Journal of Structural and Construction Engineering, 11(5), 2024, pp. 146-171

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Ranking of contractors using the Marcos and Copras model (case study: Zahedan gas company)

Sofia Hajpoor [1], Alireza Shahraki [2]*

1- M.Sc. Student of Industrial Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

2- Associate Professor, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

ABSTRACT

One of the most important things to do when deciding on projects is to choose the right contractor. Choosing inappropriate contractors causes problems such as high delays, high costs, and poor quality of project execution. The evaluation and ranking of contractors is one of the important decisions and is one of the fundamental challenges in construction projects due to the existence of various criteria; the aim of this research is to rank contractors of Zahedan gas company using the Marcos and Copperas model. Literature and research background, interviews with experts and experts were also used to identify and determine effective criteria of the Delphi method. The 7 main criteria categories included: financial resources, executive and equipment capacity, technical and planning capacity, experience, good track record, key staff and were identified to a specialized certificate. The Shannon entropy method has been used to determine the weight of the criteria. The criteria for experience, technical capacity and planning and key employees with weights of 0.17432, 0.17136 and 0.16879 are ranked first and third respectively, with the highest weight and most important criteria for selecting contractors. The results showed that the ranking in the Marcos model has the best ranking option, the optimal performance of which is the most. Thus, the Fourteenth contractor ranked first with a value of 0.8931 and the fifteenth contractor ranked second with values of 0.8667 were also selected as the top contractors. Comparing the results of Marcos and Copras showed that both methods correspond to each other, which can also be assured of the results of the Marcos model. The possibility of considering a set of criteria while maintaining the sustainability of the method is one of the advantages of the Marcos model. Therefore, it can be used in an efficient way with simple and accurate calculations for ranking.

ARTICLE INFO

Receive Date: 14 October 2023
Revise Date: 26 July 2024
Accept Date: 21 November 2023

Keywords:
Contractors
Ratings
Gas
Marcos
Copras

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.419250.3234

*Corresponding author: Alireza Shahraki.
Email address: shahrakiar@hamoon.usb.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

رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل مارکوس و کوپراس (مطالعه موردی: شرکت گاز زاهدان)

صوفیا حاج پور[۱]، علیرضا شهرکی [۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

چکیده

یکی از مهم‌ترین کارهایی که در تصمیم‌گیری برای اجرای پروژه‌ها می‌توان انجام داد انتخاب پیمانکار مناسب است. انتخاب پیمانکاران نامناسب باعث ایجاد مشکلاتی مانند تأخیرات زیاد، تحمیل هزینه‌های بالا و نامناسب بودن کیفیت اجرای پروژه‌ها می‌شود. ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران از تصمیمات مهم و حائز اهمیت بوده و به‌دلیل وجود معیارهای مختلف، از چالش‌های اساسی در پروژه‌های عمرانی است؛ لذا هدف این پژوهش، رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز زاهدان با استفاده از مدل مارکوس و کوپراس می‌باشد. از ادبیات و پیشینه پژوهش، مصاحبه با کارشناسان و خبرگان جهت شناسایی و تعیین معیارهای مؤثر از روش دلفی نیز استفاده شد. ۷ دسته معیار اصلی شامل: منابع مالی، توان اجرایی و تجهیزاتی، توان فنی و برنامه‌ریزی، تجربه، حسن‌سابقه، کارکنان کلیدی و به گواهینامه تخصصی شناسایی شدند. از روش آنتروپی شانون برای تعیین وزن معیارها استفاده شده است. معیارهای تجربه، توان فنی و برنامه‌ریزی و کارکنان کلیدی با وزن‌های ۰/۱۷۴۳۲، ۰/۱۷۱۳۶ و ۰/۱۶۸۷۹ به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند که دارای بیشترین وزن و با اهمیت‌ترین معیارها برای انتخاب پیمانکاران می‌باشند. نتایج نشان داد رتبه‌بندی در مدل مارکوس، گزینه‌ای بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد. بنابراین، پیمانکار چهاردهم با مقدار۰/۸۹۳۱ در رتبه اول و پیمانکار پانزدهم با مقدار ۰/۸۶۶۷ و در رتبه دوم به عنوان برترین پیمانکاران نیز انتخاب شدند. مقایسه نتایج مارکوس و کوپراس نشان داد هر دو روش با یکدیگر مطابقت دارند که می‌توان به نتایج مدل مارکوس نیز اطمینان کرد. امکان در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارها در حالی که پایداری روش را حفظ کند از مزایای مدل مارکوس است. بنابراین، می‌توان آن را روشی کارا با محاسبات ساده و دقیق برای رتبه‌بندی مورد استفاده قرار داد.

کلمات کلیدی: پیمانکاران، رتبه‌بندی، گاز، مارکوس، کوپراس

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.419250.3234
۱۴۰۲/۰۷/۲۲	۱۴۰۳/۰۸/۰۵	۱۴۰۲/۰۸/۳۰	۱۴۰۲/۰۸/۳۰	۱۴۰۳/۰۵/۳۱	doi: 10.22065/jsce.2023.419250.3234

[*]نویسنده مسئول: علیرضا شهرکی

پست الکترونیکی: shahrakiar@hamoon.usb.ac.ir

۱- مقدمه

سالیانه هزاران میلیارد ریال از سرمایه ملی در بخش‌های خصوصی و دولتی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم صرف ایجاد تأسیسات زیربنایی می‌شود. در یک پروژه عمرانی، در مرحله اجرا طرح بیشترین مقدار سرمایه‌گذاری انجام‌گرفته و عدم مدیریت صحیح پروژه‌ها باعث هدررفتن سرمایه ملی می‌شود. در واقع یکی از مسائل مهم در سازمان‌ها که نیازمند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مناسب است، مسئله رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکار می‌باشد [۱]. رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران فرآیند بسیار مهم در پروژه‌ها، خصوصاً پروژه‌های دولتی است که بر موفقیت پروژه تأثیر بسیار زیادی دارد [۲]. ارزیابی درست معیارهای تشخیص صلاحیت پیمانکاران و اولویت‌بندی میزان اهمیت آن‌ها در ایجاد رتبه‌بندی صحیح بسیار مؤثر است. لذا می‌توان افزایش مدت اجرای پروژه توسط پیمانکاران را کاهش داد و مسیر رسیدن به اهداف پروژه را هموار کند [۳]. انتخاب پیمانکار مناسب و تعیین معیارهای مناسب برای تصمیم‌گیری، بیشترین تأثیر را بر بهره‌بردار و کارفرما پروژه نیز خواهد داشت. از دیدگاه بهره‌بردار، انتخاب پیمانکار غیرمتخصص باعث کاهش کیفیت‌کار و اثرات زیان‌بار بر محیط زیست خواهد داشت. از دیدگاه کارفرما، انتخاب پیمانکاری که قادر به انجام پروژه نیست، باعث تأخیر در پروژه و افزایش هزینه می‌شود [۴].

امروزه روش مرسوم برای رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران تحت عنوان استعلام قیمت یا برگزاری مناقصه یاد می‌شود. که در واقع محدود به قیمت پیشنهادی و هزینه پیمانکار است و در آن سایر ابعاد و معیارهایی که در اجرای موفقیت پروژه‌ها نقش مهمی دارند، نادیده گرفته می‌شوند. ارزیابی و انتخاب پیمانکاران با روش‌های تصمیم‌گیری و مدل‌های علمی، انتخاب پیمانکار واجد شرایط با در نظر گرفتن کلیه معیارهای یک پیمانکار ایده‌آل و مناسب، به دور از بررسی‌های قیمت محور موجود در شرایط حال حاضر است. لذا با بهره‌گیری برخی از روش‌های نظام‌مند انتخاب پیمانکاران که شامل: حذف پیمانکارانی که روحیه مسئولیت‌پذیری و پاسخگویی نسبت به وظایف قراردادی خود ندارند، انتخاب پیمانکار مناسب واجد شرایط بر اساس تمامی ابعاد و معیارهای تاثیرگذار بر موفقیت پروژه‌ها، ایجاد بستر مناسب برای رقابت پیمانکاران با معیارهای ارزشیابی همه‌جانبه و کاهش فساد و تبانی در مراحل پیش‌ارزیابی، ارزیابی، برگزاری مناقصات و انتخاب پیمانکاران و افزایش کیفیت، کاهش زمان اجرا پروژه‌ها، کاهش هزینه‌های ثابت و افزایش راندمان در یک چشم‌انداز بلندمدت براساس ایجاد بستر رقابتی مشخص و سالم که از روش‌های نظام‌مند انتخاب پیمانکاران است [۵]. انتخاب پیمانکار از تصمیمات کلیدی تصمیم‌گیرندگان و مدیران می‌باشد. علاوه‌بر شناسایی معیارهای مؤثر بر انتخاب پیمانکاران، میزان اهمیت و رتبه‌بندی معیارها جهت انتخاب پیمانکار مناسب باعث حذف پیمانکار ناکارآمد از فرآیند مناقصه خواهد شد. با بیشینه شدن سطح عملکرد پیمانکاران گزینش شده و کمینه کردن خطاها در برآورده شدن استانداردهای سازمان و نیاز جامعه، لازم است معیارها جمع‌آوری و پردازش شوند. بدیهی است که شاخص‌های کمی و کیفی متنوع با درجات اهمیت مختلف برای تعیین صلاحیت پیمانکاران مطرح می‌گردد [۶]. تجربیات گذشته نشان داده است که رتبه‌بندی پیمانکاران بر اساس پایین‌ترین قیمت، ناکارآمد بوده و یکی از دلایل شکست در پروژه‌ها است. این شکست‌ها علاوه بر اینکه باعث عدم موفقیت در پروژه‌ها شده؛ بلکه به علت عدم پذیرش، باعث سرخوردگی پیمانکاران با تراز اول و خروج از رقابت‌ها می‌شود [۷]. محققان سازمان‌های متعدد مجموعه‌ای از معیارهای رتبه‌بندی پیمانکاران برای ارزیابی توانایی آن‌ها نیز استفاده می‌کنند. مطالعاتی بر روی این مسئله انجام‌شده است که با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره، معیارهایی از قبیل جنبه فنی و مالی، سطح عملکرد گذشته و استانداردهای کیفیتی برای تعیین صلاحیت و رتبه‌بندی پیمانکاران بکارگرفته شده است [۸]. البته چنین تصمیم‌گیری‌هایی معمولاً سخت است و عامل‌های کمی و کیفی زیادی دراین رابطه برای ارزیابی نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد. در واقع رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران در مناقصه‌ها یکی از موارد تصمیم‌گیری می‌باشد که آیین‌نامه‌ها و روش‌های بسیاری برای آن ارائه گردیده است. در ایران سازمان برنامه و بودجه کشور و آیین‌نامه نظام فنی و اجرایی مشاوران و پیمانکاران، طبقه‌بندی و صدور گواهینامه تشخیص صلاحیت پیمانکاران را بر عهده دارند [۹].

شرکت گاز و زیرمجموعه‌های آن، یکی از سازمان‌هایی است که مسئله رتبه‌بندی پیمانکاران از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. درواقع شرکت گاز با توجه به نوع خدمتی که به شهروندان و جامعه ارائه می‌کند و به‌دلیل تنوع و پیچیدگی فعالیت‌ها و تأثیر خدمات این شرکت بر آرامش، امنیت، رفاه و رضایت‌مندی آحاد جامعه از جایگاه مهم و برجسته‌ای برخوردار است. با نگاهی دقیق‌تر به سیاست‌ها، مأموریت‌ها، وظایف، اهداف و مناطق عملیاتی زیرمجموعه شرکت گاز، مشخص است که این مناطق در بسیاری از موارد برای رسیدن به

موفقیت در اهداف، مأموریت‌ها و برنامه‌های خویش، ناگزیر به تصمیم‌گیری درباره رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکار برای سپردن پروژه‌های خود است. تصمیم‌گیری در این خصوص بر اساس معیارهای مختلفی نیز انجام می‌گیرد که برخی از این معیارها کیفی و گاهی در تضاد با یکدیگر قرار دارند. لذا تصمیم‌گیری مناسب باعث می‌شود تا انتخاب نامناسب پیمانکار منجر به اتلاف منابع شرکت گاز نشود [۱۰].

در آیین‌نامه ارجاع کار به پیمانکاران مصوب ۱۳۸۱ که به مشاوران و پیمانکاران ابلاغ گردیده است. نحوه انتخاب پیمانکاران عبارتند از: ۱- فراخوان نخست ۲- دعوت به ارزیابی توان اجرایی کار ۳- بررسی توان اجرایی کار و تهیه فهرستی از پیمانکاران منتخب برای دعوت به مناقصه ۴- برگزاری مناقصه و انتخاب پیمانکار [۱۱]. در این مطالعه، فرآیند تعیین درجه اهمیت معیارها و نیز ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی شرکت گاز زاهدان موردنظر قرار گرفته است. شرکت گاز زاهدان استان سیستان و بلوچستان، در سال‌های اخیر با چالش ارزیابی و انتخاب پیمانکاران مناسب برای انجام پروژه‌های عمرانی گازرسانی مواجه شده است. این استان با محدودیت‌های بودجه‌ای روبرو می‌باشد و انتخاب پیمانکاران نامناسب در هر یک از پروژه‌ها که باعث توقف آن پروژه شود، می‌تواند مشکلات جدی را در پی داشته باشد. به‌دلیل اینکه پیمانکاران نامناسب برای پروژه‌های گازرسانی تخصیص داده شده است، دچار مشکلاتی مانند تأخیرات زیاد، تحمیل هزینه‌های بالا و نامناسب بودن کیفیت اجرا پروژه‌ها شده است. این موضوع سبب شده است تا کارشناسان انتخاب پیمانکاران شرکت گاز زاهدان درصدد برآیند تا با تعیین مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای متناسب به‌منظور ارزیابی پیمانکاران، به فرآیند رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران با صلاحیت در پروژه‌های گازرسانی اقدام نمایند. لذا هدف این پژوهش، شناسایی معیارها و ارائه روشی جهت رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز زاهدان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مارکوس و کوپراس است. پژوهش حاضر به‌منظور پاسخگویی به سوالات ذیل طراحی گردیده است:

۱) معیارهای مناسب جهت تعیین صلاحیت، ارزیابی کیفی و انتخاب پیمانکاران کدام‌اند؟

۲) وزن معیارها، جهت تعیین صلاحیت، ارزیابی کیفی و انتخاب پیمانکاران کدام‌اند؟

۳) نتیجه حاصل از تعیین صلاحیت، ارزیابی کیفی و انتخاب پیمانکاران با روش مارکوس و کوپراس چیست؟

۲- پیشینه پژوهش

مسئله پیمانکاری از با اهمیت‌ترین مؤلفه‌های پروژه‌های عمرانی می‌باشد که در واقع بیشتر از جانب مهندسین مدنظر قرار گرفته است. بر این اساس، پژوهش حاضر ابتدا با مطالعه منابع مرتبط، معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با رتبه‌بندی پیمانکاران شناسایی می‌گردند. در ادامه به برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته با موضوع تحقیق اشاره می‌شود.

نقی‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با استفاده از روش ویکور برای بهینه‌سازی فرآیند انتخاب پیمانکاران در قانون مناقصات ایران پرداختند که با تلفیق معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی کیفی پیمانکاران و قیمت پیشنهادی با تشریح یک مثال قابلیت کاربرد آن در عمل نشان داده‌اند. نتایج نشان داد تخصیص بیشترین وزن با مقدار ۰/۶۵ مربوط به قیمت پیشنهادی منجر به انتخاب ضعیف‌ترین پیمانکار از بین گزینه‌ها می‌شود [۱۲].

حسینی و غفوری‌فرد (۱۴۰۱) در پژوهشی با استفاده از تکنیک دیمتل و روش تحلیل شبکه‌ای به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر انتخاب پیمانکاران راهداری و حمل و نقل جاده‌ای پرداختند. که نتایج آن نشان داد هفت معیار شناسایی شده شامل: اقتصادی، تجربه، اعتبار و حسن شهرت، توانایی‌های فنی، سلامت و ایمنی، امکانات و منابع انسانی، و آخرین معیار قابلیت‌های مدیریت می‌باشد. که در واقع این معیارها براساس اهمیت آن‌ها نیز اولویت‌بندی گردیده است. و مدیران باید برای انتخاب پیمانکاران به تجربه و قابلیت‌های مدیریت نیز توجه ویژه‌ای نمایند [۱۳].

خیام‌باشی و منیرعباسی (۱۴۰۱) مدلی برای رتبه‌بندی پیمانکاران با رویکرد کاهش تأخیرات در پروژه‌های عمرانی با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند. که با استفاده از مدل FMEA، ۴ معیار به عنوان معیارهای موثر در تاخیر و شدت آن برای انتخاب پیمانکاران و

۸ معیار از طریق الگوریتم ژنتیک نیز شناسایی و مدل‌سازی شده است. با استفاده از مستندات شرکت‌های پیمانکاری، متغیر متوسط درصد تاخیرات غیرمجاز به مدت قرارداد با رابطه امتیاز صلاحیت پیشنهادی شدت همبستگی ۰/۷۱۲ را نشان داد. در نهایت با محاسبه امتیاز صلاحیت و رتبه‌بندی در مدل پیشنهادی، جابه‌جایی تعدادی از شرکت‌ها به‌دلیل داشتن تاخیرات غیرمجاز و افت از موقعیت قبلی خود دیده شد به‌طوری که حتی به تغییر رتبه شرکت نیز منجر می‌گردید [۳].

والی‌پور و جمالی (۱۴۰۰)، در پژوهشی به ارائه روشی برای انتخاب پیمانکاران نفت و گاز زاگرس جنوبی که از طریق شناسایی و ارائه الگویی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و استفاده همزمان از همه معیارها در انتخاب پیمانکار پرداختند. جهت وزن‌دهی معیارها از روش سوارا و از روش کوپراس برای انتخاب پیمانکار برتر نیز استفاده کردند. نتایج نشان داد که معیار قیمت پیشنهادی در کنار سایر معیارها منفی بوده و یکی از محدودیت‌های پروژه است و سایر معیارها جنبه مثبت داشتند [۱۴].

جاویدی صباغیان و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی به‌منظور رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه گازرسانی استان خراسان جنوبی با استفاده از رویکرد مبتنی بر تلفیق روش بهترین - بدترین و روش ویکور فازی پرداختند که نتایج آن نشان داد معیار اقتصادی و مالی دارای بیشترین وزن و معیار داشتن ماشین‌آلات و تجهیزات دارای کمترین وزن در بین معیارها می‌باشد و در نهایت پیمانکار ۱ و پیمانکار ۵ به ترتیب بیشترین و کمترین رتبه را به خود اختصاص دادند [۱۵].

لیو[1] و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با ارزیابی پیشنهادات و انتخاب پیمانکار از مدل شاخص تعادل بهره‌وری ورودی جامع بر اساس تجزیه‌وتحلیل پوشش داده‌ها پرداختند. تجزیه‌وتحلیل پوشش داده‌ها، یک روش ارزیابی جامع بوده که با پیشنهاد عوامل متعددی در نظر گرفته می‌شود. بر اساس مدل‌های موجود و شاخص‌های ارزیابی، این تحقیق یک مدل رتبه‌بندی جدید به‌عنوان مدل جامع بهره‌وری ورودی برای انتخاب پیمانکاران یک پروژه مهندسی آب ارائه کرد و نتایج آن نشان داد که مدل جامع بهره‌وری ورودی می‌تواند به همان رتبه‌بندی شاخص تعادل دست‌یابد و برای ارزیابی بهره‌وری نسبی پیمانکاران مناسب است. و این مدل علاوه بر اینکه ساده‌تر از سایر مدل‌های ارزیابی جامع می‌باشد بلکه معایب آن‌ها را نیز جبران می‌کند زیرا روند ارزیابی پیشنهاد نیز دشوار است [۱۶].

الشمرانی[2] و همکاران (۲۰۲۳) توسعه یک چارچوب پیش صلاحیت و انتخاب برای پیمانکاران پروژه‌های ساخت‌وساز در عربستان پرداختند. تقریبا ۶۰ درصد از پروژه‌های ساختمانی در عربستان در دهه اخیر به تأخیر افتاده است. به‌طور کلی روش معمول انتخاب پیمانکار در پروژه‌های عربستان بر اساس اولویت‌بندی پایین‌ترین قیمت پیشنهادی، صرف نظر از تجربه، کیفیت و سایر عوامل بدون بررسی عمیق پیش صلاحیت پیمانکاران است که منجر به اختلافات و تأخیر پروژه می‌شود. در این پژوهش با تدوین چارچوبی که بتواند به تصمیم‌گیرندگان در بخش دولتی و خصوصی کمک کند تا پیش صلاحیت را بررسی کنند و سپس مناسب‌ترین پیمانکاران را برای پروژه‌های پیشنهادی انتخاب کنند. دسته های اصلی معیارهای انتخاب عبارتند از: ارزش پروژه، توانایی مالی، شهرت، ساختار مدیریت، توانایی فنی و عملکرد، فرهنگ سازمانی، همراه با ایمنی و بهداشت محیط از طریق بررسی و تجزیه‌وتحلیل دقیق، معیار اصلی برای انتخاب پیمانکار به عنوان تضمین کیفیت و کنترل شناسایی شد که کمترین اهمیت آن سرمایه گذاری مشترک فعلی/گذشته است. مدل چارچوب ارائه شده با استفاده از یک مطالعه موردی که در آن سه پیمانکار ساخت و ساز با استفاده از نمره نظریه ابزار چند ویژگی ارزیابی شدند و نتایج نشان داد این چارچوب برای انتخاب پیمانکار در پروژه‌های ساختمانی برای اضافه کردن معیار انتخاب افزایش یافته که در ارزیابی انتخاب، قابل اعتماد و ارزشمند است [۱۷].

ناجی[3] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی ارزیابی مناقصه برای انتخاب پیمانکاران در صنعت و ساخت وساز پرداختند. از مدل ANP فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای رتبه‌بندی معیارها نیز استفاده کردند. معیارهای فنی، مالی و صلاحیت به سه گروه تقسیم شدند که ۳۱ معیار برای موفقیت و عملکرد پروژه‌های ساختمانی نیز حیاتی است. نتایج نشان داد ثبات مالی در رتبه اول و پس از آن به‌ترتیب قیمت

[1] Liu
[2] Alshamrani
[3] Naji

پیشنهادی، تاریخ تحویل، تجربه در پروژه‌های مشابه، سابقه گذشته، صلاحیت مهندسان و کارکنان فنی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند [۱۸].

مارووِیچ[۴] و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی با پشتیبانی تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب پیمانکار بهینه پرداختند. بهترین عملکرد ممکن در مدیریت پروژه انتخاب یک پیمانکار بهینه با توجه به محدودیت منابع در مناقصات است که با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی همراه با پرومتری برای انتخاب پیمانکار (DSC-CONT) پیشنهاد شده است. تا اجازه دهد که ترکیبی از خواسته‌های ذینفعان مخالف باشند، شفافیت تصمیم‌گیری و ثبات فرآیند تصمیم‌گیری را افزایش دهد و در واقع یک رویکرد علمی با پتانسیل زیاد برای کاربرد در مسائل تصمیم گیری مشابه که در آن تصمیمات پایدار، مورد نیاز است [۱۹].

وینوکور[۵] و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی با ارائه مدل نوآوری محور، بر اساس روش ارزیابی اقتصادی مدیریت منابع برای انتخاب پیمانکاران صنعت نفت و گاز پرداختند. ارزیابی اقتصادی توانمندی‌های منابع شرکت‌های پیمانکاری، مهم‌ترین معضل در هنگام خرید منابع مادی است. با این وجود ابزارهای جامع و کافی برای ارزیابی انتخاب تأمین‌کنندگان در یک صنعت خاص وجود ندارد. معیارهای شناسایی شده اصلی شامل: قیمت، سیاست انعطاف‌پذیری قیمت، شرایط پرداخت، کیفیت محصول، ظرفیت در دسترس بودن امکانات تولید رایگان، سطح قابلیت رایگان، سرعت تحویل می‌باشد. که درنهایت با توجه به معیارهای انتخاب شده وردفورد نیز بهترین تأمین‌کننده انتخاب شده است [۲۰].

داداشی و محمدی (۱۳۹۸)، در پژوهشی به تعیین پیمانکار مناسب برای انجام پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP پرداختند. یکی از مهم‌ترین ارکان پروژه‌های عمرانی و عامل اصلی تبدیل منابع به محصول نهایی پیمانکاران هستند. نتایج آن نشان داد با شناسایی شاخص‌های مؤثر انتخاب پیمانکاران، شاخص قیمت پیشنهادی دارای مهم‌ترین و با اهمیت‌ترین شاخص می‌باشد و شاخص مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب دارای پایین‌ترین ضریب وزنی نسبت به سایر شاخص‌ها را دارند [۲۱].

از پژوهش‌های انجام شده در حوزه انتخاب پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی، می‌توان دریافت انتخاب و رتبه‌بندی پیمانکاران بر پایه شرایط مکانی و زمانی می‌تواند متفاوت باشد. انجام پژوهش‌های تازه در شرایط مکانی و زمانی متفاوت، الزامی به نظر می‌رسد. اگرچه از مدل‌های تصمیم‌گیری متعددی در مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است اما استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری قدیمی؛ دارای محدودیت‌های نظیر طولانی و دشوار بودن در انجام محاسبات و عدم قطعیت بالا در نتایج به دست آمده می‌باشند. این پژوهش تلاش دارد تا با جستجو و بررسی عمیق مقالات و پژوهش‌هایی مرتبط با موضوع، به شناسایی معیارها با استفاده از روش دلفی نیز پرداخته و در نهایت با ارائه مدل جدید تصمیم‌گیری مارکوس، جهت بهبود رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز زاهدان بپردازد. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ابزار بسیار مفیدی برای تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف است. علاوه بر این، تعیین یک راه‌حل قابل قبول با توجه به عوامل مختلف قطعا یک کار بسیار سخت و دشوار است. روش تصمیم‌گیری چند معیاره مدل مارکوس در سال ۲۰۲۰ نیز ثبت شده است. که تاکنون کم‌تر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته و بخش قابل توجه‌ای از این محدودیت‌ها را برطرف کرده است. استفاده از این مدل ساده‌تر و دقیق‌تر از سایر روش‌های تصمیم‌گیری می‌باشد و برای رتبه‌بندی پیمانکاران بسیار کاربردی و با اهمیت است.

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر نیز از نظر هدف، کاربردی است. در این پژوهش طی سه بخش به تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز انجام شده است. در بخش اول، با استفاده از مرور ادبیات کتابخانه‌ای و پیشینه تحقیق مشتمل بر مقالات داخلی و خارجی، کتاب‌ها، مصاحبه با کارشناسان و خبرگان با استفاده از روش دلفی برای شناسایی معیارها و در بخش دوم، با استفاده از روش وزن‌دهی آنتروپی شانون به تعیین وزن معیارها پرداخته شده است. در بخش سوم، به‌منظور رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز زاهدان از روش تصمیم‌گیری چند معیاره مارکوس استفاده

[4] Marovi´c
[5] Vinokur

می‌شود. همچنین با روش کوپراس محاسبه، و درنهایت نتایج با یکدیگر مقایسه شدند. مراحل اجرای پژوهش در شکل۱ نشان داده شده است.

شکل۱ : مراحل اجرای پژوهش

در این پژوهش، به‌منظور شناسایی معیارهای مؤثر برای رتبه‌بندی پیمانکاران از روش دلفی استفاده شد. این روش با مشارکت افرادی انجام شده است که دانش و تخصص در موضوع پژوهش را داشتند. این افراد به عنوان پانل دلفی نیز شناخته شدند. از آنجا که نتایج کار بستگی به دانش و تخصص این افراد داشت، پانل دلفی این پژوهش از میان کارشناسان، خبرگان و متخصصان صاحب‌نظر در حوزه پروژه‌های گازرسانی تشکیل شد. در این راستا، از ضریب کندال برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل، استفاده شد. سپس پرسشنامه‌ها با طیف پنج گزینه‌ای لیکرت (از ۱- خیلی کم تا ۵- خیلی زیاد) توزیع و گردآوری شد. برای بررسی روایی پرسشنامه‌ها این حقیقت را تأیید می‌کند که نمی‌توان نمره‌های آزمون را به خودی‌خود، معتبر یا بی‌اعتبار دانست درواقع اعتبار به دلیل استنباطی است که از نمره‌ها بدست می‌آید. از آنجاکه در این پژوهش، پرسش‌های مورداستفاده برای سنجش معیارهای مورد تأیید با استفاده از سایر پژوهش‌های پیشین نیز استخراج گردیده است، تلاش بر آن بوده است تا پس از طراحی پرسشنامه اولیه، این پرسشنامه‌ها به رویت و تأیید خبرگان قرار گرفته است. همچنین پایایی از طریق آلفای کرونباخ به‌دست آمده است که اعتبار پرسشنامه می‌باشد. میزان آلفای کرونباخ کل پرسشنامه برابر با ۰/۸۱۶ است که بیشتر از ۰/۷ می‌باشد. این موضوع بیانگر تأیید پایایی پرسشنامه، پایداری خوب و ارزشمندی پاسخ‌های جمع‌آوری شده را نشان می‌دهد. در جدول ۱ نیز پایایی نیز ارائه گردیده است. برای تجزیه‌وتحلیل داده از نرم‌افزار مایکروسافت Exel و Spss نیز استفاده شده است.

جدول۱ : پایایی پرسشنامه

معیارها	آلفای کرونباخ
منابع مالی	۰/۷۹۵
توان اجرایی و تجهیزاتی	۰/۷۸۲
توان فنی و برنامه‌ریزی	۰/۹۲۱
تجربه	۰/۸۵۳
حسن سابقه	۰/۸۱۰
کارکنان کلیدی	۰/۷۵۹
گواهینامه تخصصی	۰/۷۹۳
کل آزمون	۰/۸۱۶

۱-۳- شناسایی معیارها با روش دلفی

در مرحله نخست با استفاده از ادبیات پیشین و نظرات خبرگان، معیارهای مؤثر برای رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز زاهدان استخراج شد. سپس برای تعیین معیارهای مؤثر برای رتبه‌بندی پیمانکاران از روش دلفی استفاده شد. این روش، یک فرآیند قوی مبتنی بر ساختار گروهی می‌باشد که در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی، برای اولین‌بار توسط دالکی[۶] و هلمر[۷] برای شرکت راند نیز ارائه شد. روش دلفی برای بررسی قضاوت خبرگان به‌وجود آمد [۲۲]. زمانی می‌توان از روش دلفی بهره جست که نیاز به آگاهی و شناخت نظر گروهی از متخصصان و خبرگان باشد و امکان لازم برای جمع کردن آن‌ها در یک جلسه یا مکان میسر نباشد [۲۳]. بر اساس موضوع پژوهش، اعضای پانل دلفی که دارای تخصص و دانش بودند با استفاده از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی انتخاب شدند. پس از تعیین اعضای پانل دلفی، سه دور روش دلفی انجام شد. پرسشنامه‌ها بصورت حضوری تکمیل و جمع‌آوری شد. شکل ۲ فرآیند اجرای روش دلفی در این پژوهش نشان داده شده است.

ضریب هماهنگی کندال مقیاسی برای تعیین درجه هماهنگی و موافقت میان نظرات K فرد در خصوص N معیار است. در حقیقت ضریب کندال نشان می‌دهد، افرادی که چندین معیار را بر اساس اهمیت آن‌ها مرتب کرده‌اند، به‌طور اساسی معیارهای مشابهی را برای قضاوت درباره اهمیت هر یک از آن‌ها به کار برده‌اند و از این‌نظر با یکدیگر اتفاق‌نظر دارند [۲۴]. ضریب هماهنگی کندال از رابطه (۱) نیز محاسبه می‌گردد.

$$W = \frac{12s}{(K^2(N^3 - N))} \qquad (۱)$$

که در آن $s = \sum (R_j - \frac{(\sum R_j)}{N})^2$ حاصل جمع مربعات انحراف‌های R_jها از میانگین آن‌ها، R_j حاصل جمع امتیازات داده شده توسط خبرگان به عامل jام، K تعداد اعضای پانل(تعداد داوران)، N تعداد عوامل رتبه‌بندی شده است. ضریب کندال همواره عددی بین صفر و ۱ است. مقدار این مقیاس هماهنگی یا موافقت کامل اعضا پانل برابر با یک و نبود هماهنگی کامل آن‌ها برابر صفر خواهد بود.

[6] Dalkey
[7] Helmer

شکل۲ : فرآیند اجرای روش دلفی

۲-۳- وزن‌دهی آنتروپی شانون

آنتروپی شانون از روش‌های مهم در تئوری اطلاعات است. از این روش در این تحقیق برای تعیین وزن معیارها استفاده می‌شود [۲۵]. در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری سپس با استفاده از رابطه (۲) ماتریس تصمیم، نرمالیزه می‌شود. ماتریس تصمیم‌گیری از روش‌های چند شاخصه دارای اطلاعاتی است که از آنتروپی می‌توان به جای معیاری برای بررسی آن‌ها استفاده کند. که اطلاعات موجود از این ماتریس به صورت p_{ij} محاسبه می‌شود.

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum n_{ij}} \quad (۲)$$

p_{ij} مقدار نرمال شده برای گزینه iام و معیار jام را نشان می‌دهد. n_{ij} هر درایه نرمال شده در ماتریس نرمال است. برای محاسبه آنتروپی از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} p_{ij} \times \ln p_{ij} \quad (۳)$$

E_j مقدار آنتروپی برای معیار jام می‌باشد. همچنین مقدار ثابت K با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. m تعداد گزینه‌ها می‌باشد.

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (۴)$$

در مرحله بعد محاسبه درجه انحراف d_j صورت می‌گیرد. درجه انحراف بیان می‌کند معیار jام چه میزان اطلاعات سودمند در اختیار تصمیم‌گیرنده برای تصمیم‌گیری قرار می‌دهد و توسط رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$d_j = 1 - E_j \quad (۵)$$

مقدار وزن هر شاخص از فرمول (۶) محاسبه شده و W_j وزن معیار jام را نشان می‌دهد.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \quad (۶)$$

۳-۳- مدل مارکوس

مدل مارکوس یکی از روش‌های جدید تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که در سال ۲۰۲۰ نیز ارائه شده است. روش مارکوس درواقع یک روش جدید با کاربردهای متنوع است. این روش برای رتبه‌بندی گزینه‌ها نیز انجام می‌گیرد مراحل این روش در ادامه نیز بیان شده است [۲۶].

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم، در مدل مارکوس با استفاده n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. لذا به هر گزینه بر اساس هر معیار امتیاز داده می‌شود. و این امتیازات می‌تواند براساس مقادیر واقعی و کمی باشد و یا اینکه نظری و کیفی باشد. در هر صورت یک ماتریس $m*n$ نیز تشکیل می‌شود مطابق رابطه (۷) می‌باشد.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12}.... & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22}.... & x_{2n} \\ x_{m1} & x_{m2}.... & x_{m3} \end{pmatrix} \quad (۷)$$

گام دوم: تعیین ایده‌آل و ضد ایده‌آل، در این بخش براساس رابطه (۸) و (۹) مقادیر ایده‌آل AI و ضد ایده‌آل AAI مشخص می‌شود. عبارت B به معنی معیارهایی که جنبه سود و عبارت C به معنی معیارهایی که جنبه هزینه دارند را نشان می‌دهد.

$$AL = \max x_{ij} if \ \underrightarrow{j} \in B and \ \min x_{ij} if \ \underrightarrow{j} \in C \quad (۸)$$

$$AAL = \min x_{ij} if \ \underrightarrow{j} \in B and \ \max x_{ij} if \ \underrightarrow{j} \in C \quad (۹)$$

گام سوم: نرمال‌سازی، در این بخش n_{ij} نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری برای معیارهای با جنبه هزینه و سود می‌باشد. که مطابق روابط (۱۰) و (۱۱) می‌باشند. x_{aj} و x_{ij} مربوط به ماتریس X می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{x_{aj}}{x_{ij}} if \ \underrightarrow{j} \in C \quad (۱۰)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{aj}} if \ \underrightarrow{j} \in B \quad (۱۱)$$

گام چهارم: وزن‌دار کردن، W_j وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون محاسبه شده و وزن معیارها در n_{ij} ماتریس نرمال ضرب می‌کنیم تا V_{ij} ماتریس وزن‌دار نیز حاصل گردد که مطابق رابطه (۱۲) می‌باشد.

$$V_{ij} = n_{ij} \times W_j \quad (۱۲)$$

گام پنجم: درجه مطلوبیت گزینه‌ها می‌باشد که در این بخش که درجه مطلوبیت ایده‌آل (K_i^+) و ضد ایده‌آل (K_i^-) گزینه‌ها مطابق رابطه (۱۳) و (۱۴) می‌باشد. ابتدا جمع اعداد سطر *(AAI)* و *(AI)* در ماتریس وزن‌دار نیز محاسبه می‌کنیم که به ترتیب *Saa* و *Sa* نامیده می‌شوند.

$$K_i^+ = \frac{s_i}{s_{ai}} \quad (۱۳)$$

$$K_i^- = \frac{s_i}{s_{aai}} \quad (۱۴)$$

در روابط بالا $s_i = (i = 1,2,\ldots,m)$ جمع مقادیر هر سطر در ماتریس وزن‌دار می‌باشد که از رابطه (۱۵) نیز به دست می‌آید.

$$s_i = \sum_{j=1}^{n} v_{ij} \quad (۱۵)$$

گام ششم: تعیین عملکرد مطلوب گزینه‌ها، $f(k_i)$ که تابع عملکرد مطلوب مطابق رابطه (۱۶) نیز محاسبه می‌شود.

$$f(k_i) = \frac{k_i^+ - k_i^-}{1 + \frac{1-f(k_i^-)}{f(k_i^-)} + \frac{1-f(k_i^+)}{f(k_i^+)}} \quad (۱۶)$$

در رابطه بالا عملکرد مطلوبیت ضد ایده‌آال $f(k_i^-)$ و عملکرد ایده‌آال $f(k_i^+)$ برای هر گزینه می‌باشد که براساس روابط (۱۷) و (۱۸) نیز محاسبه می‌گردد.

$$f(k_i^-) = \frac{k_i^+}{k_i^+ + k_i^-} \quad (۱۷)$$

$$f(k_i^+) = \frac{k_i^-}{k_i^+ + k_i^-} \quad (۱۸)$$

گام هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد. مقادیر به دست آمده از رابطه (۱۶) که عملکرد مطلوب گزینه‌ها نیز رتبه‌بندی می‌گردد. گزینه‌ای بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد.

۴-۳- مدل کوپراس

روش کوپراس[8] یک تکنینک تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در سال ۲۰۰۷ توسط زاوادسکاس[9] نیز پیشنهاد شد. این روش درواقع یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه می‌باشد [۲۷]. در ادامه گام‌های روش کوپراس نیز بیان شده است.

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم می‌باشد، ماتریس تصمیم یک ماتریس برای ارزیابی تعدادی گزینه براساس تعدادی از معیارها می‌باشد. یعنی ماتریسی که در آن هر گزینه براساس تعدادی معیار امتیازدهی شده است. ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن x_{ij} مطابق رابطه (۷) نشان داده شده است.

گام دوم: محاسبه ماتریس نرمال، برای محاسبه ماتریس نرمال درایه هر ستون را بر مجموع ستون در ماتریس تصمیم گیری تقسیم می‌شود. در تکنیک کوپراس برای بی‌مقیاس سازی داده‌ها به روش خطی نیز صورت می‌گیرد. یعنی کافیست جمع مربوط به هر معیار نیز محاسبه و سپس مقدار هر درایه را بر جمع اعداد آن معیار نیز تقسیم گردد. که با استفاده از رابطه (۱۹) نیز نشان داده شده است. n_{ij} مقدار بی مقیاس شده ارزیابی گزینه iام را براساس معیار jام می‌باشد.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}} \quad (۱۹)$$

[8] Zavadskas
[9] Complex Proportional Assessment, COPRAS

گام سوم: تهیه ماتریس بی‌مقیاس موزون است. وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون محاسبه شده و W_j وزن معیارها در ماتریس نرمال ضرب می‌کنیم تا V ماتریس نرمال وزن‌دار نیز حاصل گردد که مطابق رابطه (۲۰) می‌باشد.

$$V_{ij} = n_{ij} \times W_j \quad (۲۰)$$

زاوادسکاس به جای استفاده از رابطه (۲۰)، وزن معیارها را با q نمایش داده شده است. d_{ij} ماتریس بی‌مقیاس موزون مطابق رابطه (۲۱) می‌باشد.

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum x_{ij}}, i = \overline{1,m} : j = \overline{1,n} \quad (۲۱)$$

زاوادسکاس درواقع معتقد است وزن هر معیار با مجموع اعداد زیر آن معیار در ماتریس بی‌مقیاس موزون، مطابق رابطه (۲۲) برابر خواهد بود که ادعای بجایی می‌باشد.

$$q_i = \sum_{j=1}^{n} d_{ij}, i = \overline{1,m} : j = \overline{1,n} \quad (۲۲)$$

گام چهارم: انتخاب گزینه بهینه می‌باشد. برای انتخاب گزینه بهینه از روابط (۲۳) و (۲۴) نیز استفاده می‌شود.

$$s_j^+ = \sum d_{ij}^+ \quad (۲۳)$$

$$s_j^+ = \sum d_{ij}^- \quad (۲۴)$$

برای هر گزینه جمع مقادیر d_{ij}^+ و d_{ij}^- نیز باید محاسبه گردد. یعنی مقادیر معیارهای مثبت و مجموع مقادیر معیارهای منفی برای هر گزینه، جداگانه حساب شود. برای هر گزینه هرچه d_{ij}^+ بیشتر باشد بهتر و هر چه d_{ij}^- کمتر باشد بهتر است.

گام پنجم: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها: در این گام با توجه به رابطه (۲۵)، گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم. هرچه مقدار Q_j بزرگتر و دارای بیشترین مقدار باشد نشان دهنده رتبه بهتر و ایده‌آل‌ترین گزینه است.

$$Q_j = s_j^+ + \frac{s_{\min}^- \cdot \sum_{j=1}^{n} s_j^-}{s_j^- \cdot \sum_{j=1}^{n} \frac{s_{\min}^-}{s_j^-}} \quad (۲۵)$$

گام ششم: انتخاب بهترین گزینه، در نهایت با استفاده از رابطه (۲۶) صورت می‌گیرد. مشخص کردن گزینه‌ای که بهترین وضعیت را در بین معیارها دارد که با افزایش و کاهش رتبه هر گزینه درجه اهمیت آن نیز افزایش یا کاهش می‌یابد. گزینه‌ای که بهترین وضعیت به لحاظ معیارها داشته باشد با درجه اهمیت N_j مشخص می‌شود.

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{\max}} 100\% \quad (۲۶)$$

$Q_{\max}$ بزرگترین مقدار اهمیت نسبی و مقدار سودمندی گزینه‌ها همواره بین ۰ تا ۱۰۰٪ است.

۴- یافته‌های پژوهش

در این پژوهش تعداد ۱۰ نفر از میان کارشناسان، خبرگان و متخصصان صاحب‌نظر فعال در حوزه گازرسانی به عنوان اعضای پانل انتخاب شدند تا کلیه پیمانکاران شرکت گاز زاهدان که جمعاً ۳۰ پیمانکار بود بر اساس معیارهای مؤثر رتبه‌بندی شوند. از نظر جنسیت همه پاسخ‌دهندگان مرد می‌باشند. بیشترین رده سنی افراد بین ۵۰-۴۰ سال قرار گرفته است که شامل ۷ نفر و کمترین رده سنی افراد بین ۴۰-۳۰ سال است که شامل ۳ نفر می‌باشند. بالاترین میزان تحصیلات افراد پاسخگو در زمینه فوق لیسانس است که ۹۰ درصد، با تعداد ۹ نفر را به خود اختصاص داده است. کمترین میزان تحصیلات پاسخ‌دهندگان مربوط به لیسانس که برابر ۱ نفر می‌باشد. یکی از عوامل و فاکتورهای مهمی که دستخوش نظرات و نتایج افراد متخصص را مورد تغییر قرار می‌دهد تا نتایج از قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار باشد. سابقه کاری، آنان است. لذا از مجموع ۱۰ نفر از افراد پاسخ‌دهنده ۶ نفر آن‌ها دارای بالاترین سابقه کاری بین۲۰-۱۵ سال و ۴ نفر سابقه کاری آن‌ها بین ۱۵-۱۰ سال قرار گرفته است. ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲: ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان

ردیف	مشخصات فردی		فراوانی	درصد فراوانی(٪)
۱	جنسیت	مرد	۱۰	٪۱۰۰
۲	سن	۴۰-۳۰ سال	۳	٪۳۰
		۵۰-۴۰ سال	۷	٪۷۰
۳	میزان تحصیلات	لیسانس	۱	٪۱۰
		فوق لیسانس	۹	٪۹۰
۴	سابقه کار	۱۵-۱۰ سال	۴	٪۴۰
		۲۰-۱۵ سال	۶	٪۶۰

در دور اول روش دلفی، فهرستی از معیارهای مؤثر که برای رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز که از پژوهش‌های پیشین جمع‌آوری شده بودند، به‌منظور تعیین معیارهای مؤثر در اختیار اعضای پانل قرار داده شد. همچنین از آن‌ها درخواست شد، سایر معیارهای مؤثری که در پرسشنامه مطرح نشده بود را بیان کنند. در این دور، ۱۹ معیار از میان ۳۰ معیاری که از پژوهش‌های پیشین استخراج شده بودند، توسط اعضا پانل، دارای تأثیر زیاد و خیلی زیاد، تشخیص داده شده است. در مجموع ۶ معیار جدید توسط اعضای پانل مطرح گردید که در فهرست اولیه اضافه شد. ضریب کندال در این دور، ضریب کندال نیز ۰/۵۵۹ نیز محاسبه گردید.

در دور دوم، مجدداً تمامی معیارهای مستخراج از پژوهش‌های پیشین و ۶ معیار پیشنهادی اعضای پانل به فهرست اولیه در دور اول اضافه شد و به‌همراه میانگین نظر اعضای پانل و نظر پیشین همان اعضا در اختیار کلیه صاحب‌نظران اعضای قرار دادیم. در این دور، معیارهای دارای اهمیت پایین حذف گردید. اعضای پانل تعداد ۲۴ معیار از میان ۳۶ معیار دارای تأثیر زیاد و خیلی زیاد تشخیص دادند. میزان ضریب کندال در این مرحله، مقدار ۰/۶۸۳ می‌باشد. درواقع به نوعی بیانگر بهبود روند و میزان توافق بیشتر اعضای پانل را نشان می‌دهد. در دور سوم، فهرست معیارهای دارای اهمیت زیاد و خیلی زیاد به همراه میانگین نظر اعضای پانل و نظر پیشین همان عضو در خصوص هر معیار در اختیار کلیه‌ی اعضای پانل دلفی نیز قرار گرفت. ضریب هاهنگی کندال به طرز قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرده است و به عدد ۰/۷۰۷ رسید. از آنجائیکه مقدار ضریب هماهنگی کندال در دور سوم نسبت به دور دوم تنها میزان ۰/۰۲۳ افزایش پیدا کرد و با توجه به اینکه اجماع و میزان اتفاق نظر اعضای پانل در دو دور، رشد قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. بنابراین، می‌توان تکرار دورهای روش دلفی را پایان داد. پس از پایان مراحل دلفی در نهایت ۷ دسته معیار اصلی و ۳۵ زیرمعیار که از این تعداد، ۴ معیار مربوط به منابع مالی، ۳ معیار مربوط به توان اجرایی و تجهیزاتی، ۸ معیار مربوط به توان فنی و برنامه‌ریزی، ۴ معیار مربوط به تجربه، ۶ معیار مربوط به حسن سابقه، ۶ معیار مربوط به کارکنان کلیدی و ۴ معیار مربوط به گواهینامه تخصصی می‌باشد. معیارها و زیر معیارهای شناسایی شده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول۳: معیارها و زیر معیارهای شناسایی شده

معیار	زیرمعیار
منابع مالی	توان مالی
	قیمت پیشنهادی
	پرداخت به موقع دستمزد پیمانکاران، کارکنان
	مهارت های مقابله با ریسک های مالی
توان اجرایی و تجهیزاتی	انجام پروژه مشابه
	ماشین آلات مرتبط با پروژه
	بیمه مسئولیت کارکنان درگیر در پروژه
توان فنی و برنامه‌ریزی	سابقه مدیریت توام با دانش طراحی و اجرا
	رعایت قوانین مربوطه از قبیل قوانین ایمنی و زیست محیطی
	تجربه اجرایی کادر فنی و مدرک تحصیلی
	داشتن نظام برنامه‌ریزی
	- طبقه بندی مدارک و مستندسازی کارهای انجام شده قبلی
	رعایت استانداردها و مشخصات فنی چگونگی اجرای پروژه های قبلی از نظر کیفیت
	حضور موثر در محل پروژه
	برگزاری دوره‌های آموزشی
تجربه	سابقه کاری و اجرایی در رشته
	تعداد پروژه های انجام شده
	نوع پروژه هایی که در گذشته تکمیل شده
	تجربه در کارهای مشابه
حسن سابقه	تأخیرات غیرموجه در پروژه های قبلی
	عملکرد ایمنی
	حسن سابقه در کارهای قبلی
	زمان تکمیل پروژه
	سطح کیفی عملکرد پروژه
	حسن سابقه کارفرمایان قبلی
کارکنان کلیدی	سابقه کاری کارکنان کلیدی
	مدارک تخصصی معتبر در زمینه کاری
	تیم طراحی و اجرایی
	تعهد کارکنان
	ماندگاری مدیران ارشد
	به‌کارگیری نیروهای بومی
گواهینامه تخصصی	گواهی ایمنی کار از اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی
	گواهی تعیین صلاحیت ایمنی
	گواهی استاندارد و تضمین کیفیت
	داشتن رتبه‌کاری از سازمان برنامه و بودجه

۱-۴- وزن معیارها

وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون نیز محاسبه گردید. بدین منظور پرسشنامه تهیه شده در اختیار کارشناسان و خبرگان شرکت گاز قرار داده شد. از آن‌ها خواسته شد براساس میزان اهمیت هر یک از معیارها، به‌صورت طیف لیکرت ۱تا ۵ نیز امتیازبندی کنند. در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، p_{ij} با استفاده از رابطه (۲) نرمالیزه شده که این ماتریس حاصل تقسیم امتیازها بر مجموع ستون برای هر معیار است. ماتریس نرمالیزه در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول٤: ماتریس نرمالیزه معیارها

معیار / زیرمعیار	منابع مالی	توان اجرایی و تجهیزاتی	توان فنی و برنامه ریزی	تجربه	حسن سابقه	کارکنان کلیدی	گواهینامه تخصصی
توان مالی	۰/۰۳۶۶	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۸۱	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۷۷	۰/۰۲۸۰
قیمت پیشنهادی	۰/۰۳۹۲	۰/۰۳۶۸	۰/۰۳۹۴	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۶۷	۰/۰۲۹۵	۰/۰۲۵۲
پرداخت به موقع دستمزد پیمانکاران	۰/۰۳۵۷	۰/۰۲۲۶	۰/۰۲۵۳	۰/۰۲۲۹	۰/۰۲۵۰	۰/۰۳۴۱	۰/۰۲۳۳
مهارتهای مقابله با ریسکهای مالی	۰/۰۳۱۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۷۲	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۰۹	۰/۰۲۶۸	۰/۰۲۵۲
انجام پروژه مشابه	۰/۰۳۳۰	۰/۰۳۳۰	۰/۰۳۱۹	۰/۰۳۵۳	۰/۰۳۳۴	۰/۰۳۲۳	۰/۰۳۲۷
ماشین الات مرتبط با پروژه	۰/۰۳۲۱	۰/۰۳۸۷	۰/۰۲۵۳	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۴۲	۰/۰۲۴۹	۰/۰۳۱۷
بیمه مسئولیت کارکنان درگیر در پروژه	۰/۰۳۵۷	۰/۰۲۵۵	۰/۰۳۵۷	۰/۰۲۶۴	۰/۰۲۲۵	۰/۰۲۸۶	۰/۰۲۵۲
سابقه مدیریت توام با دانش طراحی و اجرا	۰/۰۲۸۵	۰/۰۳۴۹	۰/۰۳۵۷	۰/۰۳۷۹	۰/۰۲۸۴	۰/۰۳۵۱	۰/۰۲۸۹
رعایت قوانین مربوطه از قبیل قوانین ایمنی و محیط زیست	۰/۰۲۵	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۴۴	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۰۱	۰/۰۳۳۲	۰/۰۳۳۶
تجربه اجرایی کادر فنی و مدرک تحصیلی	۰/۰۲۱۴	۰/۰۲۸۳	۰/۰۲۳۴	۰/۰۲۹۱	۰/۰۲۷۵	۰/۰۳۶۹	۰/۰۳۷۳
داشتن نظام برنامه برنامه‌ریزی	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱۱	۰/۰۳۲۸	۰/۰۲۹۱	۰/۰۳۰۹	۰/۰۲۴۰	۰/۰۲۲۴
طبقه بندی مدارک و مستندسازی کارهای انجام شده قبلی	۰/۰۲۶۷	۰/۰۳۲۱	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۱۷	۰/۰۲۴۰	۰/۰۲۷۱
رعایت استانداردها و مشخصات فنی چگونگی اجرای پروژه های قبلی	۰/۰۳۲۱	۰/۰۳۵۸	۰/۰۳۱۹	۰/۰۳۴۴	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۴۰	۰/۰۲۶۱
حضور موثر در محل پروژه	۰/۰۲۶۷	۰/۰۲۸۳	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۶۷	۰/۰۳۰۴	۰/۰۲۸۹
برگزاری دوره های اموزشی	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۶۴	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۰۸	۰/۰۲۸۴	۰/۰۳۱۴	۰/۰۳۰۸
سابقه کاری و اجرایی در رشته	۰/۰۲۸۵	۰/۰۲۶۴	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۷۹	۰/۰۳۶۷	۰/۰۲۹۵	۰/۰۲۹۹
تعداد پروژه های انجام شده	۰/۰۳۳۰	۰/۰۳۲۱	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۴۴	۰/۰۳۲۶	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۰۸
نوع پروژه هایی که در گذشته تکمیل شده	۰/۰۳۱۲	۰/۰۳۳۰	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۱۷	۰/۰۳۰۱	۰/۰۳۰۴	۰/۰۲۸۰
تجربه در کارهای مشابه	۰/۰۳۲۱	۰/۰۳۰۲	۰/۰۳۵۷	۰/۰۳۱۷	۰/۰۲۹۲	۰/۰۳۲۳	۰/۰۲۸۹
تاخیرات غیرموجه در پروژه های قبلی	۰/۰۳۰۳	۰/۰۲۳۶	۰/۰۲۳۴	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۴۲	۰/۰۲۶۸	۰/۰۲۳۳
عملکرد ایمنی	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۰۸	۰/۰۳۲۶	۰/۰۲۶۸	۰/۰۲۶۱
حسن سابقه در کارهای قبلی	۰/۰۲۶۷	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۵۳	۰/۰۳۴۴	۰/۰۳۵۱	۰/۰۲۴۹	۰/۰۲۴۲
زمان تکمیل پروژه	۰/۰۲۶۷	۰/۰۳۰۲	۰/۰۳۸۵	۰/۰۲۶۴	۰/۰۲۳۴	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۴۲
سطح کیفی عملکرد پروژه	۰/۰۲۸۵	۰/۰۲۸۳	۰/۰۲۴۴	۰/۰۲۳۸	۰/۰۲۲۵	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۰۸
حسن سابقه کارفرمایان قبلی	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۷۲	۰/۰۳۱۷	۰/۰۳۳۴	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۴۲
سابقه کاری کارکنان کلیدی	۰/۰۲۵	۰/۰۲۷۳	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۴۲	۰/۰۳۵۱	۰/۰۲۸۹
مدارک تخصصی معتبر در زمینه کاری	۰/۰۲۶۷	۰/۰۲۳۶	۰/۰۲۹۱	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۹۲	۰/۰۳۶۹	۰/۰۳۲۷
تیم طراحی و اجرایی	۰/۰۲۲۳	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۹۱	۰/۰۲۲۹	۰/۰۲۷۵	۰/۰۳۰۴	۰/۰۳۰۸
تعهد کارکنان	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۴۱	۰/۰۲۳۳
ماندگاری مدیران ارشد	۰/۰۲۳۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۸۱	۰/۰۲۲۹	۰/۰۲۵۰	۰/۰۲۶۸	۰/۰۲۶۱
به کارگیری نیروهای بومی	۰/۰۲۵	۰/۰۳۲۱	۰/۰۲۳۴	۰/۰۲۹۱	۰/۰۲۵۹	۰/۰۲۹۵	۰/۰۲۷۱
گواهی ایمنی کار	۰/۰۲۴۱	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۵۳	۰/۰۲۳۸	۰/۰۳۱۷	۰/۰۲۰۳	۰/۰۳۴۵
گواهی تعیین صلاحیت	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۳۶	۰/۰۲۲۵	۰/۰۲۲۰	۰/۰۲۸۴	۰/۰۲۴۹	۰/۰۲۸۹

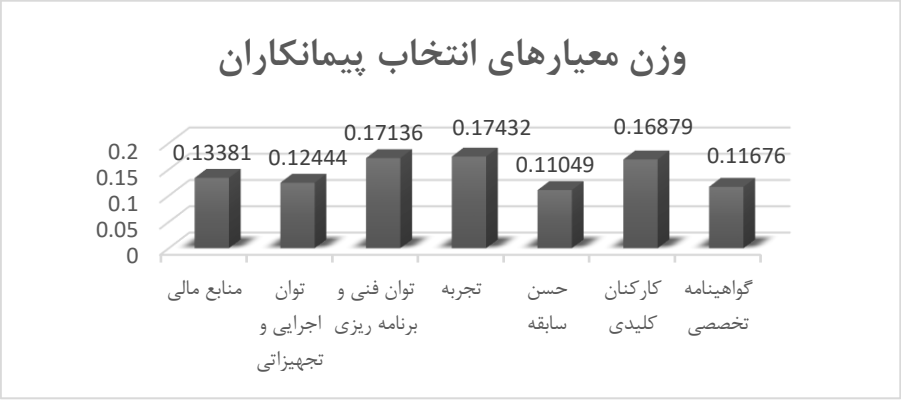
گواهی استاندارد و تضمین کیفیت	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۳۶	۰/۰۲۷۲	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۲۱	۰/۰۳۸۳
داشتن رتبه کاری از سازمان برنامه و بودجه	۰/۰۲۸۵	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۸۱	۰/۰۲۴۷	۰/۰۳۰۱	۰/۰۲۱۲	۰/۰۳۰۸

برای محاسبه آنتروپی مطابق با رابطه (۳) می‌باشد. همچنین مقدار ثابت K برابر با ۰/۲۸۱۲، که از رابطه (۴) محاسبه گردیده است. در ادامه مقدار درجه انحراف d_j با استفاده از رابطه (۵) و در نهایت مقدار وزن هر معیار از رابطه (۶) محاسبه گردیده است که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول۵: وزن معیارهای به دست آمده از طریق آنتروپی شانون

معیارها	E_j	d_j	W_j
منابع مالی	۰/۹۹۷۰۲	۰/۰۰۲۹۷	۰/۱۳۳۸۱
توان اجرایی و تجهیزاتی	۰/۹۹۷۲۳	۰/۰۰۲۷۶	۰/۱۲۴۴۴
توان فنی و برنامه‌ریزی	۰/۹۹۶۱۸	۰/۰۰۳۸۱	۰/۱۷۱۳۶
تجربه	۰/۹۹۶۱۲	۰/۰۰۳۸۷	۰/۱۷۴۳۲
حسن سابقه	۰/۹۹۷۵۴	۰/۰۰۲۴۵	۰/۱۱۰۴۹
کارکنان کلیدی	۰/۹۹۶۲۴	۰/۰۰۳۷۵	۰/۱۶۸۷۹
گواهینامه تخصصی	۰/۹۹۷۴۰	۰/۰۰۲۵۹	۰/۱۱۶۷۶

با توجه به نتایج جدول ۵، اوزان معیارهای به دست آمده به ترتیب معیارهای تجربه با مقدار ۰/۱۷۴۳۲ در رتبه نخست، توان فنی و برنامه‌ریزی با مقدار ۰/۱۷۱۳۶ در رتبه دوم، کارکنان کلیدی با مقدار ۰/۱۶۸۷۹ در رتبه سوم قرار دارند. وزن معیارهای تجربه، توان فنی و برنامه‌ریزی و کارکنان کلیدی دارای بیشترین مقدار و با اهمیت‌ترین معیارها برای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران می‌باشند. وزن نهایی معیارها در شکل ۳ ارائه گردیده است.



شکل۳ : وزن نهایی معیارهای انتخاب پیمانکاران

۲-۴- حل با مدل مارکوس

پس از محاسبه اوزان معیارها، به‌منظور رتبه‌بندی کلیه پیمانکاران شرکت گاز زاهدان که ۳۰ پیمانکار بودند با استفاده از مدل مارکوس و کوپراس در نظر گرفته شد. در این روش، ابتدا مطابق رابطه (۷) ماتریس تصمیم تشکیل می‌گردد. با اضافه کردن ایده‌آل و ضد ایده‌آل در براساس رابطه (۸) و (۹) ماتریس تصمیم‌گیری اولیه به‌دست می‌آید در واقع مقدار ایده‌آل (AI) برابر با بیشترین مقدار هر ستون معیار و ضد ایده‌آل (AAI) کمترین مقدار هر ستون معیار در ماتریس تصمیم می‌باشد که در جدول ۶ ارائه گردیده است.

جدول۶: ماتریس تصمیم‌گیری

گزینه	منابع مالی	توان اجرایی و تجهیزاتی	توان فنی و برنامه‌ریزی	تجربه	حسن سابقه	کارکنان کلیدی	گواهینامه تخصصی
AAL	۱/۷۵	۱/۶۷	۱/۷۵	۱/۸۰	۲/۰۰	۱/۸۳	۱/۰۰
پیمانکار۱	۲/۷۵	۲/۶۷	۲/۷۵	۳/۰۰	۳/۴۰	۳/۵۰	۳/۷۵
پیمانکار۲	۱/۷۵	۳/۰۰	۱/۷۵	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۱/۵۰
پیمانکار۳	۲/۲۵	۲/۳۳	۱/۸۸	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۵۰	۲/۲۵
پیمانکار۴	۲/۵۰	۲/۶۷	۲/۸۸	۲/۸۰	۲/۴۰	۳/۰۰	۳/۵۰
پیمانکار۵	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۲/۸۰	۳/۰۰	۳/۱۴	۳/۰۰
پیمانکار۶	۲/۰۰	۱/۶۷	۲/۱۳	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۱۷	۲/۲۵
پیمانکار۷	۳/۷۵	۴/۰۰	۴/۳۸	۴/۴۰	۴/۲۰	۴/۰۰	۳/۵۰
پیمانکار۸	۲/۲۵	۲/۶۷	۳/۶۳	۳/۰۰	۳/۲۰	۳/۳۳	۱/۷۵
پیمانکار۹	۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۶۳	۳/۰۰	۳/۶۰	۳/۱۷	۳/۷۵
پیمانکار۱۰	۲/۰۰	۱/۶۷	۲/۵۰	۳/۲۰	۲/۸۰	۱/۸۳	۱/۰۰
پیمانکار۱۱	۳/۰۰	۳/۶۷	۳/۸۸	۳/۴۰	۴/۰۰	۳/۳۳	۳/۷۵
پیمانکار۱۲	۲/۷۵	۳/۶۷	۴/۲۵	۳/۴۰	۴/۴۰	۳/۳۳	۳/۷۵
پیمانکار۱۳	۲/۲۵	۴/۰۰	۳/۷۵	۳/۰۰	۳/۲۰	۳/۱۷	۴/۰۰
پیمانکار۱۴	۳/۷۵	۴/۰۰	۴/۲۵	۴/۴۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰
پیمانکار۱۵	۴/۷۵	۴/۳۳	۳/۷۵	۳/۸۰	۵/۰۰	۴/۵۰	۴/۷۵
پیمانکار۱۶	۳/۲۵	۳/۰۰	۳/۵۰	۳/۶۰	۳/۸۰	۳/۶۷	۳/۷۵
پیمانکار۱۷	۳/۷۵	۳/۶۷	۴/۲۵	۳/۶۰	۳/۸۰	۳/۵۰	۴/۲۵
پیمانکار۱۸	۳/۷۵	۳/۰۰	۳/۰۰	۴/۰۰	۳/۲۰	۲/۸۳	۲/۵۰
پیمانکار۱۹	۳/۲۵	۳/۳۳	۴/۳۸	۳/۶۰	۴/۰۰	۳/۵۰	۴/۰۰
پیمانکار۲۰	۱/۷۵	۲/۰۰	۳/۲۵	۱/۸۰	۵/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
پیمانکار۲۱	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۷۵	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۰۰	۴/۰۰
پیمانکار۲۲	۳/۵۰	۳/۰۰	۳/۸۸	۳/۸۰	۴/۲۰	۳/۱۷	۴/۰۰
پیمانکار۲۳	۳/۲۵	۳/۶۷	۲/۷۵	۳/۲۰	۳/۴۰	۳/۵۰	۴/۰۰
پیمانکار۲۴	۳/۵۰	۳/۰۰	۳/۳۸	۲/۰۰	۲/۲۰	۲/۶۷	۲/۷۵
پیمانکار۲۵	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۶۷	۳/۷۵
پیمانکار۲۶	۱/۷۵	۲/۰۰	۳/۵۰	۳/۲۰	۲/۸۰	۲/۱۷	۱/۵۰
پیمانکار۲۷	۲/۵۰	۳/۳۳	۲/۸۸	۳/۰۰	۲/۴۰	۳/۰۰	۳/۵۰
پیمانکار۲۸	۲/۷۵	۳/۶۷	۳/۵۰	۳/۴۰	۳/۴۰	۳/۸۳	۳/۷۵
پیمانکار۲۹	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۳۸	۳/۸۰	۳/۰۰	۳/۱۷	۳/۲۵
پیمانکار۳۰	۱/۷۵	۲/۳۳	۳/۱۳	۲/۲۰	۴/۴۰	۳/۰۰	۲/۷۵
AL	۴/۷۵	۴/۳۳	۴/۳۸	۴/۴۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰

برای نرمالسازی ماتریس اولیه، برای معیارهای با جنبه هزینه و سود مطابق روابط (۱۰) و (۱۱) انجام می‌گردد. معیارها در این پژوهش جنبه سود در نظر گرفته شده است. لذا نتایج آن در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول۷: ماتریس نرمال تصمیم‌گیری

گزینه	منابع مالی	توان اجرایی و تجهیزاتی	توان فنی و برنامه‌ریزی	تجربه	حسن سابقه	کارکنان کلیدی	گواهینامه تخصصی
AAL	۰/۳۶۸	۰/۳۸۵	۰/۴۰۰	۰/۴۰۹	۰/۴۰۰	۰/۳۶۷	۰/۲۰۰
پیمانکار۱	۰/۵۷۹	۰/۶۱۵	۰/۶۲۹	۰/۶۸۲	۰/۶۸۰	۰/۷۰۰	۰/۷۵۰
پیمانکار۲	۰/۳۶۸	۰/۶۹۲	۰/۴۰۰	۰/۴۵۵	۰/۴۰۰	۰/۴۶۷	۰/۳۰۰
پیمانکار۳	۰/۴۷۴	۰/۵۳۸	۰/۴۲۹	۰/۵۴۵	۰/۴۸۰	۰/۵۰۰	۰/۴۵۰
پیمانکار۴	۰/۵۲۶	۰/۶۱۵	۰/۶۵۷	۰/۶۳۶	۰/۴۸۰	۰/۶۰۰	۰/۷۰۰
پیمانکار۵	۰/۶۳۲	۰/۶۹۲	۰/۸۰۰	۰/۶۳۶	۰/۶۰۰	۰/۶۲۹	۰/۶۰۰
پیمانکار۶	۰/۴۲۱	۰/۳۸۵	۰/۴۸۶	۰/۵۴۵	۰/۴۸۰	۰/۴۳۳	۰/۴۵۰
پیمانکار۷	۰/۷۸۹	۰/۹۲۳	۱	۱	۰/۸۴۰	۰/۸۰۰	۰/۷۰۰
پیمانکار۸	۰/۴۷۴	۰/۶۱۵	۰/۸۲۹	۰/۶۸۲	۰/۶۴۰	۰/۶۶۷	۰/۳۵۰
پیمانکار۹	۰/۴۲۱	۰/۶۹۲	۰/۸۲۹	۰/۶۸۲	۰/۷۲۰	۰/۶۳۳	۰/۷۵۰
پیمانکار۱۰	۰/۴۲۱	۰/۳۸۵	۰/۵۷۱	۰/۷۲۷	۰/۵۶۰	۰/۳۶۷	۰/۲۰۰
پیمانکار۱۱	۰/۶۳۲	۰/۸۴۶	۰/۸۸۶	۰/۷۷۳	۰/۸۰۰	۰/۶۶۷	۰/۷۵۰
پیمانکار۱۲	۰/۵۷۹	۰/۸۴۶	۰/۹۷۱	۰/۷۷۳	۰/۸۸۰	۰/۶۶۷	۰/۷۵۰
پیمانکار۱۳	۰/۴۷۴	۰/۹۲۳	۰/۸۵۷	۰/۶۸۲	۰/۶۴۰	۰/۶۳۳	۰/۸۰۰
پیمانکار۱۴	۰/۷۸۹	۰/۹۲۳	۰/۹۷۱	۱	۱	۱	۱
پیمانکار۱۵	۱	۱	۰/۸۵۷	۰/۸۶۴	۱	۰/۹۰۰	۰/۹۵۰
پیمانکار۱۶	۰/۶۸۴	۰/۶۹۲	۰/۸۰۰	۰/۸۱۸	۰/۷۶۰	۰/۷۳۳	۰/۷۵۰
پیمانکار۱۷	۰/۷۸۹	۰/۸۴۶	۰/۹۷۱	۰/۸۱۸	۰/۷۶۰	۰/۷۰۰	۰/۸۵۰
پیمانکار۱۸	۰/۷۸۹	۰/۶۹۲	۰/۶۸۶	۰/۹۰۹	۰/۶۴۰	۰/۵۶۷	۰/۵۰۰
پیمانکار۱۹	۰/۶۸۴	۰/۷۶۹	۱	۰/۸۱۸	۰/۸۰۰	۰/۷۰۰	۰/۸۰۰
پیمانکار۲۰	۰/۳۶۸	۰/۴۶۲	۰/۷۴۳	۰/۴۰۹	۱	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰
پیمانکار۲۱	۰/۶۳۲	۰/۶۹۲	۰/۸۵۷	۰/۸۶۴	۰/۷۶۰	۰/۶۰۰	۰/۸۰۰
پیمانکار۲۲	۰/۷۳۷	۰/۶۹۲	۰/۸۸۶	۰/۸۶۴	۰/۸۴۰	۰/۶۳۳	۰/۸۰۰
پیمانکار۲۳	۰/۶۸۴	۰/۸۴۶	۰/۶۲۹	۰/۷۲۷	۰/۶۸۰	۰/۷۰۰	۰/۸۰۰
پیمانکار۲۴	۰/۷۳۷	۰/۶۹۲	۰/۷۷۱	۰/۴۵۵	۰/۴۴۰	۰/۵۳۳	۰/۵۵۰
پیمانکار۲۵	۰/۶۳۲	۰/۶۹۲	۰/۸۰۰	۰/۸۶۴	۰/۷۶۰	۰/۷۳۳	۰/۷۵۰
پیمانکار۲۶	۰/۳۶۸	۰/۴۶۲	۰/۸۰۰	۰/۷۲۷	۰/۵۶۰	۰/۴۳۳	۰/۳۰۰
پیمانکار۲۷	۰/۵۲۶	۰/۷۶۹	۰/۶۵۷	۰/۶۸۲	۰/۴۸۰	۰/۶۰۰	۰/۷۰۰
پیمانکار۲۸	۰/۵۷۹	۰/۸۴۶	۰/۸۰۰	۰/۷۷۳	۰/۶۸۰	۰/۷۶۷	۰/۷۵۰
پیمانکار۲۹	۰/۶۳۲	۰/۶۹۲	۰/۷۷۱	۰/۸۶۴	۰/۶۰۰	۰/۶۳۳	۰/۶۵۰
پیمانکار۳۰	۰/۳۶۸	۰/۵۳۸	۰/۷۱۴	۰/۵۰۰	۰/۸۸۰	۰/۶۰۰	۰/۵۵۰
AL	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون مطابق جدول ۵ نیز محاسبه شده است. در این گام با استفاده از رابطه (۱۲)، وزن معیارها در ماتریس نرمال ضرب می‌کنیم تا ماتریس وزن‌دار نیز حاصل گردد که در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول۸: ماتریس وزن‌دار

گزینه	منابع مالی	توان اجرایی و تجهیزاتی	توان فنی و برنامه‌ریزی	تجربه	حسن سابقه	کارکنان کلیدی	گواهینامه تخصصی
AAL	۰/۰۴۹۳	۰/۰۴۷۹	۰/۰۶۸۵	۰/۰۷۱۳	۰/۰۴۴۲	۰/۰۶۱۹	۰/۰۲۳۴
پیمانکار۱	۰/۰۷۷۵	۰/۰۷۶۶	۰/۱۰۷۷	۰/۱۱۸۹	۰/۰۷۵۱	۰/۱۱۸۲	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۲	۰/۰۴۹۳	۰/۰۸۶۲	۰/۰۶۸۵	۰/۰۷۹۲	۰/۰۴۴۲	۰/۰۷۸۸	۰/۰۳۵۰
پیمانکار۳	۰/۰۶۳۴	۰/۰۶۷۰	۰/۰۷۳۴	۰/۰۹۵۱	۰/۰۵۳۰	۰/۰۸۴۴	۰/۰۵۲۵
پیمانکار۴	۰/۰۷۰۴	۰/۰۷۶۶	۰/۱۱۲۶	۰/۱۱۰۹	۰/۰۵۳۰	۰/۱۰۱۳	۰/۰۸۱۷
پیمانکار۵	۰/۰۸۴۵	۰/۰۸۶۲	۰/۱۳۷۱	۰/۱۱۰۹	۰/۰۶۶۳	۰/۱۰۶۱	۰/۰۷۰۱
پیمانکار۶	۰/۰۵۶۳	۰/۰۴۷۹	۰/۰۸۳۲	۰/۰۹۵۱	۰/۰۵۳۰	۰/۰۷۳۱	۰/۰۵۲۵
پیمانکار۷	۰/۱۰۵۶	۰/۱۱۴۹	۰/۱۷۱۴	۰/۱۷۴۳	۰/۰۹۲۸	۰/۱۳۵۰	۰/۰۸۱۷
پیمانکار۸	۰/۰۶۳۴	۰/۰۷۶۶	۰/۱۴۲۰	۰/۱۱۸۹	۰/۰۷۰۷	۰/۱۱۲۵	۰/۰۴۰۹
پیمانکار۹	۰/۰۵۶۳	۰/۰۸۶۲	۰/۱۴۲۰	۰/۱۱۸۹	۰/۰۷۹۶	۰/۱۰۶۹	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۱۰	۰/۰۵۶۳	۰/۰۴۷۹	۰/۰۹۷۹	۰/۱۲۶۸	۰/۰۶۱۹	۰/۰۶۱۹	۰/۰۲۳۴
پیمانکار۱۱	۰/۰۸۴۵	۰/۱۰۵۳	۰/۱۵۱۸	۰/۱۳۴۷	۰/۰۸۸۴	۰/۱۱۲۵	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۱۲	۰/۰۷۷۵	۰/۱۰۵۳	۰/۱۶۶۵	۰/۱۳۴۷	۰/۰۹۷۲	۰/۱۱۲۵	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۱۳	۰/۰۶۳۴	۰/۱۱۴۹	۰/۱۴۶۹	۰/۱۱۸۹	۰/۰۷۰۷	۰/۱۰۶۹	۰/۰۹۳۴
پیمانکار۱۴	۰/۱۰۵۶	۰/۱۱۴۹	۰/۱۶۶۵	۰/۱۷۴۳	۰/۱۱۰۵	۰/۱۶۸۸	۰/۱۱۶۸
پیمانکار۱۵	۰/۱۳۳۸	۰/۱۲۴۴	۰/۱۴۶۹	۰/۱۵۰۶	۰/۱۱۰۵	۰/۱۵۱۹	۰/۱۱۰۹
پیمانکار۱۶	۰/۰۹۱۶	۰/۰۸۶۲	۰/۱۳۷۱	۰/۱۴۲۶	۰/۰۸۴۰	۰/۱۲۳۸	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۱۷	۰/۱۰۵۶	۰/۱۰۵۳	۰/۱۶۶۵	۰/۱۴۲۶	۰/۰۸۴۰	۰/۱۱۸۲	۰/۰۹۹۲
پیمانکار۱۸	۰/۱۰۵۶	۰/۰۸۶۲	۰/۱۱۷۵	۰/۱۵۸۵	۰/۰۷۰۷	۰/۰۹۵۷	۰/۰۵۸۴
پیمانکار۱۹	۰/۰۹۱۶	۰/۰۹۵۷	۰/۱۷۱۴	۰/۱۴۲۶	۰/۰۸۸۴	۰/۱۱۸۲	۰/۰۹۳۴
پیمانکار۲۰	۰/۰۴۹۳	۰/۰۵۷۴	۰/۱۲۷۳	۰/۰۷۱۳	۰/۱۱۰۵	۰/۱۰۱۳	۰/۰۷۰۱
پیمانکار۲۱	۰/۰۸۴۵	۰/۰۸۶۲	۰/۱۴۶۹	۰/۱۵۰۶	۰/۰۸۴۰	۰/۱۰۱۳	۰/۰۹۳۴
پیمانکار۲۲	۰/۰۹۸۶	۰/۰۸۶۲	۰/۱۵۱۸	۰/۱۵۰۶	۰/۰۹۲۸	۰/۱۰۶۹	۰/۰۹۳۴
پیمانکار۲۳	۰/۰۹۱۶	۰/۱۰۵۳	۰/۱۰۷۷	۰/۱۲۶۸	۰/۰۷۵۱	۰/۱۱۸۲	۰/۰۹۳۴
پیمانکار۲۴	۰/۰۹۸۶	۰/۰۸۶۲	۰/۱۳۲۲	۰/۰۷۹۲	۰/۰۴۸۶	۰/۰۹۰۰	۰/۰۶۴۲
پیمانکار۲۵	۰/۰۸۴۵	۰/۰۸۶۲	۰/۱۳۷۱	۰/۱۵۰۶	۰/۰۸۴۰	۰/۱۲۳۸	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۲۶	۰/۰۴۹۳	۰/۰۵۷۴	۰/۱۳۷۱	۰/۱۲۶۸	۰/۰۶۱۹	۰/۰۷۳۱	۰/۰۳۵۰
پیمانکار۲۷	۰/۰۷۰۴	۰/۰۹۵۷	۰/۱۱۲۶	۰/۱۱۸۹	۰/۰۵۳۰	۰/۱۰۱۳	۰/۰۸۱۷
پیمانکار۲۸	۰/۰۷۷۵	۰/۱۰۵۳	۰/۱۳۷۱	۰/۱۳۴۷	۰/۰۷۵۱	۰/۱۲۹۴	۰/۰۸۷۶
پیمانکار۲۹	۰/۰۸۴۵	۰/۰۸۶۲	۰/۱۳۲۲	۰/۱۵۰۶	۰/۰۶۶۳	۰/۱۰۶۹	۰/۰۷۵۹
پیمانکار۳۰	۰/۰۴۹۳	۰/۰۶۷۰	۰/۱۲۲۴	۰/۰۸۷۲	۰/۰۹۷۲	۰/۱۰۱۳	۰/۰۶۴۲
AL	۰/۱۳۳۸	۰/۱۲۴۴	۰/۱۷۱۴	۰/۱۷۴۳	۰/۱۱۰۵	۰/۱۶۸۸	۰/۱۱۶۸

برای بررسی درجه مطلوبیت گزینه‌ها در مدل مارکوس مطابق روابط (۱۳) و (۱۴) درجه مطلوبیت ایده‌آل (K_i^+) و ضد ایده‌آل (K_i^-) گزینه‌ها نیز محاسبه شده است. بیشترین مقدار ضریب ضد ایده‌آل (K_i^-)عدد ۲/۶۱۲۴ و بیشترین مقدار ضریب ایده‌آل (K_i^+) عدد ۰/۹۵۷۴که مربوط به پیمانکار چهاردهم می‌باشد. کمترین مقدار ضریب ضد ایده‌آل (K_i^-)عدد ۱/۲۰۴۰ و کمترین مقدار ضریب ایده‌آل (K_i^+) عدد ۰/۴۴۱۲ مربوط به پیمانکار دوم است. مقدار ضریب S_i که از جمع مقادیر هر سطر در ماتریس وزن‌دار به‌دست آمده است. این مقدار برای ضد ایده‌آل (*AAI*)، عدد ۰/۳۶۶۵ می‌باشد. بیشترین مقدار ضریب S_i عدد ۰/۹۵۷۴ مربوط به پیمانکار چهاردهم است. نتایج آن در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول۹: محاسبه درجه مطلوبیت ایده‌آل و ضد ایده‌آل امتیاز نهایی و رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل مارکوس

گزینه	S_i	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	رتبه
AAL	۰/۳۶۶۵	–	–	–	–	–	–
پیمانکار۱	۰/۶۶۱۵	۰/۶۶۱۵	۱/۸۰۵۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۱۷۱	۱۸
پیمانکار۲	۰/۴۴۱۲	۰/۴۴۱۲	۱/۲۰۴۰	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۴۱۱۶	۳۰
پیمانکار۳	۰/۴۸۸۹	۰/۴۸۸۹	۱/۳۳۴۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۴۵۶۱	۲۷
پیمانکار۴	۰/۶۰۶۶	۰/۶۰۶۶	۱/۶۵۵۳	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۶۵۹	۲۲
پیمانکار۵	۰/۶۶۱۱	۰/۶۶۱۱	۱/۸۰۴۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۱۶۸	۱۹
پیمانکار۶	۰/۴۶۱۳	۰/۴۶۱۳	۱/۲۵۸۶	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۴۳۰۳	۲۹
پیمانکار۷	۰/۸۷۵۸	۰/۸۷۵۸	۲/۳۸۹۸	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۸۱۷۰	۳
پیمانکار۸	۰/۶۲۴۹	۰/۶۲۴۹	۱/۷۰۵۳	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۸۳۰	۲۱
پیمانکار۹	۰/۶۷۷۴	۰/۶۷۷۴	۱/۸۴۸۴	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۳۱۹	۱۷
پیمانکار۱۰	۰/۴۷۶۰	۰/۴۷۶۰	۱/۲۹۹۰	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۴۴۴۱	۲۸
پیمانکار۱۱	۰/۷۶۴۸	۰/۷۶۴۸	۲/۰۸۷۰	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۱۳۵	۸
پیمانکار۱۲	۰/۷۸۱۳	۰/۷۸۱۳	۲/۱۳۱۹	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۲۸۹	۶
پیمانکار۱۳	۰/۷۱۵۰	۰/۷۱۵۰	۱/۹۵۱۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۶۷۱	۱۴
پیمانکار۱۴	۰/۹۵۷۴	۰/۹۵۷۴	۲/۶۱۲۴	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۸۹۳۱	۱
پیمانکار۱۵	۰/۹۲۹۰	۰/۹۲۹۰	۲/۵۳۵۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۸۶۶۷	۲
پیمانکار۱۶	۰/۷۵۲۸	۰/۷۵۲۸	۲/۰۵۴۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۰۲۳	۱۰
پیمانکار۱۷	۰/۸۲۱۴	۰/۸۲۱۴	۲/۲۴۱۵	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۶۶۳	۴
پیمانکار۱۸	۰/۶۹۲۵	۰/۶۹۲۵	۱/۸۸۹۷	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۴۶۱	۱۶
پیمانکار۱۹	۰/۸۰۱۲	۰/۸۰۱۲	۲/۱۸۶۴	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۴۷۵	۵
پیمانکار۲۰	۰/۵۸۷۲	۰/۵۸۷۲	۱/۶۰۲۳	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۴۷۸	۲۵
پیمانکار۲۱	۰/۷۴۶۸	۰/۷۴۶۸	۲/۰۳۷۸	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۹۶۷	۱۱
پیمانکار۲۲	۰/۷۸۰۲	۰/۷۸۰۲	۲/۱۲۹۰	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۲۷۹	۷
پیمانکار۲۳	۰/۷۱۸۱	۰/۷۱۸۱	۱/۹۵۹۴	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۶۹۹	۱۳
پیمانکار۲۴	۰/۵۹۹۰	۰/۵۹۹۰	۱/۶۳۴۷	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۵۸۹	۲۳
پیمانکار۲۵	۰/۷۵۳۶	۰/۷۵۳۶	۲/۰۵۶۵	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۷۰۳۱	۹
پیمانکار۲۶	۰/۵۴۰۷	۰/۵۴۰۷	۱/۴۷۵۳	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۰۴۴	۲۶
پیمانکار۲۷	۰/۶۳۳۷	۰/۶۳۳۷	۱/۷۲۹۱	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۹۱۲	۲۰
پیمانکار۲۸	۰/۷۴۶۷	۰/۷۴۶۷	۲/۰۳۷۵	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۹۶۶	۱۲
پیمانکار۲۹	۰/۷۰۲۵	۰/۷۰۲۵	۱/۹۱۷۰	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۶۵۵۴	۱۵
پیمانکار۳۰	۰/۵۸۸۶	۰/۵۸۸۶	۱/۶۰۶۲	۰/۷۳۱۸	۰/۲۶۸۲	۰/۵۴۹۱	۲۴
AL	۱/۰۰۰۰	–	–	–	–	–	–

با توجه به جدول ۹، عملکرد مطلوبیت ضد ایده‌آل $f(k_i^-)$ و عملکرد ایده‌آل $f(k_i^+)$ مطابق روابط (۱۷) و (۱۸) به ترتیب دارای مقادیر۰/۲۶۸۲ و ۰/۷۳۱۸ می‌باشند. تعیین عملکرد مطلوب گزینه‌ها، $f(k_i)$ و رتبه‌بندی نهایی مدل مارکوس با استفاده از رابطه (۱۶) به دست آمده است. گزینه‌ای بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد. نتایج رتبه‌بندی نهایی پیمانکاران نشان می‌دهد پیمانکار چهاردهم، پانزدهم و پیمانکار هفتم با مقادیر۰/۸۹۳۱، ۰/۸۶۶۷ و ۰/۸۱۷۰ به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم نیز قرار دارند. پیمانکار ششم و دوم با مقادیر ۰/۴۳۰۳ و ۰/۴۱۱۶ به ترتیب در رتبه‌های آخر نیز قرار گرفتند.

۳-۴- حل با مدل کوپراس

روش کوپراس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری می‌باشد که برای اولویت‌بندی گزینه‌ها بکار می‌رود. در این روش همانند روش قبل مطابق جدول ۶ ماتریس تصمیم تشکیل شده است. در تکنیک کوپراس با استفاده از رابطه (۱۹) برای بی‌مقیاس سازی داده‌ها به روش خطی نیز صورت می‌گیرد. یعنی کافیست جمع مربوط به هر معیار نیز محاسبه و سپس مقدار هر درایه را بر جمع اعداد آن معیار نیز تقسیم گردد. که نتایج آن در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

جدول۱۰: ماتریس تصمیم نرمال

گزینه	منابع مالی	توان اجرایی و تجهیزاتی	توان فنی و برنامه‌ریزی	تجربه	حسن سابقه	کارکنان کلیدی	گواهینامه تخصصی
پیمانکار۱	۰/۰۳۲۵	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۷۳	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۶۵	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۲	۰/۰۲۰۷	۰/۰۳۲۸	۰/۰۱۷۳	۰/۰۲۰۹	۰/۰۱۹۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۱۵۳
پیمانکار۳	۰/۰۲۶۶	۰/۰۲۵۵	۰/۰۱۸۶	۰/۰۲۵۱	۰/۰۲۳۰	۰/۰۲۶۰	۰/۰۲۲۹
پیمانکار۴	۰/۰۲۹۶	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۸۵	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۳۰	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۵۶
پیمانکار۵	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۴۷	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۸۸	۰/۰۳۲۷	۰/۰۳۰۵
پیمانکار۶	۰/۰۲۳۷	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۵۱	۰/۰۲۳۰	۰/۰۲۲۶	۰/۰۲۲۹
پیمانکار۷	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۳۸	۰/۰۴۳۴	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۰۳	۰/۰۴۱۷	۰/۰۳۵۶
پیمانکار۸	۰/۰۲۶۶	۰/۰۲۹۲	۰/۰۳۵۹	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۰۷	۰/۰۳۴۷	۰/۰۱۷۸
پیمانکار۹	۰/۰۲۳۷	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۵۹	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۴۵	۰/۰۳۳۰	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۱۰	۰/۰۲۳۷	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۴۸	۰/۰۳۳۴	۰/۰۲۶۹	۰/۰۱۹۱	۰/۰۱۰۲
پیمانکار۱۱	۰/۰۳۵۵	۰/۰۴۰۱	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۱۲	۰/۰۳۲۵	۰/۰۴۰۱	۰/۰۴۲۱	۰/۰۳۵۵	۰/۰۴۲۲	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۱۳	۰/۰۲۶۶	۰/۰۴۳۸	۰/۰۳۷۲	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۰۷	۰/۰۳۳۰	۰/۰۴۰۷
پیمانکار۱۴	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۳۸	۰/۰۴۲۱	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۸۰	۰/۰۵۲۱	۰/۰۵۰۹
پیمانکار۱۵	۰/۰۵۶۲	۰/۰۴۷۴	۰/۰۳۷۲	۰/۰۳۹۷	۰/۰۴۸۰	۰/۰۴۶۹	۰/۰۴۸۳
پیمانکار۱۶	۰/۰۳۸۵	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۷۶	۰/۰۳۶۵	۰/۰۳۸۲	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۱۷	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۰۱	۰/۰۴۲۱	۰/۰۳۷۶	۰/۰۳۶۵	۰/۰۳۶۵	۰/۰۴۳۳
پیمانکار۱۸	۰/۰۴۴۴	۰/۰۳۲۸	۰/۰۲۹۷	۰/۰۴۱۸	۰/۰۳۰۷	۰/۰۲۹۵	۰/۰۲۵۴
پیمانکار۱۹	۰/۰۳۸۵	۰/۰۳۶۵	۰/۰۴۳۴	۰/۰۳۷۶	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۶۵	۰/۰۴۰۷
پیمانکار۲۰	۰/۰۲۰۷	۰/۰۲۱۹	۰/۰۳۲۲	۰/۰۱۸۸	۰/۰۴۸۰	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۰۵
پیمانکار۲۱	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۷۲	۰/۰۳۹۷	۰/۰۳۶۵	۰/۰۳۱۳	۰/۰۴۰۷
پیمانکار۲۲	۰/۰۴۱۴	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۹۷	۰/۰۴۰۳	۰/۰۳۳۰	۰/۰۴۰۷
پیمانکار۲۳	۰/۰۳۸۵	۰/۰۴۰۱	۰/۰۲۷۳	۰/۰۳۳۴	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۶۵	۰/۰۴۰۷
پیمانکار۲۴	۰/۰۴۱۴	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۳۵	۰/۰۲۰۹	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۷۸	۰/۰۲۸۰
پیمانکار۲۵	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۹۷	۰/۰۳۶۵	۰/۰۳۸۲	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۲۶	۰/۰۲۰۷	۰/۰۲۱۹	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۳۴	۰/۰۲۶۹	۰/۰۲۲۶	۰/۰۱۵۳
پیمانکار۲۷	۰/۰۲۹۶	۰/۰۳۶۵	۰/۰۲۸۵	۰/۰۳۱۳	۰/۰۲۳۰	۰/۰۳۱۳	۰/۰۳۵۶
پیمانکار۲۸	۰/۰۳۲۵	۰/۰۴۰۱	۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۲۶	۰/۰۳۹۹	۰/۰۳۸۲
پیمانکار۲۹	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۳۵	۰/۰۳۹۷	۰/۰۲۸۸	۰/۰۳۳۰	۰/۰۳۳۱
پیمانکار۳۰	۰/۰۲۰۷	۰/۰۲۵۵	۰/۰۳۱۰	۰/۰۲۳۰	۰/۰۴۲۲	۰/۰۳۱۳	۰/۰۲۸۰

در ادامه برای محاسبه ماتریس نرمال موزون از رابطه (۲۱) استفاده شده است. ابتدا با ضرب ماتریس نرمال در وزن معیارها با روش آنتروپی شانون مطابق جدول ۵ ماتریس موزون حاصل می‌گردد. لذا وزن معیارها را با q نمایش داده شده است. نتایج آن در جدول ۱۱ ارائه شده است.

جدول۱۱: ماتریس نرمال موزون

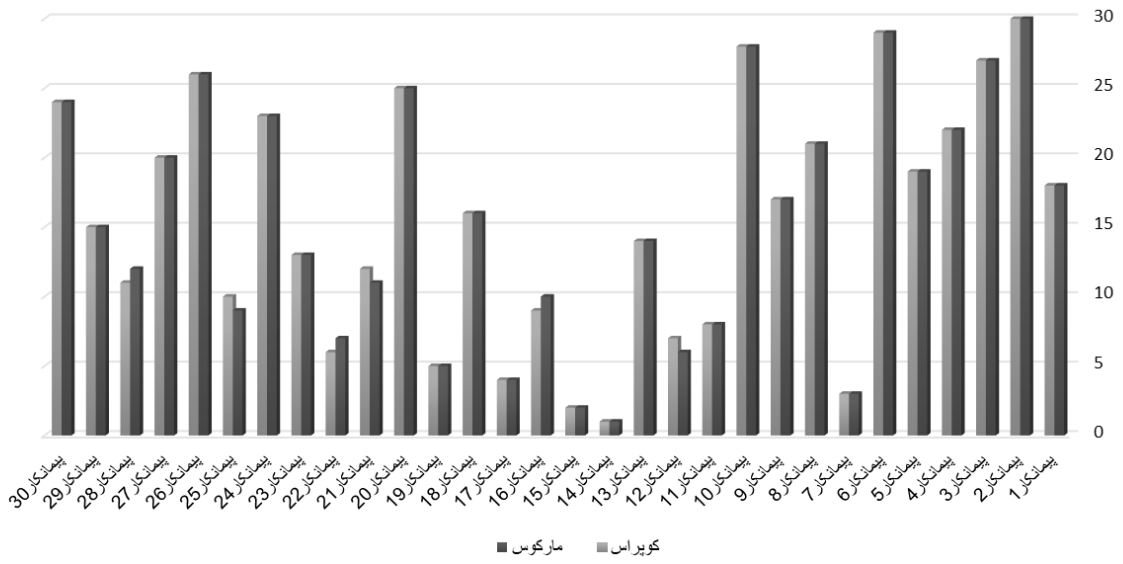
گزینه	منابع مالی	توان اجرایی و تجهیزاتی	توان فنی و برنامه‌ریزی	تجربه	حسن سابقه	کارکنان کلیدی	گواهینامه تخصصی
پیمانکار۱	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۲	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۱۸
پیمانکار۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۲۷
پیمانکار۴	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۴۲
پیمانکار۵	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۳۶
پیمانکار۶	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۲۷
پیمانکار۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۷۰	۰/۰۰۴۲
پیمانکار۸	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۲۱
پیمانکار۹	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۱۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۲
پیمانکار۱۱	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۱۲	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۱۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۴۸
پیمانکار۱۴	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۵۹
پیمانکار۱۵	۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۵۶
پیمانکار۱۶	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۱۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۵۱
پیمانکار۱۸	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۳۰
پیمانکار۱۹	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۴۸
پیمانکار۲۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۳۶
پیمانکار۲۱	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۴۸
پیمانکار۲۲	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۴۸
پیمانکار۲۳	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۴۸
پیمانکار۲۴	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۳۳
پیمانکار۲۵	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۲۶	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۱۸
پیمانکار۲۷	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۴۲
پیمانکار۲۸	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۴۵
پیمانکار۲۹	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۳۹
پیمانکار۳۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۳۳

در این مسیر، معیارها در یک دسته با بار مثبت S^+ قرار داده شده است. لذا برای انتخاب گزینه بهینه از رابطه (۲۳) نیز استفاده می‌شود. از آنجا که معیار با بار منفی وجود ندارد، در نتیجه مقادیر S^- صفر در نظر گرفته شده است. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها مطابق رابطه (۲۵) انجام می‌شود. در واقع هرچه مقدار مقدار Q_j بزرگتر و دارای بیشترین مقدار باشد نشان دهنده رتبه بهتر و ایده‌آل‌ترین گزینه است. در نهایت با استفاده از رابطه (۲۶) انتخاب بهترین گزینه، محاسبه شده است. مشخص کردن گزینه‌ای که بهترین وضعیت را در بین معیارها دارد که با افزایش و کاهش رتبه هر گزینه، درجه اهمیت آن نیز افزایش یا کاهش می‌یابد. مطابق جدول ۱۲ گزینه‌ای که بهترین وضعیت به لحاظ معیارها داشته باشد با درجه اهمیت N_j مشخص می‌شود. $Q_{\max}$، بزرگترین مقدار اهمیت نسبی با مقدار ۰/۰۴۶۷ برای انتخاب بهترین گزینه است و همچنین پیمانکار چهاردهم با مقدار ۱۰۰ دارای بالاترین درجه اهمیت در بین گزینه‌ها و در رتبه اول نیز قرار دارد. پیمانکار پانزدهم و هفتم با درجه اهمیت ۹۷/۶۹و ۹۱/۰۵ به‌ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. پیمانکاران ششم و دوم با درجه اهمیت‌های ۴۸/۱۱ و ۴۶/۰۴ در رتبه‌های آخر نیز قرار گرفتند. نتایج رتبه‌بندی نهایی با استفاده از مدل کوپراس در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۲: انتخاب بهترین گزینه و رتبه‌بندی نهایی با استفاده از مدل کوپراس

گزینه	S^+	S^-	Q_j	N_j	رتبه
پیمانکار۱	۰/۰۳۲۳	۰	۰/۰۳۲۳	۶۹/۳۱	۱۸
پیمانکار۲	۰/۰۲۱۵	۰	۰/۰۲۱۵	۴۶/۰۴	۳۰
پیمانکار۳	۰/۰۲۳۹	۰	۰/۰۲۳۹	۵۱/۲۵	۲۷
پیمانکار۴	۰/۰۲۹۶	۰	۰/۰۲۹۶	۶۳/۳۴	۲۲
پیمانکار۵	۰/۰۳۲۲	۰	۰/۰۳۲۲	۶۸/۹۲	۱۹
پیمانکار۶	۰/۰۲۲۴	۰	۰/۰۲۲۴	۴۸/۱۱	۲۹
پیمانکار۷	۰/۰۴۲۵	۰	۰/۰۴۲۵	۹۱/۰۵	۳
پیمانکار۸	۰/۰۳۰۱	۰	۰/۰۳۰۱	۶۴/۶۲	۲۱
پیمانکار۹	۰/۰۳۲۷	۰	۰/۰۳۲۷	۷۰/۱۲	۱۷
پیمانکار۱۰	۰/۰۲۲۹	۰	۰/۰۲۲۹	۴۹/۰۶	۲۸
پیمانکار۱۱	۰/۰۳۷۱	۰	۰/۰۳۷۱	۷۹/۴۷	۸
پیمانکار۱۲	۰/۰۳۷۷	۰	۰/۰۳۷۷	۸۰/۹۰	۷
پیمانکار۱۳	۰/۰۳۴۶	۰	۰/۰۳۴۶	۷۴/۰۸	۱۴
پیمانکار۱۴	۰/۰۴۶۷	۰	۰/۰۴۶۷	۱۰۰/۰۰	۱
پیمانکار۱۵	۰/۰۴۵۶	۰	۰/۰۴۵۶	۹۷/۶۹	۲
پیمانکار۱۶	۰/۰۳۶۷	۰	۰/۰۳۶۷	۷۸/۵۹	۹
پیمانکار۱۷	۰/۰۳۹۹	۰	۰/۰۳۹۹	۸۵/۶۱	۴
پیمانکار۱۸	۰/۰۳۳۷	۰	۰/۰۳۳۷	۷۲/۳۴	۱۶
پیمانکار۱۹	۰/۰۳۸۸	۰	۰/۰۳۸۸	۸۳/۲۲	۵
پیمانکار۲۰	۰/۰۲۸۴	۰	۰/۰۲۸۴	۶۰/۹۵	۲۵
پیمانکار۲۱	۰/۰۳۶۲	۰	۰/۰۳۶۲	۷۷/۵۶	۱۲
پیمانکار۲۲	۰/۰۳۷۹	۰	۰/۰۳۷۹	۸۱/۲۵	۶
پیمانکار۲۳	۰/۰۳۵۲	۰	۰/۰۳۵۲	۷۵/۳۵	۱۳
پیمانکار۲۴	۰/۰۲۹۳	۰	۰/۰۲۹۳	۶۲/۷۹	۲۳
پیمانکار۲۵	۰/۰۳۶۶	۰	۰/۰۳۶۶	۷۸/۵۲	۱۰
پیمانکار۲۶	۰/۰۲۵۸	۰	۰/۰۲۵۸	۵۵/۳۶	۲۶
پیمانکار۲۷	۰/۰۳۰۸	۰	۰/۰۳۰۸	۶۶/۰۷	۲۰
پیمانکار۲۸	۰/۰۳۶۳	۰	۰/۰۳۶۳	۷۷/۷۸	۱۱
پیمانکار۲۹	۰/۰۳۴۱	۰	۰/۰۳۴۱	۷۳/۰۹	۱۵
پیمانکار۳۰	۰/۰۲۸۵	۰	۰/۰۲۸۵	۶۱/۰۳	۲۴

مطابق نتایج جداول۹ و ۱۲، از مقایسه میان دو روش رتبه‌بندی مورد استفاده، روش‌های مارکوس و کوپراس در مورد هر ۳۰ پیمانکار رتبه‌بندی یکسانی را ارائه کردند. در هر دو روش رتبه‌بندی پیمانکاران اول تا سوم یکسان بدست آمده است. در این مرحله در واقع می‌توان بیان کرد پیمانکار چهاردهم، پانزدهم و هفتم برترین رتبه را نیز به خود اختصاص دادند. نتایج رتبه‌بندی مارکوس و کوپراس با یکدیگر مطابقت دارند و تنها تعداد ۶ تا از پیمانکاران با اختلاف کم باهم ناهمسان بودند. بنابراین مدل مارکوس را می‌توان روشی کارا با محاسبات ساده برای رتبه‌بندی مورد استفاده قرار داد از مزایای روش توسعه یافته مارکوس عبارتند از: در نظر گرفتن یک راه‌حل ضد ایده‌آل و ایده‌آل در همان ابتدای تشکیل یک ماتریس اولیه، تعیین دقیق‌تر درجه سودمندی در رابطه با هر دو راه‌حل، پیشنهاد یک روش جدید برای تعیین توابع سودمندی و تجمع آن‌ها، امکان در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارها و جایگزین‌ها در حالی که پایداری روش را حفظ می‌کند در شکل ۴ رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل مارکوس و کوپراس نشان داده شده است که پیمانکار چهاردهم در رتبه اول و پیمانکار دوم با بالاترین مقدار در رتبه آخر نیز قرار گرفته است.



شکل ۴: رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل مارکوس و کوپراس

۴- نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین کارهایی که در تصمیم‌گیری برای اجرای پروژه‌ها می‌توان انجام داد انتخاب پیمانکار مناسب است. در واقع انتخاب پیمانکاران، جزء جدانشدنی و بسیار مهم در فرآیند پروژه‌ها مطرح می‌شود. از مشکلات ناشی انتخاب پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی می‌توان به مواردی که شامل: ناکارآمد و ناکافی بودن معیارهای پروژه، عدم استفاده از شیوه‌های مدیریتی مناسب مانند روش‌های کاهش هزینه و رویکرد مدیریت پروژه و تغییرات مداوم در تصمیم‌گیری‌ها اشاره کرد. با توجه به وجود معیارهای مختلف در انتخاب پیمانکاران استفاده از روش‌های سنتی و معمول مؤثر نبوده است به‌منظور پاسخ مسئله رتبه‌بندی پیمانکاران و استفاده از روش‌های جدید تصمیم‌گیری از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند کارگشا باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل مارکوس و کوپراس است. خلاصه نتایج حاصل از این مطالعه به شرح ذیل است:

۱- پس از استخراج و شناسایی معیارها از ادبیات و پیشینه پژوهش، مصاحبه با کارشناسان و خبرگان جهت تعیین معیارهای مؤثر برای رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت گاز زاهدان از روش دلفی نیز استفاده شد. ضریب کندال در دور سوم با مقدار ۰/۷۰۷ به پایان رسید. در نهایت ۳۵ زیرمعیار با ۷ دسته معیار اصلی شناسایی شدند که عبارت بودند از: منابع مالی، توان اجرایی و تجهیزاتی، توان فنی و برنامه‌ریزی، تجربه، حسن سابقه، کارکنان کلیدی و به گواهینامه تخصصی.

۲- تعیین اهمیت نسبی معیارهای مؤثر برای انتخاب پیمانکاران، باید از روش‌هایی بر اساس اصول علمی صورت گیرد تا قابلیت تبدیل قضاوت ذهنی تصمیم‌گیرندگان به مقادیر کمی را داشته باشد. برای این منظور در این پژوهش از روش وزن‌دهی آنتروپی شانون نیز استفاده شده است. اوزان معیارهای به دست آمده معیارهای تجربه با مقدار ۰/۱۷۴۳۲ در رتبه نخست، توان فنی و برنامه‌ریزی با مقدار ۰/۱۷۱۳۶ و کارکنان کلیدی با مقدار ۰/۱۶۸۷۹ به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. بنابراین وزن معیارهای تجربه، توان فنی و برنامه‌ریزی و کارکنان کلیدی دارای بیشترین مقدار و با اهمیت‌ترین معیارها برای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران می‌باشند.

۳- بیشترین مقدار ضریب ضد ایده‌آل (K_i^-)عدد ۲/۶۱۲۴ و بیشترین مقدار ضریب ایده‌آل (K_i^+) عدد ۰/۹۵۷۴که مربوط به پیمانکار چهاردهم می‌باشد. کمترین مقدار ضریب ضد ایده‌آل (K_i^-)عدد ۱/۲۰۴۰ و کمترین مقدار ضریب ایده‌آل (K_i^+) عدد ۰/۴۴۱۲ مربوط به پیمانکار دوم می‌باشد. در مدل مارکوس گزینه‌ای بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد. رتبه‌بندی

پیمانکاران شرکت گاز زاهدان نشان می‌دهد پیمانکار چهاردهم با مقدار۰/۸۹۳۱، در رتبه اول و پیمانکار پانزدهم با مقدار۰/۸۶۶۷، در رتبه دوم به عنوان برترین پیمانکاران نیز انتخاب شدند. پیمانکار دوم با مقدار ۰/۴۱۱۶ در رتبه آخر نیز قرار گرفت.

۴- مقایسه نتایج مارکوس و کوپراس نشان داد با یکدیگر مطابقت دارند بنابراین می‌توان به نتایج آن نیز اطمینان کرد. در هر دو روش رتبه‌بندی پیمانکاران اول تا سوم یکسان بدست آمد و همچنین پیمانکار دوم در هر دو روش رتبه آخر را به خود اختصاص داده است. تعیین دقیق‌تر درجه سودمندی در رابطه با هر راه‌حل همچنین امکان در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارها و جایگزین‌ها در حالی که پایداری روش را حفظ کند از مزایای مدل مارکوس است. بنابراین، می‌توان آن را روشی کارا با محاسبات ساده و دقیق برای رتبه‌بندی مورد استفاده قرار داد.

۵- مدل مارکوس در مسأله رتبه‌بندی پیمانکاران، مبحث نسبتاً جدیدی به‌شمار می‌رود. در این مدل بیشترین عملکرد مطلوب گزینه دارای بهترین رتبه است. تعدادی از مطالعات گذشته در زمینه روش‌های تصمیم‌گیری با استفاده از تکنیک‌های مختلف جهت انتخاب تأمین‌کننده و پیمانکار مناسب یا دیگر طرف قرارداد در پروژه با شرایط مختلف و معیارهای متفاوت پرداخته‌اند. گروهی دیگر از مطالعات موجود در ادبیات پیشین نیز به مقایسه نتایج روش‌های تصمیم‌گیری با یکدیگر پرداخته‌اند. این در حالی است که فرایند و نتایج این پژوهش متمرکز بر تحلیل روابط و اهمیت معیارها، رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران بوده است. در واقع می‌تواند تکمیل کننده ادبیات مربوطه در این زمینه باشد. لازم به ذکر است در این پژوهش، انجام مقایسه میان پیمانکاران نبوده است و این مراحل جهت آزمون تأیید صحت مدل انجام گرفته است. نتایج این پژوهش می‌تواند درکی روشن‌تر از معیارها و توانایی‌های پیمانکاران را ارائه دهند و یاری‌دهنده سازمان‌های کارفرما و پیمانکاران در برنامه‌ریزی‌های مناسب جهت بهبود این توانایی‌ها باشند.

۶- از مهم‌ترین محدودیت در روند این پژوهش را می‌توان در دریافت داده‌های میدانی بیان کرد از جمله در دسترس نبودن کارشناسان و خبرگان با تجربه در حوزه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، عدم وجود بانک اطلاعاتی بروزرسانی و دقیق از پیمانکاران، عدم آشنایی مدیران با روش‌های جدید تصمیم‌گیری برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران می‌توان اشاره کرد.

۷- از آنجا که در این پژوهش مدلی برای رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران ارائه گردیده است پیشنهاد می‌شود که تمامی صاحبان مشاغل خصوصی و دولتی که با تصمیم‌گیری و انتخاب پیمانکاران سر و کار دارند از این مدل اصولی و علمی برای رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران استفاده نمایند. با توجه به شکست‌های پیاپی و هدر رفتن منابع و اتلاف وقت در مراحل اولیه پروژه‌ها، این نیاز ایجاد می‌شود تا از مدل‌های علمی جدید در تصمیم‌گیری‌های خود بهره‌مند شویم. بکار بردن این روش منجر به دستیابی نتایجی از قبیل استفاده درست و بهینه از زمان، کاهش شکست در قراردادها، کاهش هزینه‌ها و بهبود مشکلات کیفی خواهد شد. در واقع تمام کسانی که برای انتخاب پیمانکاران در ارتباط هستند می‌توانند از این مدل نیز استفاده کنند. می‌توان برای رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران از سایر مدل‌های تصمیم‌گیری موجود در پژوهش استفاده نمود و نتایج آن را با مدل مارکوس بررسی کرد.

مراجع

[1] Lutfi, S., Zanganeh, A. (2017). optimal selection management of contractors in construction projects using ANP network analysis. master's thesis in Civil Engineering-Engineering and Construction Management, *Faculty of civil engineering, lamali gurgani Institute of Higher Education*, 1-5.(in Persian)

[2] Alptekin. O., Alptekin, N. (2017). Analysis of Criteria Influencing Contractor Selection Using TOPSIS Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245(6), 1-9.

[3] Khayambashi, A., Monirabbasi, A. (2023). Contractor Ranking Model with Approach to Reduce Construction Project Delays and Optimization of Coefficients by Genetic Algorithm. *Amir Kabir Journal Of Civil Engineering*, 54(10), 3989-4006.(in Persian)

[4] El-Sayegh, SM., 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.

[5] Azimiaghdash, M., Abdarbakhshayesh., M. (2022). *Tenders for construction and non-construction projects*. Tehran: innovative publications, second edition, 232.(in Persian)

[6] Esfandiari, M., Rezaian, J. (2021). Identification and evaluation of the quality ranking of gas industry suppliers with the approach of expanding quality performance by the method of the process of hierarchical analysis. master's thesis, Mazandaran University of Science and Technology, Faculty of engineering and technology, 1-4.(in Persian)
[7] Martin H, Koylass J, Welch F. (2018). An exploration of the consistency limits of the analytical hierarchy process and its impact on contractor selection. *International Journal of Construction Management*, 18(1), 14–25.
[8] Mokhtar, A., Nasiri, M. (2012). Analyze the strengths and weaknesses of project contractors evaluation and ranking methodologies over the past decade. *9th International Conference on Industrial Engineering*.
[9] Abbasi, O., Abbasianjahromi, H., Norouzian, F. (2016). Identify subcontractors selection criteria in construction companies with new approach using Kano model. *Journal of structural and construction engineering*, 3(2), 19-29.(in Persian)
[10] Mahbubifard, M., Bagheri, M. (2017). *Presentation of the contractor selection model with the approach of Phase topsis and phase inference System (Case Study: Bandar Abbas Gas Transmission Line 6)*. senior expert thesis in industrial management of production orientation, Shahid Ashrafi University of Isfahan.
[11] Delegation of ministers. (2002). *Code of Referral of Contracts to Contractors*.(in perisan)
[12] 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 of the University of Tabriz*, 1(110), 13-30.(in perisan)
[13] Hoseini, R., Ghaforifard, M. (2022). Identifying and prioritizing the factors affecting the selection of the contractor in the General Directorate of Highways and Road Transportation of Khorasan Razavi. *Journal of Operations Management*, 1(4). 149-173.(in perisan)
[14] Valipour, A., Jamali, M. (2021). Hybrid SWARA-COPRAS Method For Construction Contractors Selection: South ZagroSs Company CasEe Study, *Journal of structural and construction engineering*, 8(1), 251-274.(in perisan)
[15] Javidi Sabbaghian, R., Shamsi, Gh., Saghi, H. (2022). Developing Multiple Criteria Decision-Making Model based on the Best-Worst-VIKOR Method for Evaluation of Civil Projects Contractors; Case Study of Civil Projects in Southern Khorasan Province. *Journal of civil and environmental engineering of the University of Tabriz*, 4(105), 11-22.(in perisan)
[16] Liu, X., Chen, S., Ding, Z., Xu, B. (2023). Bidding Evaluation and Contractor Selection Using Balance Index Model and Comprehensive Input Efficiency Based on Data Envelopment Analysis. *Systems*,11(5), 245.
[17] 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.
[18] 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.
[19] Marović, I., Perić, M., & Hanak, T. (2021). A multi-criteria decision support concept for selecting the optimal contractor. *Applied Sciences*, 11(4), 1660, 1-17.
[20] Vinokur, I., & Ponomareva, S. (2021). Innovation-oriented resource management model proposed on the basis of the methodology of economic assessment of resource capabilities of oil and gas industry contractors. *Paper presented at the SHS Web of Conferences*, 116.
[21] Dadashi, M., Mohammadi, F. (2019). Determining the right contractor for construction projects using the Analysis Hierarchical Process (AHP). *Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University*, 16(1), 93-106.(in perisan)
[22] Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management science*, 9(3), 458-467.
[23] Stone, F. L., & Busby, D. (2005). The Delphi Method. *Research methods in family therapy*, 238-253.
[24] Malek Zadeh, G., Kazemi, M., & Lagzian, M. (2014). Organizational Intelligence: Designing a Hierarchy Model for Iranian State Universities with a General Approach. *Transformation Management Research*, 5(10), 94-124.
[25] Soleimani-Damaneh, J., Hamidi, M., Sajadi, N. (2011). Evaluating the Performance of Iranian Football Teams Utilizing Linear Programming. *American Journal of Operation Research*, 1(2), pp. 65-72.
[26] Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to Compromise solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106231.
[27] Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A., Peldschus, F., & Turskis, Z. (2007). Multi-attribute assessment of road design solutions by using the COPRAS method. *The Baltic journal of Road and Bridge engineering*, 2(4), 195-203.