

EXTENDED ABSTRACT

Marcos Model for Ranking Civil Project Contractors

Sofia Hajpoor^a, Alireza Shahraki^{b*}

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

^b Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

Received: 20 December 2022; **Reviewed:** 19 August 2023; **Accepted:** 30 September 2023

Keywords:

Marcos, Ratings, Contractors, Civil projects.

1. Introduction

There are many factors that need to be considered when rating and selecting contractors. One of the most important tasks of employers is to rank and choose the right contractor. Choosing an inappropriate contractor will result in delays, poor quality, increased costs and even bankruptcy. A good contractor should be able to meet the needs of the organization and perform the project in unforeseen limited resources and time. Choosing the right contractor and setting the appropriate criteria for decision-making will have the greatest impact on the project's producer and employer. From an exploitative perspective choosing a non-specialized contractor will reduce the quality of work and harmful effects on the environment. From the employer's perspective choosing a contractor who is not able to perform the project causes delays in the project and increases the cost. The best possible performance in project management is to choose an optimal contractor given the resource constraints on tenders. That with the use of process analytical hierarchy process, analytic, along with to select the contractor (DSC-CONT) is proposed: that allows the combination of the demands of the stakeholders, be opposite to the transparency of the decision, and the stability of the decision-making process will increase and, in fact, a scientific approach, with the potential high for the application issues a decision similar to that in which the decisions of the stable, is required. Evaluating and selecting the resource capabilities of contracting companies, which is the most important problem of large companies and large companies in the oil and gas industry when buying material resources. However, there are not enough comprehensive tools to evaluate the choice of suppliers in a particular industry. The criteria identify the main include: price, politics, flexibility, price, payment terms, quality product, capacity availability, production facilities, free., the level of free functionality, the speed of the delivery industry. Finally, according to the selected criteria, word ford is also the best supplier. Previous experience shows that the current system for selecting and ranking contractors is using outdated decision models, as it has limitations such as long and difficult to perform calculations and high uncertainty in the results obtained. So the aim of this study is to present a new Marcos decision model for ranking construction project contractors. Ranking of contractors using the Multi-Criteria Decision-Making Method The Marcos model, also recorded in 2020. So far, it has received less attention from researchers and has removed a significant part of these limitations. This model is simpler and more accurate than other decision-making methods and is very useful and important for ranking contractors. In the regulations for the referral of work to contractors approved in 1381, which are communicated to consultants and contractors. How to choose contractors include: 1-First Call 2-invitation to evaluate the executive capacity of the work 3-examination of the executive capacity of the work and preparation of a list of selected contractors for the invitation to tender 4-holding a tender and selecting a contractor. Despite the measures introduced in the rules

and regulations of the organization, there are still many problems for selecting contractors in construction projects, including large delays, poor quality work or poor execution, lawsuits brought by employers and contractors, increased costs, lack of proper management practices such as cost reduction methods and project management approach, constant changes in decision-making and price proposals, the final criteria for selecting contractors can be mentioned. Given the methods available for ranking contractors, we see that it is still difficult to choose the right contractor for construction projects. So the innovation of this research is to present the Marcos model to improve the ranking of construction project contractors. The study also searches for articles and research related to the topic, identifies metrics and interviews with experts, and then examines the impact of these metrics. the Shannon entropy method was used to weigh the metrics.

2. Methodology

2.1. Marcos model

The Marcos model is one of the new multi-criteria decision-making methods that will be introduced in 2020. This method is also done to rank options the steps of this method are stated below (Stević et al., 2020).

2.2. Shannon's entropy method

Shannon entropy is one of the important methods in information theory. This method is used in this research to determine the weight of the criteria (Soleimani et al., 2011).

3. Results and discussion

3.1. Ideal and anti-ideal values of the decision matrix

Using the relation (1) and (2) ideal option (AI) and anti-ideal (AAI) In fact, the ideal value (AI) is equal to the highest value of each criteria column and the anti-ideal (AAI) is the lowest value of each criteria column in the decision matrix presented in Table 1.

$$AI = \max_i a_{ij} \text{ if } j \in B \text{ and } \min_i a_{ij} \text{ if } j \in C \quad (1)$$

$$AAI = \min_i a_{ij} \text{ if } j \in B \text{ and } \max_i a_{ij} \text{ if } j \in C \quad (2)$$

Table 1. Ideal and anti-ideal values of the decision matrix

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	Row
2	2	2	2	3	1	1	70	AAI
3	3	4	3	5	3	3	130	A1
3	2	5	4	4	5	2	150	A2
4	5	4	2	3	4	1	90	A3
2	5	3	3	3	2	3	85	A4
4	4	4	2	5	5	1	115	A5
3	3	2	5	5	2	2	110	A6
5	5	3	4	4	4	3	125	A7
4	3	3	5	3	3	3	95	A8
3	2	4	3	5	1	1	130	A9
4	2	3	2	4	3	3	70	A10
5	5	5	5	5	5	3	150	AI

3.2. Weighting criteria using the Shannon entropy method

The weights of the criteria are also calculated using the Shannon entropy method. To obtain the entropy according to the equation (3) and the value of the degree of deviation using the equation (4) and finally the value of the weight of each criterion has been calculated according to the equation (5), the results of which are shown in Table 2.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \times \ln P_{ij} \quad (3)$$

$$d_j = 1 - E_j \quad (4)$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

Table 2. Weight of criteria obtained through Shannon entropy

W_j	d_j	E_j	Criteria
0.1163	0.1090	0.8909	purse
0.1325	0.1242	0.8757	price
0.1333	0.1250	0.8749	Enforcement and equipment
0.1132	0.1061	0.8938	Technical power and planning
0.1343	0.1259	0.8740	Work Experience
0.1179	0.1105	0.8894	Key project staff
0.1342	0.1258	0.8741	Specialized certificate
0.1179	0.1105	0.8894	Experience

As you can see in Table 2, The criteria for good track record and specialized certification have the highest weight and first and second priorities with values of 0.1343 and 0.1342 respectively. After that, the executive capacity and equipment weighing 0.1333 had the third priority, which is a sign of the higher importance of the criteria of good track record, specialized certification and executive capacity and equipment for the selection of the main contractor.

3.3. Calculate the degree of ideal and anti -ideal utility of the final score and ratings of contractors using Marcos model

To check the degree of desirability of options in the Marcos model, according to relations (6) and (7), the degree of ideal (K_i^+) and anti-ideal (K_i^-) desirability of options is also calculated. The highest value of the anti-ideal coefficient (K_i^-) is 2.1708 and the highest value of the ideal coefficient (K_i^+) is 0.8572, which corresponds to (A7) of the seventh contractor. The lowest value of anti-ideal coefficient (K_i^-) is 1.4797 and the lowest value of ideal coefficient (K_i^+) is 0.5843 for (A9) of the ninth contractor. The value of the coefficient S_i , which is the sum of the values of each row in the weighted matrix. The value of S_i coefficient for anti-ideal (AAI), 0.3948 was obtained. The highest value of S_i coefficient of 0.8572 is related to (A7) of the seventh contractor. Its results are presented in Table 3.

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (6)$$

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (7)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (8)$$

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (9)$$

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (10)$$

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (11)$$

Table 3. Calculate the degree of ideal and anti-ideal utility of the final score and ratings of contractors using Marcos model

Rank	$f(K_i)$	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	K_i^+	K_i^-	S_i	Option
-	-	-	-	-	-	0.3948	AAI
3	0.6772	0.2830	0.7169	0.7529	1.9067	0.7529	A1
2	0.7002	0.2830	0.7169	0.7785	1.9716	0.7785	A2
7	0.5983	0.2830	0.7169	0.6652	1.6847	0.6652	A3
8	0.5869	0.2830	0.7169	0.6525	1.6526	0.6525	A4
5	0.6564	0.2830	0.7169	0.7298	1.8481	0.7298	A5
6	0.6054	0.2830	0.7169	0.6731	1.7046	0.6731	A6
1	0.7710	0.2830	0.7169	0.8572	2.1708	0.8572	A7
4	0.6604	0.2830	0.7169	0.7342	1.8594	0.7342	A8
10	0.5255	0.2830	0.7169	0.5843	1.4797	0.5843	A9
9	0.5666	0.2830	0.7169	0.6300	1.5954	0.6300	A10
-	-	-	-	-	-	1	AI

According to Table 3, the anti-ideal utility function $f(K_i^-)$ and the ideal function $f(K_i^+)$ according to relations (10) and (11) have values of 0.7169 and 0.2830, respectively. Determining the optimal performance of the options, $f(K_i)$ and the final ranking of the Marcos model has been obtained using equation (9). An option that has the most favorable performance has the best rating. The results of the final ranking of the contractors show that (A7), (A2), (A1), with the values of 0.7710, 0.7002, 0.6772 respectively, the seventh contractor is ranked first and the second and first contractors are ranked second and third. are located (A10) the 10th contractor and (A9) the 9th contractor with values of 0.5666 and 0.5255 were ranked ninth and tenth, respectively.

4. Conclusions

Given the key role of contractors in the success of projects, it is actually one of the concerns of employers to choose the best contractor among other competent contractors. Therefore, due to the different criteria in selecting contractors, the use of traditional and conventional methods has not been effective and the need to use new decision-making methods, including multi-criteria decision-making methods, can be effective. So the goal of this study is to present a new Marcos model for ranking contractors. Identifying the criteria for selecting contractors is the most effective step in selecting contractors. Because it can also play a vital role in choosing the best contractor, so that failure to correctly identify these criteria can lead to the selection of the wrong contractor and even the failure of the project. So project managers should focus on this by taking into account the views of experts and specialists and using their previous experiences. The problems caused by the selection of contractors in construction projects include: inefficiency and inadequacy of project metrics, lack of proper management practices such as cost reduction methods and project management approach and continuous changes in decision-making. In this study, the weight of the criteria was first calculated using the Shannon entropy method. The criteria for good track record, specialized certification and executive capacity and equipment with weights of 0.1343, 0.1342 and 0.1333 are ranked first to third respectively. With the highest weight and the most important criteria The degree of desirability of the options, the highest value of the anti-ideal coefficient (K_i^-) is 2.1708 and the highest value of the ideal coefficient (K_i^+) is 0.8572, which is related to the seventh contractor. The lowest value of anti-ideal coefficient (K_i^-) is 1.4797 and the lowest value of ideal coefficient (K_i^+) is 0.5843 for the ninth contractor. The value of S_i coefficient for anti-ideal (AAI), 0.3948 was obtained. The highest value of S_i coefficient is 0.8572 for the seventh contractor. Determining the optimal performance of the options, $f(K_i)$ and the final ranking using the Marcos model, in fact, the option with the highest optimal performance has the best rating. The results of the final ranking of the contractors show that the seventh contractor is in the first place with a value of 0.7710, the second contractor is in the second place with a value of 0.7002, and the first contractor is in the third place with a value of 0.6772. The 10th contractor and the 9th contractor with the values of 0.5666 and 0.5255 were ranked ninth and tenth, respectively. Ranking using the new Marcos method is much more accurate and simpler than other decision-making methods. Therefore, it is suggested to use the Marcos model for other contractor rating projects in future researches.

ارائه مدل مارکوس برای رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی

صوفیا حاج‌پور¹، علیرضا شهرکی^{2*}

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان

² دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان

دریافت: 1401/9/29، بازنگری: 1402/5/28، پذیرش: 1402/7/8، نشر آنلاین: 1402/7/8

چکیده

انتخاب پیمانکار مناسب، فرایند بسیار مهم در پروژه‌های عمرانی است که به‌طور مستقیم بر موفقیت و پیشرفت پروژه نیز تأثیر می‌گذارد. عدم انتخاب پیمانکار اصلح باعث تأخیر، کیفیت پایین، افزایش هزینه و حتی ورشکستگی را در پی خواهد داشت. ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران از تصمیمات مهم و حائز اهمیت بوده و به‌دلیل وجود معیارهای مختلف، یکی از چالش‌های اساسی در پروژه‌های عمرانی است؛ لذا هدف از این پژوهش ارائه مدل جدید تصمیم‌گیری مارکوس برای رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی می‌باشد. پس از شناسایی معیارها با مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از تحقیقات پیشین، کتب و مقالات و با اجماع نظر خبرگان، 8 معیار شامل: منابع مالی، قیمت، توان اجرایی و تجهیزاتی، توان فنی و برنامه‌ریزی، حسن سابقه، کارکنان کلیدی پروژه، گواهینامه تخصصی، تجربه می‌باشد. با استفاده از روش وزن‌دهی (Shannon Entropy) برای تعیین وزن معیارها و سپس برای رتبه‌بندی ده پیمانکار برتر پروژه‌های عمرانی، از مدل مارکوس (Marcos model) نیز استفاده شده است. معیارهای حسن سابقه، گواهینامه تخصصی و توان اجرایی و تجهیزاتی با وزن‌های 0/1342، 0/1333 و 0/1343 به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند که دارای بیشترین وزن و با اهمیت‌ترین معیارها محسوب می‌شوند. نتایج رتبه‌بندی نهایی با استفاده از مدل مارکوس نشان می‌دهد پیمانکار هفتم با مقدار 0/7710 در رتبه اول و پیمانکار دوم با مقدار 0/7002 در رتبه دوم و پیمانکار اول با مقدار 0/6772 در رتبه سوم نیز قرار دارند. پیمانکار دهم و پیمانکار نهم با مقادیر 0/5666 و 0/5255 به‌ترتیب در رتبه‌های نهم و دهم نیز قرار گرفتند.

کلیدواژه‌ها: مارکوس، رتبه‌بندی، پیمانکاران، پروژه‌های عمرانی.

1- مقدمه

پیمانکار نامناسب باعث تأخیر، کیفیت پایین، افزایش هزینه و حتی ورشکستگی را در پی خواهد داشت (Rao و همکاران، 2018). رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران فرایند بسیار مهم در پروژه‌ها، خصوصاً پروژه‌های دولتی است که بر موفقیت پروژه تأثیر بسیار زیادی دارد (Alptekin، 2017). پیمانکار خوب باید توانایی پاسخگویی به نیازهای آینده سازمان و انجام پروژه در منابع و زمان محدود پیش‌بینی‌نشده، باکیفیت مدنظر را داشته باشد (Lashgari، 2017).

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 این که باعث عدم موفقیت در پروژه‌ها شده؛ بلکه به‌علت عدم پذیرش، باعث سرخوردگی

سالانه 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 انجام گرفته و عدم مدیریت صحیح پروژه‌ها باعث هدر رفتن سرمایه ملی می‌شود. در واقع یکی از مسائل مهم در سازمان‌ها که نیازمند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مناسب است، مسئله رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکار می‌باشد (Lotfi و Zanganeh، 2017).

عوامل بسیاری وجود دارد که هنگام رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران باید مورد توجه قرار گیرد. یکی از مهم‌ترین وظایف کارفرمایان رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکار مناسب است. انتخاب



پیمانکاران با تراز اول و خروج از رقابت‌ها می‌شود (Martin و همکاران، 2018).

محققان سازمان‌های متعدد مجموعه‌ای از معیارهای رتبه‌بندی پیمانکاران برای ارزیابی توانایی آن‌ها نیز استفاده می‌کنند. مطالعاتی بر روی این مسئله انجام شده است که با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیار، معیارهایی از قبیل جنبه فنی و مالی، سطح عملکرد گذشته و استانداردهای کیفیتی برای تعیین صلاحیت و رتبه‌بندی پیمانکاران به کار گرفته شده است (Nasiri و Mokhtar، 2012). البته چنین تصمیم‌گیری‌هایی معمولاً سخت است و عامل‌های کمی و کیفی زیادی در این رابطه برای ارزیابی نیز مورد استفاده 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. دستگاه‌های اجرایی با توجه به آیین‌نامه تشخیص صلاحیت پیمانکاران، مناقصه‌های خود را نیز برگزار می‌کنند. از این‌رو، روند موجود به صورت مراحل مختلف انجام گرفته و در مرحله نهایی، با توجه به قیمت پیشنهادی بهترین پیمانکار به عنوان برنده مناقصه انتخاب می‌شود (Abbasi و همکاران، 2016).

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 کیفیت کار 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 (El-Sayegh و همکاران، 2021).

با توجه به اهمیت بالای پروژه‌های عمرانی در کشور، با شناسایی معیارهای انتخاب پیمانکاران می‌توان پیمانکاران شایسته‌تری جهت اجرای باکیفیت پروژه‌ها نیز انتخاب نمود. ضمن این‌که اکثر پروژه‌های عمرانی کشور با تأخیرات در اجرای پروژه مواجه هستند؛ بنابراین عدم انتخاب پیمانکار مناسب به عنوان بازوی اجرایی، از مهم‌ترین دلایل تأخیرات در پروژه‌ها به شمار می‌رود.

2- مرور ادبیات فنی پژوهش

مسئله پیمانکاری از با اهمیت‌ترین مؤلفه‌های پروژه‌های عمرانی می‌باشد که در واقع بیشتر از جانب مهندسين مدنظر قرار گرفته است. Valipour و Jamali (2021)، 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 سوارا¹ و از روش کوپراس² 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.

Javadi Sabaghian و همکاران (2022)، در پژوهشی به منظور 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 1 و پیمانکار 5 به ترتیب بیشترین و کمترین رتبه را به خود اختصاص دادند.

Hemmasian Etefagh (2022)، در پژوهشی به شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب پیمانکار با استفاده از تلفیق دیدگاه مدیریت ساخت و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز پرداخت. با استفاده از روش AHP عوامل آن وزن‌دهی شدند و در نهایت 5 نفر از پیمانکاران با دو روش تاپسیس³ و ویکور⁴ رتبه‌بندی شدند. نتایج آن نشان داد پاسخ‌دهندگان در انتخاب پیمانکار به معیار مدیریتی بالاترین رتبه را دادند. که نشان‌دهنده آن است بسیاری از کاستی‌ها در پروژه‌ها ناشی از ضعف‌های مدیریتی می‌باشد.

Marović و همکاران (2021)، 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 فرایند سلسله مراتبی تحلیلی همراه با پرومتری برای انتخاب پیمانکار (DSC-CONT) پیشنهاد شده است: که اجازه دهد تا ترکیبی از خواسته‌های ذینفعان مخالف باشد، شفافیت تصمیم‌گیری و ثبات فرایند تصمیم‌گیری را افزایش دهد و در واقع یک رویکرد علمی با پتانسیل زیاد برای کاربرد در مسائل تصمیم‌گیری مشابه که در آن تصمیمات پایدار، مورد نیاز است.

Vinokur و همکاران (2021)، 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

3. Topsis
4. Vikor

1. Swara
2. Copras

تجربه کاری، سلامت جسمی، سوابق تحصیلی، صلاحیت حرفه‌ای، و هوش هیجانی نیز می‌باشد.

Cao و همکاران در سال (2019)، در پژوهشی روش ترکیبی جدید، SWARA-FUCOM که انتخاب پیمانکار مناسب برای نصب سیستم انرژی پانل خورشیدی شناور استفاده کردند که ترکیبی از نسبت تحلیل عامل وزن و وزن کامل ارائه و از اعداد خاکستری می‌باشد، نتایج نشان داد با هر دو روش رتبه‌بندی یکسان است و باعث افزایش اعتماد تصمیم‌گیرندگان در اعطای نصب سیستم انرژی پانل خورشیدی به پیمانکار برتر شده است.

توانایی انواع مدل‌های گوناگون که تاکنون ارائه شده به دلیل شرایط مکانی و زمانی سخت و امکان‌پذیر نیست (Nourani و همکاران، 2022)، تجربیات قبلی نشان می‌دهد که سیستم فعلی برای انتخاب و رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری قدیمی هستند؛ زیرا دارای محدودیت‌های نظیر طولانی و دشوار بودن در انجام محاسبات و عدم قطعیت بالا در نتایج به دست آمده می‌باشند. لذا هدف از این پژوهش ارائه مدل جدید تصمیم‌گیری مارکوس برای رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی است. رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره مدل مارکوس که در سال 2020 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. در آیین‌نامه ارجاع کار به پیمانکاران مصوب 1381 که به مشاوران و پیمانکاران ابلاغ گردیده است. نحوه انتخاب پیمانکاران عبارتند از:

- 1- فراخوان نخست،
- 2- دعوت به ارزیابی توان اجرایی کار،
- 3- بررسی توان اجرایی کار و تهیه فهرستی از پیمانکاران منتخب برای دعوت به مناقصه،
- 4- برگزاری مناقصه و انتخاب پیمانکار.

با وجود تدابیری که در قوانین و آیین‌نامه سازمان وضع شده است همچنان کمبودها و مشکلات زیادی برای انتخاب پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی وجود دارد از جمله این موارد می‌توان به تأخیرات زیاد، کارهای بی‌کیفیت یا با اجرای ضعیف، دعاوی مطرح شده از سوی کارفرمایان و پیمانکاران، افزایش هزینه، عدم استفاده از شیوه‌های مدیریتی مناسب مانند روش‌های کاهش هزینه و رویکرد مدیریت پروژه، تغییرات مداوم در تصمیم‌گیری‌ها و قیمت پیشنهادی از معیار نهایی انتخاب پیمانکاران می‌توان اشاره کرد. با توجه به روش‌های موجود برای رتبه‌بندی پیمانکاران، شاهد آن

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 در نهایت با توجه به معیارهای انتخاب شده وردفورد⁵ نیز بهترین تأمین‌کننده است.

Abimbola و همکاران (2020)، در پژوهشی یک مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای رتبه‌بندی معیارهای انتخاب پیمانکاران پیشنهاد دادند. که ارائه اطلاعات پایه به مشتریان و مشاوران ساخت‌وساز در مورد اهمیت معیارهای پیش‌صلاحیت پیمانکاران است. در نتیجه پیشنهاد مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی یکپارچه برای رتبه‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری برای تعیین کارگر قراردادی با ترکیب واحد کنترل سازگار و فرایند انتخاب، این واحد کنترل شامل بازخورد است که ارائه مشاوره به تصمیم‌گیرندگان به‌طوری که برای بررسی بی‌نظمی در خود تصمیم‌گیری در طول مقایسه دوبه‌دو نیز منجر به تصمیم‌گیری بهتر و افزایش عملکرد پروژه می‌شود.

داداشی و محمدی (1398)، 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 دارند.

Omidvari و Gharedaghi (2018)، در پژوهشی به تعیین الگو انتخاب پیمانکاران از روش تلفیقی GDEMATEL-ANP و از تحلیل خاکستری با رویکرد ایمنی نیز پرداختند. نتایج GDEMATEL-ANP نشان داد که بین معیارهای ارزیابی ایمنی فنی و فاز تحلیل ایمنی فنی ارتباط درونی وجود دارد. نتایج نهایی ANP این پژوهش نشان داد مهم‌ترین شاخص ایمنی انتخاب پیمانکاران در صنعت نفت عبارتند از: سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی و سوابق ایمنی است.

Taofeeq و همکاران (2020)، به رتبه‌بندی عوامل انسانی مؤثر بر نگرش ریسک پیمانکاران در صنعت ساخت‌وساز مالزی پرداختند. مدیریت در میان شرکت‌های ساختمانی مالزی و رتبه‌بندی عوامل خاص مؤثر بر پیمانکاران به‌صورت تصادفی ساده تحت روش نمونه‌گیری از فناوری نیز استفاده شده است. نتایج نشان داد که پنج عامل اصلی مؤثر بر نگرش پیمانکاران شامل:

از میزان مورد نظر باشد بایستی از آزمون کنار گذاشته شود. زیرا روایی محتوایی قابل قبولی ندارد. همچنین پایایی از طریق آلفای کرونباخ به دست آمده است که اعتبار پرسشنامه می باشد. در جدول (1) نیز روایی و پایایی نیز ارائه گردیده است. برای تجزیه و تحلیل داده از نرم افزار مایکروسافت Exel و Spss نیز استفاده شده است. رابطه (1) محاسبه لاوشه این فرمول توسط Harris و Lawshe (1958) ارائه شده است.

$$CVR = \frac{Ne - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

N تعداد کل متخصصین، Ne تعداد متخصصینی که گزینه ضروری را انتخاب کردند.

جدول 1- روایی و پایایی پرسشنامه

معیارهای انتخاب پیمانکاران	نماد	Ne	CVR	آلفای کرونباخ	نتیجه
منابع مالی	C1	26	0/73	0/795	پذیرش
قیمت	C2	26	0/73	0/812	پذیرش
توان اجرایی و تجهیزاتی	C3	25	0/67	0/782	پذیرش
توان فنی و برنامه ریزی	C4	28	0/87	0/921	پذیرش
حسن سابقه	C5	29	0/93	0/803	پذیرش
کارکنان کلیدی پروژه	C6	26	0/73	0/759	پذیرش
گواهینامه تخصصی	C7	27	0/80	0/792	پذیرش
تجربه	C8	25	0/67	0/960	پذیرش
کل	-	-	0/76	0/828	پذیرش

با توجه به جدول (1)، مقدار CVR برای همه معیارها از 0/33 نیز بزرگتر به دست آمده است. بنابراین، تمامی معیارها نیز مورد پذیرش قرار می گیرند. همچنین میزان آلفای کرونباخ کل پرسشنامه برابر با 0/828 است که بیشتر از 0/7 می باشد. این موضوع بیانگر تأیید پایایی پرسشنامه، پایداری خوب و ارزشمندی پاسخ های جمع آوری شده را نشان می دهد.

3-1- مدل مارکوس

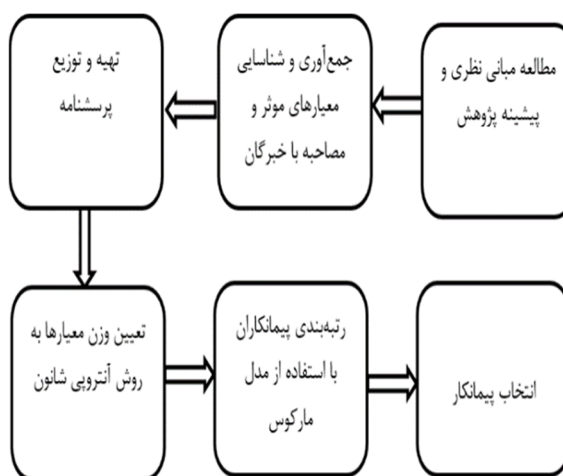
مدل مارکوس یکی از روش های جدید تصمیم گیری چند معیاره می باشد که در سال 2020 نیز ارائه شده است. این روش برای رتبه بندی گزینه ها نیز انجام می گیرد مراحل این روش در ادامه نیز بیان شده است (Stević و همکاران، 2020).

گام اول) تشکیل ماتریس تصمیم، در مدل مارکوس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می شود. لذا به هر گزینه بر اساس هر معیار امتیاز داده می شود. و این امتیازات می تواند بر اساس مقادیر واقعی و کمی باشد و یا اینکه نظری و کیفی باشد. در هر صورت یک ماتریس $m \times n$ نیز تشکیل می شود مطابق رابطه (2) می باشد.

هستیم که هنوز انتخاب پیمانکار مناسب برای پروژه های عمرانی دچار مشکل است. لذا نوآوری این پژوهش، ارائه مدل مارکوس جهت بهبود رتبه بندی پیمانکاران پروژه های عمرانی می باشد. در این پژوهش ضمن جستجو و بررسی عمیق مقالات و پژوهش هایی مرتبط با موضوع، شناسایی معیارها و مصاحبه با خبرگان نیز اقدام می گردد و پس از آن میزان تأثیر این معیارها مورد بررسی قرار می گیرد برای وزن دهی معیارها از روش آنترپوی شانون استفاده گردیده است.

3- روش تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیق های کاربردی می باشد. ابتدا شناسایی معیارها با مطالعات کتابخانه ای و استفاده از تحقیقات پیشین، کتب و مقالات و مصاحبه با متخصصین و شناسایی معیارها با اجماع نظر خبرگان است. با استفاده از روش وزن دهی آنترپوی شانون برای تعیین وزن معیارها انجام شده و سپس برای رتبه بندی ده پیمانکار برتر پروژه های عمرانی زاهدان از روش جدید تصمیم گیری مارکوس نیز استفاده گردیده است. در شکل (1) فرایند انجام پژوهش نیز ارائه گردیده است.



شکل 1- فرایند انجام پژوهش

در این پژوهش، اطلاعات از طریق مصاحبه و پرسشنامه توسط 30 نفر از کارشناسان و متخصصین مرتبط با پروژه های عمرانی به دست آمده است. پرسشنامه با طیف پنج گزینه ای لیکرت (از 1- خیلی کم تا 5- خیلی زیاد) می باشد. برای بررسی روایی معیارهای انتخاب پیمانکاران پروژه های عمرانی زاهدان از محاسبه نسبت روایی محتوایی CVR استفاده گردیده است. که مطابق فرمول (1) محاسبه شده است. در این مطالعه جهت اطمینان از درستی معیارهای انتخاب شده بر اساس تعداد متخصصینی که سؤالات را مورد ارزیابی قرار دادند حداقل مقدار CVR قابل قبول 0/33 می باشد. معیاری که مقدار CVR آن کمتر

$$S_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (10)$$

گام ششم) تعیین عملکرد مطلوب گزینه‌ها، $f(K_i)$ که تابع عملکرد مطلوب مطابق رابطه (11) نیز محاسبه می‌شود.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (11)$$

در رابطه بالا عملکرد مطلوبیت ضدایده‌آل $f(K_i^-)$ و عملکرد ایده‌آل $f(K_i^+)$ برای هر گزینه می‌باشد که بر اساس روابط (12) و (13) نیز محاسبه می‌گردد.

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (12)$$

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (13)$$

گام هفتم) رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد. مقادیر به‌دست آمده از رابطه (11) که عملکرد مطلوب گزینه‌ها نیز رتبه‌بندی می‌گردد. گزینه‌ای بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد.

3-2- روش آنتروپی شانون

آنتروپی شانون از روش‌های مهم در تئوری اطلاعات است. از این روش در این تحقیق برای تعیین وزن معیارها استفاده می‌شود (Soleimani و همکاران، 2011). در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری سپس با استفاده از رابطه (14) ماتریس تصمیم، نرمالیزه می‌شود. ماتریس تصمیم‌گیری از روش‌های چند شاخصه دارای اطلاعاتی است که از آنتروپی می‌توان به‌جای معیاری برای بررسی آن‌ها استفاده کند. که اطلاعات موجود از این ماتریس به‌صورت P_{ij} محاسبه می‌شود.

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum n_{aj}} \quad (14)$$

P_{ij} مقدار نرمال شده برای گزینه i ام و معیار j ام را نشان می‌دهد. هر درایه نرمال شده در ماتریس نرمال است. برای محاسبه آنتروپی از رابطه (15) استفاده می‌شود.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \times \ln P_{ij} \quad (15)$$

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{ij} & a_{ij} & \dots & a_{ij} \\ a_{ij} & a_{ij} & \dots & a_{ij} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{ij} & a_{ij} & \dots & a_{ij} \end{bmatrix} \quad (2)$$

گام دوم) تعیین ایده‌آل و ضدایده‌آل، در این بخش بر اساس رابطه (3) و (4) مقادیر ایده‌آل AI و ضدایده‌آل AAI مشخص می‌شود.

$$AI = \max_i a_{ij} \text{ if } j \in B \text{ and } \min_i a_{ij} \text{ if } j \in C \quad (3)$$

$$AAI = \min_i a_{ij} \text{ if } j \in B \text{ and } \max_i a_{ij} \text{ if } j \in C \quad (4)$$

B معیارهایی که جنبه سود و C معیارهایی که جنبه هزینه دارند را نشان می‌دهد.

گام سوم) نرمال‌سازی، در این بخش n_{ij} نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری برای معیارهای با جنبه هزینه و سود می‌باشد. که مطابق روابط (5) و (6) می‌باشند.

$$n_{ij} = \frac{a_{xj}}{a_{ij}} \text{ if } j \in C \quad (5)$$

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{xj}} \text{ if } j \in B \quad (6)$$

a_{xj} و a_{ij} مربوط به ماتریس A_{ij} می‌شود.

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 (7) می‌باشد.

$$V_{ij} = n_{ij} \times W_j \quad (7)$$

گام پنجم) درجه مطلوبیت گزینه‌ها می‌باشد که در این بخش که درجه مطلوبیت ایده‌آل (K_i^+) و ضدایده‌آل (K_i^-) گزینه‌ها مطابق رابطه (8) و (9) می‌باشد. ابتدا جمع اعداد سطر AAI و AI در ماتریس وزن‌دار نیز محاسبه می‌کنیم که به‌ترتیب S_{ai} و S_{aai} نامیده می‌شوند.

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (8)$$

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (9)$$

در روابط فوق، $S_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ جمع مقادیر هر سطر در ماتریس وزن‌دار می‌باشد که از رابطه (10) نیز به‌دست می‌آید.

(C5)، کارکنان کلیدی پروژه (C6)، گواهینامه تخصصی (C7)، تجربه (C8) می باشد. همچنین ده پیمانکار برتر که گزینه ها را تشکیل می دهند. پیمانکار اول (A1)، پیمانکار دوم (A2)، پیمانکار سوم (A3)، پیمانکار چهارم (A4)، پیمانکار پنجم (A5)، پیمانکار ششم (A6)، پیمانکار هفتم (A7)، پیمانکار هشتم (A8)، پیمانکار نهم (A9)، پیمانکار دهم (A10) می باشد. ابتدا ماتریس تصمیم گیری مطابق رابطه (2) نیز تشکیل می شود. ماتریس بر اساس ارزیابی گزینه ها نسبت به 8 معیار مورد نظر نیز می باشد که ماتریس تصمیم در جدول (3) نیز ارائه گردیده است.

جدول 3- ماتریس تصمیم گیری

ردیف	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	130	3	3	5	3	4	3	3
A2	150	2	5	4	4	5	2	3
A3	90	1	4	3	2	4	5	4
A4	85	3	2	3	3	3	5	2
A5	115	1	5	5	2	4	4	4
A6	110	2	2	5	5	2	3	3
A7	125	3	4	4	4	3	5	5
A8	95	3	3	3	5	3	3	4
A9	130	1	1	5	3	4	2	3
A10	70	3	3	4	2	3	2	4

با استفاده از رابطه (3) و (4) گزینه ایده آل (AI) و ضدایده آل (AAI) به ماتریس اولیه نیز بسط داده می شود. در واقع مقدار ایده آل (AI) برابر با بیشترین مقدار هر ستون معیار و ضدایده آل (AAI) کمترین مقدار هر ستون معیار در ماتریس تصمیم می باشد که در جدول (4) ارائه شده است. با استفاده از روابط (5) و (6)، ماتریس نرمال را محاسبه نموده که نتایج آن در جدول (5) نیز نشان داده شده است.

جدول 4- مقادیر ایده آل و ضدایده آل ماتریس تصمیم گیری

ردیف	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
AAI	70	1	1	3	2	2	2	2
A1	130	3	3	5	3	4	3	3
A2	150	2	5	4	4	5	2	3
A3	90	1	4	3	2	4	5	4
A4	85	3	2	3	3	3	5	2
A5	115	1	5	5	2	4	4	4
A6	110	2	2	5	5	2	3	3
A7	125	3	4	4	4	3	5	5
A8	95	3	3	3	5	3	3	4
A9	130	1	1	5	3	4	2	3
A10	70	3	3	4	2	3	2	4
AI	150	3	5	5	5	5	5	5

E_j مقدار آنتروپی برای معیار j ام می باشد. همچنین مقدار ثابت K با استفاده از رابطه (16) محاسبه می شود.

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (16)$$

m تعداد گزینه ها می باشد. در مرحله بعد محاسبه درجه انحراف (d_j) صورت می گیرد. درجه انحراف بیان می کند معیار j ام چه میزان اطلاعات سودمند در اختیار تصمیم گیرنده برای تصمیم گیری قرار می دهد و توسط رابطه (17) محاسبه می شود.

$$d_j = 1 - E_j \quad (17)$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (18)$$

مقدار وزن هر شاخص از فرمول (18) محاسبه می شود. W_j وزن معیار j ام را نشان می دهد.

4- یافته های پژوهش

این پژوهش، بر اساس دیدگاه 30 نفر از کارشناسان و متخصصین مرتبط با پروژه های عمرانی می باشد. که 22 نفر معادل 73 درصد مرد و 8 نفر معادل 27 درصد نیز زن می باشند. از نظر سنی 17 درصد کمتر از 35 سال و 53 درصد در محدوده سنی 35 تا 45 سال هستند و 30 درصد بالای 45 سال نیز سن دارند. از نظر تحصیلات 60 درصد در مقطع کارشناسی ارشد و 40 درصد در مقطع دکتری نیز می باشند. که 18 نفر بیشترین سطح تحصیلات در مقطع کارشناسی ارشد است. مشخصات جمعیت شناختی در این مطالعه در جدول (2) نیز ارائه گردیده است.

جدول 2- توزیع فراوانی و مشخصات جمعیت شناختی

ردیف	مشخصات فردی	فراوانی	درصد فراوانی
1	جنسیت	مرد	22
		زن	8
2	سن	کمتر از 35 سال	5
		35-45 سال	16
		بالای 45 سال	9
3	مقطع تحصیلی	کارشناسی ارشد	18
		دکتری	12

در این مرحله نتایج حاصل از روش ماکوس و آنتروپی شانون مورد بررسی قرار می گیرند. معیارهای مورد استفاده در این پژوهش، منابع مالی (C1) میلیارد ریال، قیمت (C2)، توان اجرایی و تجهیزاتی (C3)، توان فنی و برنامه ریزی (C4)، حسن سابقه

جدول 5- ماتریس نرمال معیارهای انتخاب پیمانکاران

ردیف	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
AAI	0/466	0/333	0/2	0/6	0/4	0/4	0/4	0/4
A1	0/866	1	0/6	1	0/6	0/8	0/6	0/6
A2	1	0/666	1	0/8	0/8	1	0/4	0/6
A3	0/6	0/333	0/8	0/6	0/4	0/8	1	0/8
A4	0/566	1	0/4	0/6	0/6	0/6	1	0/4
A5	0/766	0/333	1	1	0/4	0/8	0/8	0/8
A6	0/733	0/666	0/4	1	1	0/4	0/6	0/6
A7	0/833	1	0/8	0/8	0/8	0/6	1	1
A8	0/633	1	0/6	0/6	1	0/6	0/6	0/8
A9	0/866	0/333	0/2	1	0/6	0/8	0/4	0/6
A10	0/466	1	0/6	0/8	0/4	0/6	0/4	0/8
AI	1	1	1	1	1	1	1	1

معیار مطابق رابطه (18) محاسبه گردیده است که نتایج آن در جدول (6) نشان داده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (6)، مشاهده می گردد معیارهای حسن سابقه و گواهینامه تخصصی به ترتیب با مقادیر 0/1343 و 0/1342 بالاترین وزن و اولویت اول و دوم را به خود اختصاص داده اند. پس از آن توان اجرایی و تجهیزاتی با وزن 0/1333 اولویت سوم را داشته که این خود نشان از اهمیت بالاتر معیارهای حسن سابقه، گواهینامه تخصصی و توان اجرایی و تجهیزاتی جهت انتخاب پیمانکار اصلح را دارد. وزن معیارهای به دست آمده را در ماتریس نرمال نیز ضرب می کنیم. مطابق رابطه (7) ماتریس وزن دار نیز حاصل می گردد. نتایج آن در جدول (7) نیز ارائه گردیده است.

جدول 6- وزن معیارهای به دست آمده از طریق آنتروپی شانون

معیارها	E_j	d_j	W_j
منابع مالی	0/8909	0/1090	0/1163
قیمت	0/8757	0/1242	0/1325
توان اجرایی و تجهیزاتی	0/8749	0/1250	0/1333
توان فنی و برنامه ریزی	0/8938	0/1061	0/1132
حسن سابقه	0/8740	0/1259	0/1343
کارکنان کلیدی پروژه	0/8894	0/1105	0/1179
گواهینامه تخصصی	0/8741	0/1258	0/1342
تجربه	0/8894	0/1105	0/1179

وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون نیز محاسبه می شود. برای به دست آوردن آنتروپی مطابق رابطه (15) و مقدار درجه انحراف با استفاده از رابطه (17) و در نهایت مقدار وزن هر

جدول 7- ماتریس وزن دار

ردیف	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
AAI	0/0543	0/0441	0/0266	0/0679	0/0537	0/0471	0/0536	0/0471
A1	0/1008	0/1325	0/0800	0/1132	0/0806	0/0943	0/0805	0/0707
A2	0/1163	0/0883	0/1139	0/0905	0/1075	0/1179	0/0536	0/0707
A3	0/0698	0/0441	0/1067	0/0679	0/0537	0/0943	0/1342	0/0943
A4	0/0659	0/1325	0/0533	0/0679	0/0806	0/0707	0/1342	0/0471
A5	0/0892	0/0441	0/1333	0/1132	0/0537	0/0943	0/1073	0/0943
A6	0/0853	0/0883	0/0533	0/1132	0/1343	0/0471	0/0805	0/0707
A7	0/0969	0/1325	0/1067	0/0905	0/1075	0/0707	0/1342	0/1179
A8	0/0736	0/1325	0/0800	0/0679	0/1343	0/0707	0/0805	0/0943
A9	0/1008	0/0441	0/0266	0/1132	0/0806	0/0943	0/0536	0/0707
A10	0/0543	0/1325	0/0800	0/0905	0/0537	0/0707	0/0536	0/0943
AI	0/1163	0/1325	0/1333	0/1132	0/1343	0/1179	0/1342	0/1179

ضریب ایده آل (K_i^+) عدد 0/5843 مربوط به (A9) پیمانکار نهم می باشد. مقدار ضریب S_i که از جمع مقادیر هر سطر در ماتریس وزن دار است. مقدار ضریب S_i برای ضدایده آل (AAI)، عدد 0/3948 به دست آمده است. بیشترین مقدار ضریب S_i عدد 0/8572 مربوط به (A7) پیمانکار هفتم می باشد. نتایج آن در جدول (8) ارائه گردیده است.

برای بررسی درجه مطلوبیت گزینه ها در مدل مارکوس مطابق روابط (8) و (9) درجه مطلوبیت ایده آل (K_i^+) و ضدایده آل (K_i^-) گزینه ها نیز محاسبه می گردد. که بیشترین مقدار ضریب ضد ایده آل (K_i^-) عدد 2/1708 و بیشترین مقدار ضریب ایده آل (K_i^+) عدد 0/8572 که مربوط به (A7) پیمانکار هفتم می باشد. کمترین مقدار ضریب ضدایده آل (K_i^-) عدد 1/4797 و کمترین مقدار

جدول 8- محاسبه درجه مطلوبیت ایده آل و ضدایده آل امتیاز نهایی و رتبه بندی پیمانکاران با استفاده از مدل مارکوس

رتبه	$f(K_i)$	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	K_i^+	K_i^-	S_i	گزینه
-	-	-	-	-	-	0/3948	AAI
3	0/6772	0/2830	0/7169	0/7529	1/9067	0/7529	A1
2	0/7002	0/2830	0/7169	0/7785	1/9716	0/7785	A2
7	0/5983	0/2830	0/7169	0/6652	1/6847	0/6652	A3
8	0/5869	0/2830	0/7169	0/6525	1/6526	0/6525	A4
5	0/6564	0/2830	0/7169	0/7298	1/8481	0/7298	A5
6	0/6054	0/2830	0/7169	0/6731	1/7046	0/6731	A6
1	0/7710	0/2830	0/7169	0/8572	2/1708	0/8572	A7
4	0/6604	0/2830	0/7169	0/7342	1/8594	0/7342	A8
10	0/5255	0/2830	0/7169	0/5843	1/4797	0/5843	A9
9	0/5666	0/2830	0/7169	0/6300	1/5954	0/6300	A10
-	-	-	-	-	-	1	AI

می روند. از نظر کارشناسان هر معیار در شرایط گوناگون و پروژه های متفاوت متغیر خواهد بود. نتایج مرحله دوم با توجه به استفاده از روش تصمیم گیری مدل مارکوس در مسأله رتبه بندی پیمانکاران، میحت نسبتاً جدیدی به شمار می رود. در این مدل بیشترین عملکرد مطلوب گزینه دارای بهترین رتبه است.

تعدادی از مطالعات گذشته در زمینه روش های تصمیم گیری با استفاده از تکنیک های مختلف جهت انتخاب تأمین کننده و پیمانکار مناسب یا دیگر طرف قرارداد در پروژه با شرایط مختلف و معیارهای متفاوت پرداخته اند. گروهی دیگر از مطالعات موجود در ادبیات پیشین نیز به مقایسه نتایج روش های تصمیم گیری با یکدیگر پرداخته اند. این در حالی است که فرایند و نتایج این پژوهش متمرکز بر تحلیل روابط و اهمیت معیارها، رتبه بندی و انتخاب پیمانکاران بوده است. در واقع می تواند 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 می تواند درکی روشن تر از معیارها و توانایی های پیمانکاران را ارائه دهند و یاری دهنده سازمان های کارفرما و پیمانکاران در برنامه ریزی های مناسب جهت بهبود این توانایی ها باشند.

با توجه به جدول (8)، عملکرد مطلوبیت ضدایده آل ($f(K_i^-)$) و عملکرد ایده آل ($f(K_i^+)$) مطابق روابط (12) و (13) به ترتیب دارای مقادیر 0/7169 و 0/2830 می باشند. تعیین عملکرد مطلوب گزینه ها، $f(K_i)$ و رتبه بندی نهایی مدل مارکوس با استفاده از رابطه (11) به دست آمده است. گزینه ای بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد. که نتایج رتبه بندی نهایی پیمانکاران نشان می دهد (A7)، (A2)، (A1)، با مقادیر 0/7710، 0/7002، 0/6772 به ترتیب پیمانکار هفتم در رتبه اول و پیمانکار دوم و اول در رتبه های دوم و سوم نیز قرار دارند. (A10) پیمانکار دهم و (A9) پیمانکار نهم با مقادیر 0/5666 و 0/5255 به ترتیب در رتبه های نهم و دهم نیز قرار گرفتند.

5- تجزیه و تحلیل نتایج

در ابتدا با شناسایی و استخراج معیارهای انتخاب پیمانکاران با استفاده از ادبیات و پیشینه پژوهش، از طریق مصاحبه و بهره گیری از نظرات کارشناسان و متخصصان در خصوص مجموعه ای از معیارها به اجماع رسیدیم که این معیارها عبارتند از: منابع مالی، قیمت، توان اجرایی و تجهیزاتی، حسن سابقه، کارکنان کلیدی پروژه، گواهی نامه تخصصی و تجربه می باشند. معیارهای حسن سابقه، گواهی نامه تخصصی و توان اجرایی و تجهیزاتی دارای بیشترین وزن و با اهمیت ترین معیارها به شمار

6- نتیجه گیری

پروژه‌ها و پیمانکاران را سلب می‌کرد؛ دلایلی از قبیل عدم حضور و در دسترس نبودن کارشناسان واجد شرایط برای مصاحبه در زمینه پروژه‌های مشابه، اختلاف میان پیمانکاران از نظر توانایی فنی و عملکردی، عدم آشنایی مدیران با روش‌های جدید تصمیم‌گیری برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران می‌توان اشاره کرد. به‌منظور توسعه پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود وزن معیارها را از سایر روش‌ها محاسبه گردد و از روش‌های تصمیم‌گیری دیگری برای سایر پروژه‌های رتبه‌بندی پیمانکاران استفاده و با مدل مارکوس نیز مقایسه شود.

7- مراجع

- Abbasi A, Abbassian Jahromi H, Norouzian F, "Identify subcontractors selection criteria in construction companies with new approach using Kano model", *Journal of Structural and Construction Engineering*, 2016, 3 (2), 19-29.
- Abimbola H, Afolayana AH, Bolanle A, Ojokoh BA, Adebayo O, Adetunmbi AO, "Performance analysis of fuzzy analytic hierarchy process multi-criteria decision support models for contractor selection", *Journal Scientific African*, 2020, 9, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00471>
- Alptekin O, Alptekin N, "Analysis of criteria influencing contractor selection using topsis method", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017, 245 (6), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/6/062003>
- Cao Q, Esangbedo MO, Bai S, Esangbedo CO, "Grey Swara-Fucom weighting method for contractor selection mcdm problem: a case study of floating solar panel energy system installation", *Energies*, 2019, (13), 1-30. <https://doi.org/10.3390/en12132481>
- Dadashi M, Mohammadi F, "Determining the right contractor for construction projects using the Analysis Hierarchical Process (AHP)", *Journal of Karafan*, Publisher: National University of Skill (NUS), 2019, 16 (1), 93-106. 20.1001.1.23829796.1398.16.45.5.8
- El-Sayegh SM, Basamji M, Haj Ahmad A, Zarif N, "Key contractor selection criteria for green construction projects in the UAE", *International Journal of Construction Management*, 2021, 21 (12), 1240-1250. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1610545>
- Gharedaghi GH, Omidvari M, "Presentation of contractor selection model by means of combined dematel and anp methods and gray relational analysis by safety approach: a case study in oil industry", *Journal: Iran Occupational Health*, 2018, 15 (1), 1-16.
- Hemmasian Etefagh M, "Identifying and evaluating factors affecting contractor selection using a combination of construction management perspectives and multi-criteria decision-making methods", *Journal of System Engineering Productivity*, 2022, 2 (2), 105-121. <https://doi.org/10.22034/SEP.2022.243413>

با توجه به نقش کلیدی و مهم پیمانکاران بر موفقیت پروژه‌ها، در واقع یکی از دغدغه‌های کارفرمایان جهت انتخاب بهترین پیمانکار از میان سایر پیمانکاران دارنده صلاحیت می‌باشد. لذا با توجه به وجود معیارهای مختلف در انتخاب پیمانکاران استفاده از روش‌های سنتی و معمول مؤثر نبوده و نیاز به استفاده از روش‌های جدید تصمیم‌گیری از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند کارگشا باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، ارائه مدل جدید مارکوس برای رتبه‌بندی پیمانکاران می‌باشد. شناسایی معیارهای انتخاب پیمانکاران به‌عنوان مؤثرترین مرحله در انتخاب پیمانکاران است. زیرا می‌تواند نقش حیاتی را در انتخاب بهترین پیمانکار نیز ایفا کند، به‌طوری که عدم شناسایی صحیح این معیارها می‌تواند منجر به انتخاب پیمانکار نامناسب و حتی شکست پروژه شود. لذا باید مدیران پروژه با در نظر گرفتن دیدگاه‌های کارشناسان و متخصصان و استفاده از تجربیات قبلی آن‌ها به این مهم بپردازند. 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. در این پژوهش، ابتدا وزن معیارها با استفاده از روش آنترویی شانون محاسبه گردیده است. معیارهای حسن سابقه، گواهینامه تخصصی و توان اجرایی و تجهیزاتی با وزن‌های 0/1343، 0/1342 و 0/1333 به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. که دارای بیشترین وزن و با اهمیت‌ترین معیارها از نظر کارشناسان، جهت انتخاب پیمانکار برتر را به خود اختصاص داده‌اند. سپس رتبه‌بندی ده پیمانکار برتر پروژه‌های عمرانی زاهدان با استفاده از روش تصمیم‌گیری مارکوس نیز انجام شد. درجه مطلوبیت گزینه‌ها، که بیشترین مقدار ضریب ضدایده‌آل (K_i^-) عدد 2/1708 و بیشترین مقدار ضریب ایده‌آل (K_i^+) عدد 0/8572 که مربوط به پیمانکار هفتم می‌باشد. کمترین مقدار ضریب ضدایده‌آل (K_i^-) عدد 1/4797 و کمترین مقدار ضریب ایده‌آل (K_i^+) عدد 0/5843 مربوط به پیمانکار نهم است. مقدار ضریب S_i برای ضد ایده‌آل (AAI)، عدد 0/3948 به‌دست آمده است. بیشترین مقدار ضریب S_i عدد 0/8572 مربوط به پیمانکار هفتم می‌باشد. نتایج رتبه‌بندی نهایی پیمانکاران نشان می‌دهد پیمانکاری بهترین رتبه را دارد که عملکرد مطلوب آن از همه بیشتر باشد. بنابراین، پیمانکار هفتم با مقدار 0/7710 در رتبه اول نیز قرار دارد و پیمانکار نهم با مقدار 0/5255 رتبه آخر با استفاده از معیارهای شناخته شده را به خود اختصاص داده است.

از مهم‌ترین محدودیت در روند این پژوهش را می‌توان در دریافت داده‌های میدانی بیان کرد که به‌دلایلی امکان بررسی

- 2020,140,106231.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- Taofeeq Moshood D, Adeleke AQ, Nawanir G, Mahmud F, "Ranking of human factors affecting contractors' risk attitudes in the Malaysian construction industry", *Journal Social Sciences and Humanities Open*, 2020, 21-12.
<https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2020.100064>
- Valipour A, Jamali M, "Hybrid Swara-Copras method for construction contractors selection: south zagros company case study", *Journal of Structural and Construction Engineering*, 2021, 8 (1), 251-274.
<https://www.doi.org/10.22065/JSCE.2020.202125.1951>
- Vinokur I, Ponomareva S, "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, 2021.
<https://doi.org/10.1051/shsconf/202111600010>
- Javidi Sabbaghian R, Shamsi GH, Saghi H, "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*, 2022, 51 (105), 11-22.
<https://doi.org/10.22034/JCEE.2020.40796.1953>
- Lashgari Y, "Proposing a hierarchical approach based on fuzzy logic to choose a contractor in the bank", *International Academic Journal of Science and Engineering*, 2017, 4, 28-38.
- Lawshe CH, Harris DH, "The method of reciprocal averages in weighting personnel data", *Educational and Psychological Measurement*, 1958, 18 (2), 331-336.
<https://doi.org/10.1177/001316445801800210>
- Lotfi S, Zanganeh A, "Management of optimal contractor selection in construction projects using anp network analysis", Master's Thesis, Civil Engineering-Construction Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Lam Ali Gorgani Higher Education Institute, 2017, 1-5.
- Marović I, Perić M, Hanak T, "A multi-criteria decision support concept for selecting the optimal contractor", *Applied Sciences*, 2021, 11 (4), 1-17.
- Martin H, Koylass J, Welch F, "An exploration of the consistency limits of the analytical hierarchy process and its impact on contractor selection", *International Journal of Construction Management*, 2018, 18 (1), 14-25.
<https://doi.org/10.3390/app11041660>
- Mokhtar A, Nasiri M, "Analyze the strengths and weaknesses of project contractors evaluation and ranking methodologies over the past decade", 9th International Conference on Industrial Engineering, 2012.
- Nourani V, Najafi H, Sharghi E, Babaeian Amini A, "Multistep modeling of hydroclimatic phenomena using wavelet-neural network seasonal model", *Journal of Structural and Construction Engineering*, 2022, 52 (107), 139-150.
<https://doi.org/10.22034/JCEE.2020.16962.1418>
- Rao MVK, Kumar VSS, Kumar PR, "Optimal Contractor Selection in Construction Industry: The Fuzzy Way", *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 2018, 99 (1), 67-78.
<https://doi.org/10.1007/s40030-018-0271-1>
- Regulations for referring work to contractors, approved by the Council of Ministers on July 24, 2002.
- Soleimani-Damaneh J, Hamidi M, Sajadi N, "Evaluating the Performance of Iranian Football Teams Utilizing Linear Programming", *American Journal of Operation Research*, 2011, 1 (2), 65-72.
<https://doi.org/10.4236/ajor.2011.12010>
- Stević Ž, Pamučar D, Puška A, Chatterjee P, "Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COMpromise solution (MARCOS)", *Computers and Industrial Engineering*,