X	O	O	V	O	V	O	V	A								M7
X	O	O	V	O	V	V	V									M8
X	V	A	A	V	A	A										M9
O	V	V	A	V	V											M10
O	V	A	A	O												M11
O	V	V	O													M12
V	A	V														M13
V	A															M14
A																M15
																M16

مرحله ۳) تشکیل ماتریس دستیابی اولیه: در مرحله سوم باید ماتریس دستیابی اولیه را با تبدیل ماتریس خودتعاملی ساختاری به اعداد صفر و یک تشکیل داد. برای این کار از قاعده زیر استفاده می‌شود:

- اگر نماد خانه ij حرف V باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه عدد صفر گذاشته می‌شود.
- اگر نماد خانه ij حرف A باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه عدد ۱ گذاشته می‌شود.
- اگر نماد خانه ij حرف X باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه نیز عدد ۱ گذاشته می‌شود.
- اگر نماد خانه ij حرف O باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه نیز عدد صفر گذاشته می‌شود.

جدول۵: ماتریس دستیابی اولیه.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
M1	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
M2	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰
M3	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰
M4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱
M5	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱
M6	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱
M7	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱
M8	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
M9	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱
M10	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰
M11	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
M12	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
M13	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱
M14	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱
M15	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰
M16	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰

مرحله ۴) تشکیل ماتریس دستیابی اولیه سازگار: پس از اینکه ماتریس اولیه دستیابی بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به عنوان نمونه اگر متغیر ۱ منجر به متغیر ۲ شود و متغیر ۲ منجر به متغیر ۳ شود، باید متغیر ۱ نیز منجر به متغیر ۳ شود و اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شود و روابط این چنینی اصلاح و ایجاد شوند. این سازگاری با استفاده از روابط ثانویه که ممکن است وجود نداشته باشند به ماتریس دستیابی اولیه افزوده می‌شوند. در جدول ۶، سلول‌های که با 1^* نشان داده شد روابطی هستند که در ماتریس سازگار شده ایجاد شده‌اند.

جدول٦: ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	قدرت نفوذ
M1	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۰	۰	۱*	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱*	۱*	۱۳
M2	۱	۱*	۱*	۱*	۱	۰	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱۵
M3	۱*	۱	۱*	۱	۱	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱۶
M4	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۰	۱	۱*	۱	۱	۱۵
M5	۱	۱	۱*	۱	۱*	۰	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱	۱۵
M6	۱	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱۶
M7	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱*	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱۵
M8	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۰	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱۵
M9	۱	۱*	۱*	۰	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱۵

M10	۱*	۱	۰	۱*	۱*	۱*	۰	۱*	۱	۱*	۱	۱	۱*	۱	۱	۱*	۱۴
M11	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۰	۱*	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱۵
M12	۰	۰	۰	۱*	۱*	۱*	۰	۰	۱*	۰	۱*	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱۰
M13	۱	۱	۱	۱*	۱*	۰	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱*	۱	۱۵
M14	۱*	۱*	۱*	۰	۰	۱	۱*	۱*	۱	۰	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱۳
M15	۱*	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱*	۰	۱*	۱*	۱*	۰	۱	۱	۱*	۱*	۱۴
M16	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱۶
میزان وابستگی	۱۵	۱۵	۱۴	۱۵	۱۵	۹	۱۲	۱۴	۱۶	۱۴	۱۶	۱۴	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	

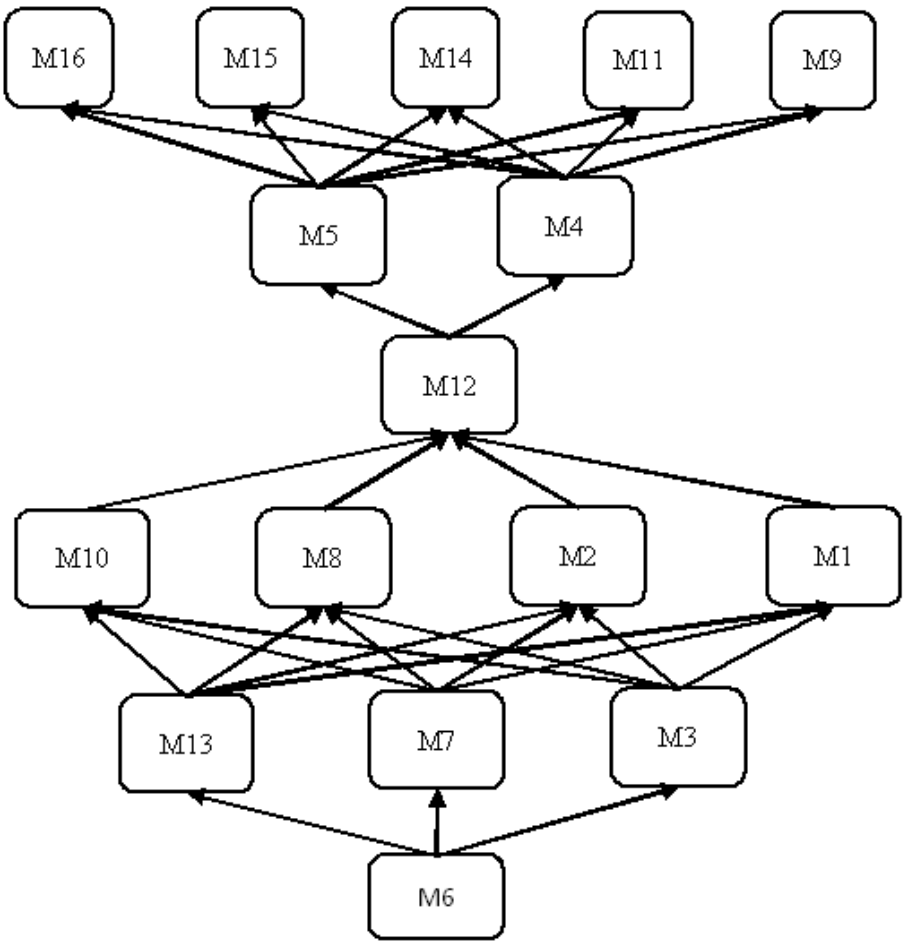
مرحله ۵) تعیین سطوح عوامل: در این گام مجموعه معیارهای ورودی (پیش نیاز) و خروجی (دستیابی) برای هر معیار را محاسبه می‌کنیم و سپس عوامل مشترک را نیز مشخص می‌کنیم در این گام معیاری دارای بالاترین سطح است که مجموعه خروجی (دستیابی) با مجموعه مشترک برابر باشد. پس از شناسایی این متغیر یا متغیرها، سطر و ستون آن‌ها را از جدول حذف می‌کنیم و عملیات را دوباره بر روی دیگر معیارها تکرار می‌کنیم. خروجی‌ها و ورودی‌ها از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده؛ استخراج می‌شود برای این کار، تعداد ۱ ها در هر سطر بیانگر خروجی، و تعداد ۱ ها در ستون برابر ورودی هستند که برای تعیین سطح اول، نتایج سطح‌بندی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول۷: معیارهای سطح ۱.

ردیف	خروجی	ورودی	اشتراک	سطح
M1	M1-M2-M3-M4-M5-M8-M9-M10-M11-M12-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M8-M9-M10-M11-M14-M15-M16-	
M2	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	
M3	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M11-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M11-M13-M14-M15-M16-	
M4	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	
M5	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M15-M16-	
M6	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M3-M4-M6-M9-M10-M11-M12-M15-M16-	M3-M4-M6-M9-M10-M11-M12-M15-M16-	
M7	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M13-M14-M15-M16-	M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M13-M14-M15-M16-	
M8	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M14-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M14-M16-	
M9	M1-M2-M3-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	۱
M10	M1-M2-M4-M5-M6-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M13-M15-M16-	M1-M2-M4-M5-M6-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	
M11	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	۱
M12	M4-M5-M6-M9-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M16-	M5-M6-M9-M11-M12-M13-M14-M16-	
M13	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M2-M3-M4-M5-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	
M14	M1-M2-M3-M4-M7-M8-M9-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M7-M8-M9-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	۱
M15	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M9-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M9-M10-M11-M13-M14-M15-M16-	۱
M16	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-	۱

در جدول۴، معیارهای سطح ۱ استخراج شده است که شامل معیارهای اندازه و منابع (M9)، تعهد به پایداری (M11)، مدیریت انرژی (M14)، مدیریت زباله و آلودگی (M15)، مدیریت مواد پایدار (M16) می‌باشد. حال برای تعیین معیارهای سطح دوم، سوم و..... ششم کافیست همین گام را مجددا تکرار نمائیم و سطوح را استخرام نمائیم.

مرحله ۶) شبکه تعاملات ISM: در مرحله ششم، با استفاده از سطوح بدست آمده از معیارها، شبکه تعاملات ISM رسم می‌شود. اگر بین دو متغیر i و j رابطه باشد آن را به وسیله یک پیکان جهت دار نشان می‌دهیم. دیاگرام نهایی ایجاد شده که با حذف حالت‌های تعدی و نیز با استفاده از بخش‌بندی سطوح بدست آمده است در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس مدل پژوهش، شامل ۶ سطح می‌باشد. معیار سابقه کار در پروژه‌های مشابه (M6) موجود در سطح ششم تاثیرگذارترین شاخص می‌باشد که به صورت مستقیم بر روی معیارهای سطح ۵ تاثیر می‌گذارد. اندازه و منابع (M9)، تعهد به پایداری (M11)، مدیریت انرژی (M14)، مدیریت زباله و آلودگی (M15) و مدیریت مواد پایدار (M16) که در سطح اول قرار دارند به عنوان تاثیرپذیرترین سطح مشخص شده‌اند.



شکل۳: مدل **ISM** پژوهش.

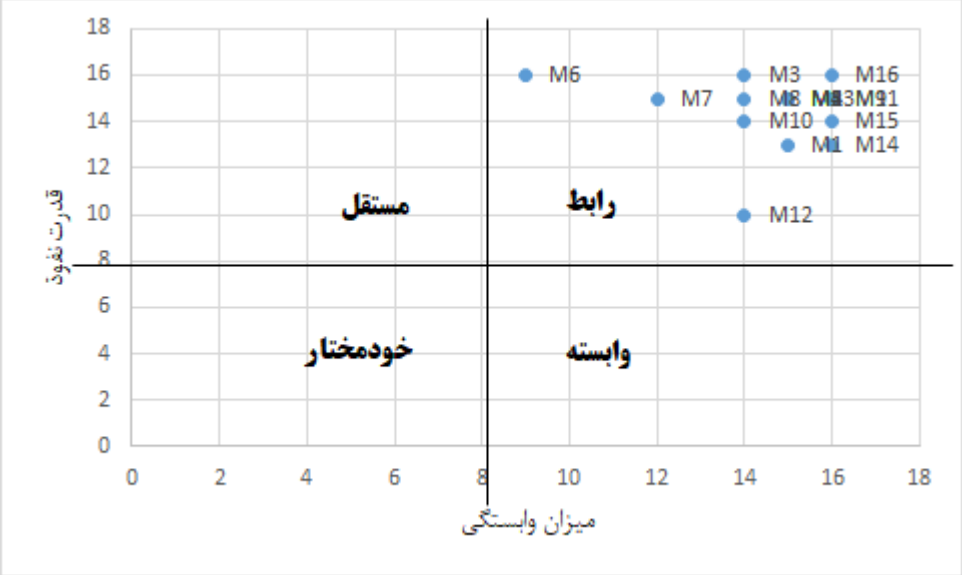
۴-۱- نتایج تجزیه و تحلیل معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز از روش های مدلسازی ساختاری تفسیری و تحلیل میک‌مک

تعدادی از مطالعات قبلی ISM و MICMAC را برای ارزیابی معیارهای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره در زمینه‌های مرتبط با ساخت و ساز، رتبه‌بندی گزینه‌ها یا انتخاب مناسب‌ترین گزینه ادغام کردند. MICMAC برای رسیدگی به مشکلات پیچیده پیشنهاد شده

است. تجزیه و تحلیل MICMAC بر پایه قدرت نفوذ (تاثیرگذاری) و میزان وابستگی (تاثیرپذیری) هر متغیر شکل گرفته و امکان بررسی بیشتر محدوده هر یک از متغیرها را فراهم می‌سازد. در این تحلیل متغیرها به چهار گروه خودمختار، وابسته، پیوندی (رابط) و مستقل تقسیم می‌شوند:

- خودمختار: میزان وابستگی و قدرت هدایت کمی دارند این معیارها عموما از سیستم جدا می‌شوند زیرا دارای اتصالات ضعیف با سیستم هستند. تغییری در این متغیرها باعث تغییر جدی در سیستم نمی‌شود.
- وابسته: این متغیرها دارای وابستگی قوی و هدایت ضعیف هستند این متغیرها اصولا تاثیرپذیری بالا و تاثیرگذاری کمی روی سیستم دارند.
- مستقل: این متغیرها دارای وابستگی کم و هدایت بالا می‌باشند به عبارتی دیگر تاثیرگذاری بالا و تاثیرپذیری کم از ویژگی‌های این متغیرها است.
- **رابط:** این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند به عبارتی تاثیرگذاری و تاثیرپذیری این معیارها بسیار بالاست و هر تغییر کوچکی بر روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود.

با توجه به اهمیت پی برده شده، مدل پژوهش شکل ۳، را می‌توان از لحاظ قدرت نفوذ و وابستگی به صورت شکل ۴ نشان داد. بر اساس نتایج حاصل از شکل ۴، تمامی معیارها از نوع رابط هستند. این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند. به عبارتی تاثیرگذاری و تاثیرپذیری این معیارها بسیار بالاست و هر تغییر کوچکی بر روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود.



شکل٤: ماتریس قدرت نفوذ-وابستگی.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

پروژه‌های ساخت و ساز روز به روز بزرگتر و پیچیده‌تر می‌شوند. بنابراین، نیاز به منابع انسانی، تجهیزاتی و مالی به مراتب بیشتری در فاز اجرایی پروژه احساس می‌شود. پیمانکاران به عنوان بازوی اجرایی پروژه‌ها با این دسته از چالش‌ها بیش از پیش روبرو هستند. آن‌ها برای برطرف کردن این دسته از چالش‌ها بایستی از افراد و یا سازمان‌هایی که دارای منابع، تجهیزات و تخصص می‌باشند کمک بگیرند که این اشخاص همان پیمانکاران می‌باشند. بدین منظور، انتخاب پیمانکار مناسب برای موفقیت پروژه ساخت و ساز، از اهمیت بالایی برخوردار

است. این موضوع در مورد پروژه‌های ساختمانی سبز اهمیت بیشتری دارد. پروژه‌های ساختمانی سبز نیازمند پیمانکارانی با قابلیت‌های ویژه، علاوه بر قابلیت‌های سنتی هستند. انتخاب پیمانکار پایدار برای پروژه‌های سبز یک کار بسیار دشوار و حیاتی برای تضمین موفقیت پروژه سبز است؛ زیرا پروژه‌های ساختمانی سبز نیازمند مهارت و تجربه بالاتری هستند. با توجه به معایب روش سنتی، محققین، مالکان، کارفرمایان و به‌طورکلی دست‌اندرکاران ساخت و ساز در جهان، تصمیم‌گیری چندمعیاره را وارد مسئله تصمیم‌گیری انتخاب پیمانکار نموده‌اند که در آنها معیارهایی غیر از قیمت در کنار سایر معیارهای مورد نظر برای انتخاب پیمانکار در نظر گرفته می‌شود تا مجریان پروژه بر اساس آنها بهترین انتخاب را داشته باشند. با وجود این مسائل و علی رغم نگرانی بسیاری از محققان و متخصصان در مورد ساختمان‌های سبز در کشورهای توسعه یافته، تحقیقات کمی در زمینه تجزیه و تحلیل معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار در پروژه‌های ساخت و ساز سبز انجام شده و با توجه به اینکه ساختمان‌های سبز و انتخاب پیمانکار اصلح دارای منافع بالقوه‌ای در زمینه توسعه پایدار می‌باشند؛ بررسی معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار در چند دهه گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته است. علیرغم پژوهش‌های گسترده پیرامون معیارهای انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز، روش‌های متداول روش‌های سفارشی[۴۶]، روش‌های چند شاخصه[۴۷]، تئوری مطلوبیت[۴۸]، رگرسیون چندگانه[۴۹]، آنالیز خوشه‌ای[۵۰]، تئوری فازی[۵۱] دارای نقض‌های عمده‌ای بوده که کاربرد تکنیک‌های متداول را به خصوص زمانیکه هدف تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز بوده را محدود می‌کند. با توجه به بررسی‌ها مشخص گردید که روش‌های بکارگرفته شده تا کنون فقط بحث اهمیت‌سنجی و ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری را ارائه نموده‌اند و به تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی، بهبود سیستم تصمیم‌گیری و توسعه مدل نپرداخته‌اند. بنابراین هدف مطالعه حاضر، بکارگیری روش ISM به منظور تجزیه و تحلیل روابط بین معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز می‌باشد. با توجه به اینکه معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز مفهومی پیچیده و چند بعدی است، تاکنون یک مدل کلی از شاخص‌ها و ارتباط بین آنها ارائه نشده است. دستیابی به مدل مناسب معیارهای پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز مستلزم شناسایی معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار براساس روش‌های علمی است. پژوهش حاضر سعی می‌نماید که معیارهای کلیدی پیش صلاحیت انتخاب پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز را در قالب یک مدل تحلیلی - ترکیبی جامع از جمله مدلسازی ساختاری- تفسیری (ISM) مورد سنجش قرار دهد. روش مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها پرداخته و ارتباط بین شاخص که به صورت تکی یا گروهی که به یکدیگر وابسته‌اند، را تعیین نموده و با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها می‌پردازد. به طور کلی می‌توان گفت که طراحی مدل ساختاری تفسیری (ISM)روشی است برای بررسی اثر هر یک از متغیرها بر روی متغیرهای دیگر؛ این طراحی رویکردی فراگیر برای سنجش ارتباط است و برای توسعه مدل به‌کار می‌رود تا اهداف کلی تحقیق امکان‌پذیر شود. بدین منظور، فرآیند انتخاب معیارها، شامل بررسی مطالعات پیشین ادبیات از طریق مرور ادبیات متمرکز بر پروژه‌های ساختمانی عمومی و سبز می‌باشد. سپس، نتایج بررسی‌ها با یک لیست که شامل ۱۶ معیار که در چهارگروه گروه‌بندی شده‌اند، به پایان رسید. مهمترین و مرتبط ترین معیارها بر اساس فراوانی استنادها فیلتر و سپس معیارها به چهار گروه که هر کدام دارای چهار معیار بودند، دسته بندی شدند. برخی مربوط به معیارهای عمومی برای انتخاب پیمانکاران هستند؛ در حالی که برخی دیگر به معیارهای مربوط به جنبه‌های سبز پیمانکار می‌پردازند. سپس، به منظور، سطح‌بندی و تعیین نوع ارتباط بین موانع از روش مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) استفاده و در نهایت تجزیه و تحلیل موانع کلیدی، وابسته، خودمختار و پیوندی انجام پذیرفت. مطابق مدل ساختاری تفسیری، معیارهای کلیدی پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز شامل ۱۶ معیار اصلی است که در ۶ سطح قرار گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که سابقه کار در پروژه‌های مشابه در سطح آخر به عنوان تاثیرگذارترین شاخص می‌باشد که به صورت مستقیم بر روی معیارهای سطح ۵ که شامل قیمت پیشنهادی، ارتباط با مشتری و مدیریت آب تاثیر می‌گذارد. در ادامه، اندازه و منابع (M9)، تعهد به پایداری (M11)، مدیریت انرژی (M14)، مدیریت زباله و آلودگی (M15) و مدیریت مواد پایدار (M16) که در سطح اول قرار دارند به عنوان تاثیرپذیرترین سطح مشخص شده‌اند و از تاثیرگذاری کمتری نسبت به سایر سطوح برخوردار است. در ادامه با

[46] . Bespoke methods
[47] . Multiattribute analysis
[48] . Multiattribute utility theory
[49] . Multiple regression
[50] . Cluster analysis
[51] . Fuzzy set theory

استفاده از تحلیل میک مک مشخص گردید که تمامی معیارها از نوع رابط هستند این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند به عبارتی تاثیرگذاری و تاثیرپذیری این معیارها بسیار بالاست و هر تغییر کوچکی بر روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود. این مطالعه به دنبال عوامل مناسب برای ارزیابی پیمانکاران در فرآیند پیش صلاحیت پروژه ساختمانی بوده است. معیارهای ارائه شده در پژوهش حاضر را می‌توان برای ارزیابی اثرات قابلیت‌ها و فعالیت‌های مدیریتی مختلف برای نظارت بر عملکرد شرکت‌ها در صنعت ساخت و ساز استفاده کرد. هدف ارزیابی دقیق و کامل معیارهای پیش صلاحیت پیمانکار در فرآیند مناقصه پروژه ساخت و ساز برای کمک به مدیران پروژه برای درک روابط بین معیارهای حیاتی و تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری بود. علاوه بر این، کارشناسان در مورد محاسن و اشکالات راه حل‌های پیشنهادی اظهار نظر کرده‌اند. از آنجایی که به مدل‌های معادلات ساختاری و رویکردهای آماری وابسته نیست، روش ISM به دلیل روابط وابستگی پیچیده‌اش شبیه مدل سلسله مراتبی سنتی نیست. در مدل‌سازی سلسله مراتبی و راه‌حل‌های وابستگی برتر است. بنابراین اطلاعات ارزشمندتری برای استراتژی‌های انتخابی فراهم می‌کند. مشارکت‌های اصلی بررسی‌های پژوهش حاضر، منجر به نتایج زیر گردید:

۱) در پژوهش حاضر، تلاش گردید تا معیارهای مهم برای پیش‌صلاحیت پیمانکار در فرآیند پیش‌صلاحیت پیمانکاری را به عنوان یک مدل شناسایی شود (شکل ۳). مطالعات متعددی در مورد معیارهای پیش‌صلاحیت پیمانکار موجود است، اما هیچ مطالعه‌ای تعاملات بین عوامل اصلی را بررسی نکرده است. همچنین هیچ مطالعه توسعه مدلی در مورد معیارهای پیش صلاحیت پیمانکار وجود ندارد که بتواند به ما در درک رابطه بین معیارها کمک کند. مدل ISM به شاغلین و مدیران پروژه در درک هسته روابط عوامل پیش صلاحیت پیمانکاران کمک می‌کند. از این رو، این تحقیق در این زمینه اهمیت می‌یابد.

۲) یافته کلیدی پژوهش حاضر این است مدیریت مواد پایدار، مدیریت زباله و آلودگی، مدیریت انرژی، تعهد به پایداری، اندازه و منابع متغیرهای مهمی هستند. بنابراین، مدیران پروژه باید در طول پیش صلاحیت پیمانکار بر روی این پنج متغیر تمرکز کنند. در نهایت رویکرد پیشنهادی توانسته، به مدیران پروژه و دست اندرکاران پروژه تصویر معقول‌تری از فرآیند مناقصه پروژه ساخت و ساز ارائه دهد.

۳) یکی از مشارکت‌های اصلی توسعه یافته توسط این تحقیق، روابط متنی بین معیارهای متمایز مختلف برای پیش‌صلاحیت پیمانکار با استفاده از یک چارچوب سیستمی واحد است. در این مطالعه، ۱۶ معیار به طور گسترده در نظر گرفته شده برای پروژه‌های ساخت و ساز سبز شناسایی شد و یک چارچوب سیستماتیک برای ارزیابی معیارها پیشنهاد و با توجه به نظرات کارشناسی، شکل و ویژگی‌های پروژه‌های عمرانی مورد مطالعه وارد مدل ISM شد. معیارهای پیش صلاحیت پیمانکار پروژه ساخت و ساز سبز با مدل به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و اهمیت مقایسه‌ای و روابط بین معیارها در نمودار وابستگی راننده نشان داده شد.

۴) این روش بر نظرات بازخورد کارشناسان متکی است و ممکن است سوگیری ایجاد کند. علاوه بر این، اعتبار سنجی عددی مدل هنوز انجام نشده است. ممکن است فرآیند شبکه تحلیلی (ANP) برای ارزیابی نسبت سازگاری و شاخص ثبات در نظر گرفته شود. از این رو اعتبار سنجی و ارتقای این چارچوب می‌تواند موضوع تحقیقات آینده باشد.

مراجع

[1] Ali Yar, A., Rezaei Adriani, M., and Parsayan, Ava. (1400). the role of the contractor in the success factors of green building projects, *the 6th International Conference on Construction*, Architecture and Sustainable Green City, Hamedan.

[2] Estidama. (2010). The pearl rating system for Estidama building rating system design & construction. 1st ed. *Abu Dhabi: UAE Department of Urban Planning and Municipalities*.

[3] El-Sayegh, S. M., Basamji, M., Haj Ahmad, A., & Zarif, N. (2021). Key contractor selection criteria for green construction projects in the UAE. *International Journal of Construction Management*, *21*(12), 1240-1250.

[4] Khodabandeh, A. (2015*). Contractor selection for construction projects using fuzzy logic*. M.Sc. dissertation. Technical and Engineering Department, Sajjad University of Technology.

[5] Naghizadeh Vardin, A., Ansari, R., & Khalilzadeh, M. (2023). Optimization of Contractor Selection Process in Iranian Law of Tenders Utilizing VIKOR Method (Case Study: Water Industries in East Azerbaijan Province). *Journal of Civil and Environmental Engineering*, *53.1*(110), 13-30. doi: 10.22034/jcee.2021.44996.2018

[6] Khoso, A. R., Yusof, A. M., Chen, Z. S., Skibniewski, M. J., Chin, K. S., Khahro, S. H., & Sohu, S. (2022). Comprehensive analysis of state-of-the-art contractor selection models in construction environment-A critical review and future call. *Socio-Economic Planning Sciences*, *79*, 101137.

[7] Wong, C. H., Holt, G. D., & Harris, P. (2001). Multi-criteria selection or lowest price? Investigation of UK construction clients' tender evaluation preferences. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

[8] Hasnain, M., Thaheem, M. J., & Ullah, F. (2018). Best value contractor selection in road construction projects: ANP-based decision support system. *International journal of civil engineering*, *16*, 695-714.

[9] Hashemi, H., Mousavi, S. M., Zavadskas, E. K., Chalekaee, A., & Turskis, Z. (2018). A new group decision model based on grey-intuitionistic fuzzy-ELECTRE and VIKOR for contractor assessment problem. *Sustainability*, *10*(5), 1635.

[10] Ranaei Koroshlooei, H., Alimohammadloo, M., Mirghaderi, S. H., & Amini, M. (2018). A Framework for Evaluating Qualification and Selecting Contractor in the Process of Outsourcing the Creation and Maintenance of Green Space Projects Case Study: Shiraz Municipality. *Journal of Iranian Public Administration Studies*, *1*(1), 59-85.

[11] Acheamfour, V. K., Adjei-Kumi, T., & Kissi, E. (2023). Contractor selection: a review of qualification and pre-qualification systems. *International Journal of Construction Management*, *23*(2), 338-348.

[12] Yu, V. F., Chiang, F. Y., Le, T. H. A., & Lin, S. W. (2022). Using the ISM Method to Analyze the Relationships between Various Contractor Prequalification Criteria. *Applied Sciences*, *12*(8), 3726.

[13] Hatush, Z., & Skitmore, M. (1997). Criteria for contractor selection. *Construction management & economics*, *15*(1), 19-38.

[14] Zavadskas, E. K., Liias, R., & Turskis, Z. (2008). Multi-attribute decision-making methods for assessment of quality in bridges and road construction: State-of-the-art surveys. *The baltic journal of road and bridge engineering*, *3*(3), 152-160.

[15] Huang, W. H., Tserng, H. P., Liao, H. H., Yin, S. Y., Chen, P. C., & Lei, M. C. (2013). Contractor financial prequalification using simulation method based on cash flow model. *Automation in Construction*, *35*, 254-262.

[16] Gurgun, A. P., & Koc, K. (2020). Contractor prequalification for green buildings—evidence from Turkey. Engineering, Construction and Architectural Management.

[17] Homsian Fahad, Mehrdad. (1401). Identifying and evaluating the factors influencing the selection of the contractor using the integration of the construction management perspective and multi-criteria decision-making methods. System and Productivity Engineering, 2(2(Summer 1401)), 105-121.

[18] Nair, A., & Jahan, A. (2023). Evaluation and Selection of Construction Contractors with a Multi-Criteria Decision-Making Approach. *New Approaches in Civil Engineering*, *7*(1), 31-46. doi: 10.30469/jnace.2023.384556.1088

[19] Valipour, A., & Jamali, M. (2021). HYBRID SWARA-COPRAS METHOD FOR CONSTRUCTION CONTRACTORS SELECTION: SOUTH ZAGROS COMPANY CASE STUDY. *Journal of Structural and Construction Engineering*, *8*(Special Issue 1), 251-274. doi: 10.22065/jsce.2020.202125.1951

[20] Koc, K., Ekmekcioglu, Ö., & Işık, Z. (2023). Developing a Hybrid Fuzzy Decision-Making Model for Sustainable Circular Contractor Selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, *149*(10), 04023095.

[21] Naji, K. K., Gunduz, M., & Falamarzi, M. H. (2022). Assessment of Construction Project Contractor Selection Success Factors considering Their Interconnections. *KSCE Journal of Civil Engineering*, *26*(9), 3677-3690.

[22] Alshamrani, O. S. D., Saleem, M., AlYousif, I. K., & Alluqmani, A. (2023). Development of a pre-qualification and selection framework for construction projects' contractors in Saudi Arabia. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, *22*(3), 1545-1563.

[24] Beljkas, Z., Prascevic, Z., Ivanisevic, N., Knezevic, M., & Cvetkovska, M. (2019). Application of fuzzy logic on selection of contractors for construction of high rise buildings. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 222, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.

[25] Nazarian-Jashnabadi, J., Bonab, S. R., Haseli, G., Tomaskova, H., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023). A dynamic expert system to increase patient satisfaction with an integrated approach of system dynamics, ISM, and ANP methods. *Expert Systems with Applications*, *234*, 121010.

[26] Yu, V. F., Chiang, F. Y., Le, T. H. A., & Lin, S. W. (2022). Using the ISM Method to Analyze the Relationships between Various Contractor Prequalification Criteria. *Applied Sciences*, *12*(8), 3726.

[27] Cheng, E. W., & Li, H. (2004). Contractor selection using the analytic network process. *Construction management and Economics*, *22*(10), 1021-1032.

[28] Shen, L. Y., Li, Q. M., Drew, D., & Shen, Q. P. (2004). Awarding construction contracts on multicriteria basis in China. *Journal of Construction Engineering and Management*, *130*(3), 385-393.

[29] Smith, R. D. (2005). The CM@ Risk Contractor: In the Driver's Seat of the CM@ Risk Team. *AACE International Transactions*, R41.

[30] Kog, F., & Yaman, H. (2016). A multi-agent systems-based contractor pre-qualification model. *Engineering, construction and architectural management*, *23*(6), 709-726.

[31] San Cristóbal, J. R. (2012). Contractor selection using multicriteria decision-making methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, *138*(6), 751-758.

[32] Puri, D., & Tiwari, S. (2014). Evaluating the criteria for contractors' selection and bid evaluation. *International journal of engineering science invention*, *3*(7), 44-48.

[34] Fong, P. S. W., & Choi, S. K. Y. (2000). Final contractor selection using the analytical hierarchy process. *Construction management and economics*, *18*(5), 547-557.

[35] Dallasega, P., & Rauch, E. (2017). Sustainable construction supply chains through synchronized production planning and control in engineer-to-order enterprises. *Sustainability*, *9*(10), 1888.

[36] Gan, X., Zuo, J., Ye, K., Skitmore, M., & Xiong, B. (2015). Why sustainable construction? Why not? An owner's perspective. *Habitat international*, *47*, 61-68.

[37] Watt, D. J., Kayis, B., & Willey, K. (2009). Identifying key factors in the evaluation of tenders for projects and services. *International journal of project management*, *27*(3), 250-260.

[38] Singh, D., & Tiong, R. L. (2006). Contractor selection criteria: investigation of opinions of Singapore construction practitioners. *Journal of construction engineering and management*, *132*(9), 998-1008.

[39] Zou, X., & Moon, S. (2014). Hierarchical evaluation of on-site environmental performance to enhance a green construction operation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, *31*(1), 5-23.