Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 54(2) (2022) 89-92
DOI: 10.22060/ceej.2021.18845.6977

Successful Tendering in Public Private Partnership, Cost Opportunity Analysis

G. Khazaeni[1]*, A. Khazaeni[2]

[1] Faculty of Technical and Engineering of Islamic Azad University West Tehran branch, Tehran, Iran. (Corresponding Author)
[2] Faculty of Technical and Engineering Department of Islamic Azad University South Tehran branch, Tehran, Iran.

ABSTRACT: Due to inadequate public financial status and increasing demand for infrastructure facilities, many governments worldwide are exploring new arrangements through Public Private Partnerships (PPP). However, PPP approach is not applicable for all projects and investors may pay a lot of time and money for preparation for a tender that may not have adequate return back. Therefore, private investors seek a model to support them in deciding whether the bid or no-bid in a PPP tender. This paper presents a decision support system based on MADM decision-making models to evaluate the Cost Opportunity of tenders. Utilizing the proposed model, private investors can rank the PPP tenders and select the most tender with the least cost opportunity. Applying the proposed model to eleven Iranian PPP project in the field of water and power plant, prove that private investor decides to bid in a tender not only for fiscal attracters of the project, but also they consider how public authority is organized and committed to responsibilities. The public party can improve the success chance of PPP tenders by offering some incentives and advocating de-risking mechanisms.

Review History:

Received: Aug. 09, 2020
Revised: Aug. 18, 2021
Accepted: Aug. 21, 2021
Available Online: Aug, 31, 2021

Keywords:

Infrastructure
PPP projects
BOT contracts
Success Evaluation
MCDM model

1- Introduction

Preparing public-private partnership projects is a time-consuming and costly process [1]. Moreover, to prepare a bid in a public-private partnership tender or negotiation, the investor must design a detailed technical and economic package, consolidate a consortium of financiers, and provide heavy financial guarantees. Therefore, investors must evaluate the cost of the bidding opportunity before participating in an investment tender or entering into exclusive negotiations. Finally, the decision to participate or not to participate in the tender is made based on the evaluation of the opportunity cost.

The purpose of this paper is to provide a quantitative model for predicting the opportunity cost of public-private partnership tenders so that a developer or private investor can decide whether or not to participate in a public-private partnership tender or negotiation. “Opportunity cost” represents the ratio of investor risk to invest time and cost versus the probability of successful bidding and expected return on investment. In this paper, by developing the conceptual framework of successful deal, a quantitative model for estimating the probability of success of public-private partnership projects is presented. The proposed model is developed based on one of the multi-criteria decision-making models, called the technique for order of preference by similarity to ideal solution. This model can determine the opportunity cost of each of the invited tenders and recommend a suitable prioritization between them based on the opportunity cost.

2- Literature review

In recent years, with the widespread acceptance of the public-private partnership approach, a serious issue has arisen between the governments to attract private investors [1]. Hence, the success factors in attracting investors in private partnership projects have been the subject of several research on the different countries [2].

Reviewing previous studies, an urgent need for a quantitative model for evaluation of the success of public private partnership projects is obvious [3]. Accessing a quantitative model that determines the probability of success of tender can assure investors and provide quick guide to public authority whether decide participate in an investment tender or investment negotiation. The development and proper application of such a model can require the waste of limited investment resources to participate in numerous tenders and the loss of other attractive investment opportunities.

In this paper, the ant colony algorithm is used to find the optimization function. The ant colony algorithm is one of the types of heuristic algorithms that can be high in searching

*Corresponding author’s email: khazaeni.ga@wtiau.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

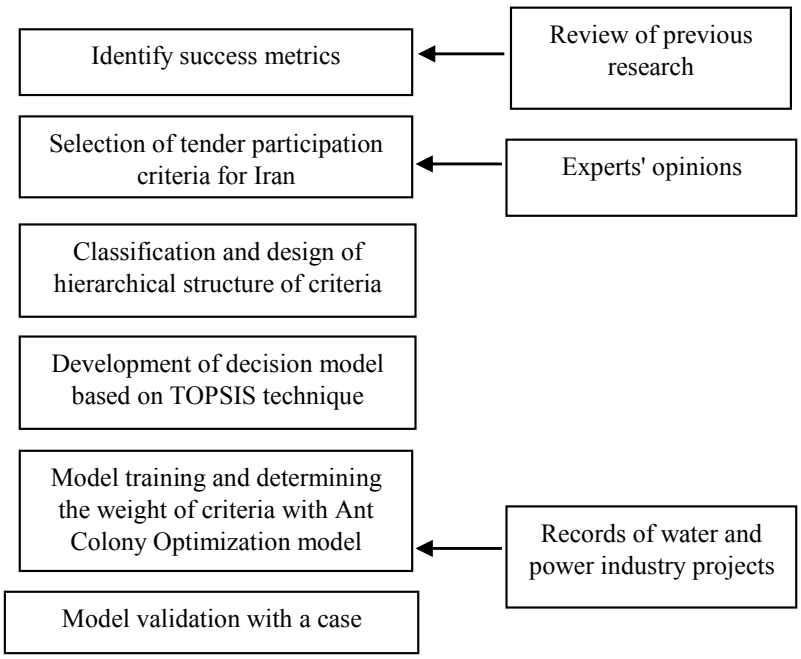


Fig. 1. Flowchart of a proposed model for deciding to participate in a public-private tender

and identifying the optimal position in the space of "discrete" answers [4]. Therefore, this algorithm is appropriate to find the point of deviation in this research, where the decision maker is looking for only appropriate answers (and not necessarily the absolute optimal answer) in a discrete answer space (where the resolution variable and response options are generated discretely). The performance and operation of the ant colony algorithm are introduced in the appendix of the article.

3- Methodology

For the purpose of this study, which is to evaluate the opportunity cost of participating or not participating in the tender, a decision support system based on multi-criteria decision models has been designed. This decision-making system gives the ability to private sector companies to decide whether or not to participate in a tender by modeling the decision-making method of the Delphi technique when assessing the opportunity cost of bidding. For this purpose, the proposed model, by receiving tender data by several qualitative criteria, can advise the decision-maker to participate in the tender or investment negotiation. On the other hand, it is more appropriate to not participate in the tender and Search other opportunities for investment. Figure 1 in the following shows the model development process.

The Delphi method was chosen to collect and converge the opinions of experts for this method, a team of 17 representatives of 12 companies or holding companies active in investing in the field of water and energy industry in the country was formed in absentia. These companies have participated in the largest number of tenders in the field of dams and power plants through public-private partnership in the last 5 years.

4- Identify evaluation criteria

To identify the factors influencing the participation or non-participation of investors in public participation tenders, the key success criteria identified in previous research were provided to the team of experts with their knowledge and experience of private public participation tenders and negotiations, model information. Complete.

To determine the weight of each criterion in the model, the respondents were asked to evaluate the criteria identified in the literature qualitatively and using two criteria: 1- impact on the success of the tender and 2- ease of evaluation during and with the tender budget. To.

The criteria obtained were classified into three groups based on the successful transaction model: 1. The subject of the tender should be attractive; 2. The parties to the transaction are committed to doing so; and 3. The win-win transaction process is designed

Validation of the Model in a case study

To control the performance of the proposed model, this model is used in a case study and its results are analyzed. For this purpose, a power plant project that was recently tendered by the "Iran Water and Power Resources Development"

company to attract investors was selected. The results are compared after applying the corrections in the diagram.

Regarding the output of the model, to improve the tender conditions and attract more investors; Negotiations were held with the owner and some amendments to the tender documents were proposed based on the criteria introduced in the proposed model. The proposed amendments include: granting electricity export licenses, modifying the risk allocation pattern, creating strict conditions for reducing transportation costs, and committing to pay bank interest in the event of late payment of tariffs.

The final score earned after modification can well cover investors, concerns and provide a strong investment opportunity to attract private funding in the market compare to other financial markets.

5- Results and Discussion

Given the high cost of preparation in the public-private partnership method, there is a vital question for investment firms as to whether a particular tender is an attractive opportunity to bid or the high cost of preparation that leads to not taking part in the bidding. Deciding to participate or not to participate in the tender means evaluating the cost of the investment opportunity, which is the main purpose of costly and time-consuming feasibility studies. In this paper, a decision support model is presented that, by evaluating the project success criteria, can calculate the opportunity cost of a public-private tender and help the decision-maker in deciding to participate or not participate in the tender. The proposed model, in the form of a computer program that is developed based on multi-criteria decision models receives the specifications of the tender and finally calculates the opportunity cost of the tender.

The model has an important advantage that it can estimate the opportunity cost of tender before bearing any expense for preparing the bid (which is usually a considerable amount). Lower opportunity costs in a tender show the investor that they will reap more benefits than the risk they take, so it is advisable to bid. Conversely, high opportunity costs mean that the investor has to spend a lot of money, time, or credit in return for the benefits he or she may reap. Therefore, the recommendation of the proposed model is not to participate in the tender in this case, in the negotiation process, the investor can reduce the opportunity cost of the tender by requesting some guarantees and incentives, and even request a review of the plan change in the executive structure, composition of financing, etc. Reduce the cost of bidding opportunities and increase the attractiveness of the project for investment. Using the sensitivity analysis tools provided in this model, it is possible to re-evaluate the opportunity cost of the tender by providing a variety of government incentives or private sector initiatives.

Therefore, this model creates an efficient and flexible tool for decision-makers in cost-effectiveness analysis of various incentives to increase success and thus attract investment. The results of the implementation of the proposed model show that the success of the project can be increased by providing incentives to increase the financial justification of infrastructure projects and embedding mechanisms to reduce risk. This study also shows how public authority is organized and committed to advancing private investment, in addition to the financial attractiveness of the project, plays an effective role in the success of public-private partnership projects and investors' willingness to participate in tenders.

References

[1] B. Li, A. Akintoye, P.J. Edwards, C. Hardcastle, Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry, Construction management and economics, 23(5) (2005) 459-471.

[2] R. Osei-Kyei, A.P. Chan, Review of studies on the Critical Success Factors for Public–Private Partnership (PPP) projects from 1990 to 2013, International journal of project management, 33(6) (2015) 1335-1346.

[3] E. Cheung, A.P. Chan, S. Kajewski, Factors contributing to successful public private partnership projects: Comparing Hong Kong with Australia and the United Kingdom, Journal of Facilities Management, (2012).

[4] G. Khazaeni, M. Khanzadi, A. Afshar, Optimizing risk allocation in construction projects; the ant community optimization algorithm, Sharif Scientific and Research Journal, 229(3) (2013) 61-69.

HOW TO CITE THIS ARTICLE
G. Khazaeni, A. Khazaeni, Successful Tendering in Public Private Partnership, Cost Opportunity Analysis, Amirkabir J. Civil Eng., 54(2) (2022) 89-92.

DOI: 10.22060/ceej.2021.18845.6977

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۲، سال ۱۴۰۱، صفحات ۳۹۵ تا ۴۱۲
DOI: 10.22060/ceej.2021.18845.6977

شرکت یا عدم شرکت در مناقصه، تحلیل هزینه فرصت سرمایه‌گذاری مشارکت عمومی خصوصی

گرشاسب خزائنی*[۱]، علی خزائنی[۲]

۱- دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران
۲- دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

خلاصه: کاهش بودجه عمرانی برای تکمیل طرح‌های نیمه تمام موجب شده است تعداد زیادی از دستگاه‌های دولتی و بخش عمومی علاقه‌مند برای جذب سرمایه‌گذاران خصوصی بوده و فراخوان‌های متعددی برای جذب سرمایه‌گذار به روش مشارکت عمومی خصوصی در کشور برگزار شود. ولی تمامی پروژه‌های تعریف شده برای این روش موفق نبوده و سرمایه‌گذاران خصوصی برای شرکت در مناقصات این نگرانی را دارند که هزینه و زمان صرف شده برای تامین ضمانت نامه‌ها، مذاکرات تامین کنندگان مالی، تهیه طرح‌های توجیهی و .... را متضرر شوند. به همین دلیل سرمایه‌گذاران نیازمند یک مدل برای تصمیم‌گیری برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه هستند. در این مقاله، یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه شده است که با ارزیابی معیارهای موفقیت در یک مناقصه می‌تواند به سرمایه‌گذاران هزینه فرصت هر مناقصه را ارزیابی نماید. نتایج پیاده‌سازی این مدل در ۱۱ پروژه حوزه صنعت آب و نیروگاهی کشور، نشان می‌دهد تصمیم سرمایه‌گذاران برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه علاوه بر جذابیت مالی طرح، به نحوه سازماندهی و سوابق پایبندی تعهدات توسط دستگاه اجرائی وابسته است. همچنان که سرمایه‌پذیران دولتی و عمومی می‌توانند با ارائه مشوق‌های مالی و مکانیسم‌های کاهش ریسک شانس موفقیت طرح را افزایش دهند.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۹
بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۲۸
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹

کلمات کلیدی:
زیرساخت
مشارکت عمومی خصوصی (PPP)
سرمایه‌گذاری
قراردادهای BOT
موفقیت پروژه

۱- مقدمه

امروزه، مشارکت عمومی خصوصی روش غالب در دنیا برای احداث و توسعه زیرساخت‌ها است. دولت می‌تواند با استفاده از روش مشارکت عمومی خصوصی، وظیفه تامین مالی و احداث زیرساخت‌ها را به بخش خصوصی منتقل نماید. و به این وسیله علاوه بر تامین منابع مالی اضافی، ریسک‌های اجرا و بهره‌برداری از زیرساخت‌ها را از دوش خود بر می‌دارد. لذا تمایل زیادی برای جلب مشارکت سرمایه‌گذاران خصوصی داشته و یک رقابت شدید بین کشورها برای جذب سرمایه‌گذاران در جریان است [۱].

دستگاه‌های دولتی با توجه به محدودیت منابع بودجه عمومی، حجم زیادی از پروژه‌های سرمایه‌گذاری برای واگذاری به بخش خصوصی تعریف نموده‌اند به نحوی که دولت در تبصره ۱۹ لایحه بودجه تمرکز اصلی برای تکمیل بیش از ۵۰۰ هزار میلیارد تومان پروژه نیمه تمام را بر دوش روش مشارکت عمومی و خصوصی گذاشته است. لذا سرمایه‌گذاران و پیمانکاران عموماً با لیست بلند بالایی از فراخوان‌های سرمایه‌گذاری مواجه هستند که لزوماً فرصت‌های تجاری مناسب محسوب نمی‌شوند و مجبور هستند که بین آن‌ها دست به انتخاب بزنند. به همین دلیل بیش از هر زمان سرمایه‌گذاران نیازمند رویکردی هستند که بهترین فرصت تجاری را از بین گزینه‌های فراخوان شده انتخاب کنند.

آماده‌سازی پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی، فرآیندی زمانبر و پرهزینه است [۲]. برای این منظور سرمایه‌گذاران اقدام به مطالعات امکان سنجی مفصل و پر هزینه‌ای قبل از شرکت در یک فراخوان پروژه می‌نمایند. روند آماده‌سازی پروژه مشارکت عمومی خصوصی بسیار طولانی و پرهزینه است. برای تهیه یک پیشنهاد در یک فراخوان یا مذاکره مشارکت عمومی خصوصی، سرمایه‌گذار بایست بسته مفصل فنی و اقتصادی را طراحی کند، کنسرسیومی از تامین کنندگان مالی، پیمانکاران، تامین کنندگان را تجمیع کند و ضمانت‌های مالی سنگین فراهم سازد. لذا سرمایه‌گذاران پیش از شرکت در یک فراخوان سرمایه‌گذاری یا ورود در مذاکرات انحصاری، می‌بایست هزینه فرصت مناقصه را ارزیابی نمایند. در نهایت، تصمیم بر

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: khazaeni.ga@wtiau.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

شرکت یا عدم شرکت در مناقصه بر مبنای ارزیابی هزینه فرصت[1] صورت می‌گیرد.

هزینه فرصت نشان دهنده نسبت ریسک سرمایه‌گذار برای صرف زمان و هزینه در مقابل احتمال موفقیت در مناقصه و کسب بازگشت سرمایه مورد انتظار است. هدف این مقاله ارائه یک مدل کمی برای پیش بینی هزینه فرصت فراخوان‌های مشارکت عمومی خصوصی است تا به کمک آن توسعه دهنده یا سرمایه‌گذار خصوصی بتواند تصمیم برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه یا مذاکرات مشارکت عمومی خصوصی بگیرد.

در این مقاله، با توسعه چهارچوب مفهومی معامله موفق، مدلی کمی برای برآورد احتمال موفقیت پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی[2] ارائه گردیده است. مدل پیشنهادی، بر مبنای یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[3]، موسوم به حل بر اساس مشابهات با حل ایده‌آل[4] توسعه داده شده است. این مدل می‌تواند از بین مناقصات فراخوان شده، هزینه فرصت هر یک را تعیین کرده و بین آن‌ها بر اساس هزینه فرصت، اولویت‌بندی مناسبی را توصیه نماید.

۲- مرور ادبیات

در سال‌های اخیر با استقبال فراگیر از رویکرد مشارکت عمومی خصوصی، رقابت جدی بین دولت‌ها برای جذب سرمایه‌گذاران خصوصی ایجاد گردیده است [۳]. به همین دلیل شناسائی فاکتورهای لازم برای جذب سرمایه‌گذار در پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی، موضوع تحقیقات در کشورهای مختلف بوده است [۱]. ازولایک[5] و همکاران [۴] نشان داده‌اند مرحله آماده‌سازی برای مناقصه مشارکت عمومی خصوصی متضمن صرف زمان بسیار طولانی برای مذاکره بر روی مفاد و شرایط قرارداد با کارفرما و مشاوران پروژه می‌باشد. لی[6] و همکاران [۳] مهم‌ترین نکته منفی در قراردادهای مشارکت عمومی خصوصی، صرف زمان زیاد برای تنظیم قرارداد، تاخیرات طولانی در مذاکرات و هزینه بالای مرحله آماده‌سازی است. دلیل آن که آماده‌سازی قراردادهای مشارکت عمومی خصوصی بسیار زمانبر و پرهزینه است این می‌باشد که دولت در طی مذاکرات تلاش دارد با اعطای ضمانت‌ها و مشوق‌ها از سرمایه‌گذار خصوصی حمایت نماید ولی در عین حال نگران است که برای خدمات مشابه دوبار هزینه پرداخت نماید و منافع عمومی را برای حمایت از بخش خصوصی از دست بدهد [۵].

در مقایسه با کشورهای توسعه یافته، غالبا کشورهای در حال توسعه به سختی می‌توانند سرمایه‌گذاران خصوصی را جذب نمایند؛ چرا که در کشورهای در حال توسعه با عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های بیشتری (مانند ریسک تقاضا و ریسک سیاست گذاری) به دلیل شرایط ناپایدار اقتصادی این کشورها مواجه هستند [۶]. به عنوان مثال اوزاکی[7] و چان[8] [۷] نشان داده‌اند که محدودیت بازار مشارکت عمومی خصوصی در کشورهای در حال توسعه موجب شده است که در دهه‌های اخیر تعداد اندکی از سرمایه‌گذاران خصوصی جذب شوند. بنابراین، مطالعه سرمایه‌گذاری خصوصی در کشورهای در حال توسعه از منظر انتقال ریسک تحت محیط حاکمیت مشخص با ارزش خواهد بود، چرا که نشان می‌دهد کدام استراتژی انتقال ریسک و کدام رژیم حاکمیتی می‌تواند برای جذب سرمایه‌گذاری خصوصی به آن کشورها حیاتی باشد [۶].

عموما سرمایه‌گذاران برای تصمیم به شرکت یا عدم شرکت در مناقصه مشارکت عمومی خصوصی، هزینه هر فرصت را ارزیابی می‌نمایند. ولی ارزیابی هزینه فرصت نیازمند معیارهایی است که بر اساس آن‌ها بتوان موفقیت یک معامله را پیش از ورود به آن ارزیابی و تعیین نمود. این معیارها، عوامل بحرانی موفقیت[9] هستند که عدم کنترل آن‌ها در یک پروژه مشارکت عمومی خصوصی شانس موفقیت معامله را کاهش می‌دهد. این مفهوم را تیونگ[10] [۸] این گونه منطبق با پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی تعریف کرده است: "عوامل بحرانی موفقیت خصوصیاتی از مناقصه هستند که اگر به طور مناسب مدیریت شوند تاثیر مهمی در برنده شدن در قراردادهای مشارکت عمومی خصوصی می‌گذارند، و شانس موفقیت سرمایه‌گذاران پروژه را تضمین کند". لیو[11] و همکاران [۹] عوامل موفقیت بحرانی پروژه‌های زیربنایی مشارکت عمومی خصوصی از منظر چشم انداز موفقیت مدیریت پروژه شناسایی و یک چارچوب برای شناسائی عوامل موفقیت در کل چرخه عمر پروژه مشارکت عمومی خصوصی با مکانیسم یاد گیرندگی پیشنهاد کرده‌اند.

شرکت در فراخوان پروژه نامناسب توسط بخش خصوصی، این احتمال را ایجاد می‌کند که آن پروژه به دلیل انجام تعهدات از سوی دولت و بخش

1 Cost Opportunity
2 Public Private Partnership (PPP)
3 MADAM (Multiple Attribute Decision Making)
4 TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)
5 Ezulike
6 Li
7 Osei-Kyei
8 Chan
9 Critical Success Factors (CSF_S)
10 Tiong
11 Liu

عمومی هیچ گاه اجرایی نشده و ظرفیت‌های بخش خصوصی معطل مانده و عملاً فرصت‌های دیگر را از دست بدهد. و یا آن که پروژه اجرایی شود ولی سودآوری مناسب را نداشته و حتی بازگشت اصل سرمایه‌گذاری مورد تهدید قرار بگیرد. لذا هزینه فرصت ایجاد شده در فراخوان بالا ارزیابی می‌شود. شکری[1] و شیلشه[2] [۱۰] معیارهای موثر بر تصمیم‌گیری برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه را در کشور استرالیا شناسائی و رتبه‌بندی کرده‌اند. مزروک[3] و محمد[4] [۱۱] یک مدل مبتنی بر درخت تصمیم فازی برای کمک به پیمانکاران برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه ارائه داده اند. اولتانجو[5] و همکاران [۱۲] عوامل موثر بر تصمیم‌گیری در مورد شرکت یا عدم شرکت در مناقصات پروژه‌های ساختماتی بومی در کشور نیجریه شناسائی کرده‌اند. لین[6] و چن[7] [۱۳] یک روش تصمیم‌گیری برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه به روش فازی ارائه داده اند.

کوئی[8] و همکاران [۱۴] با مطالعه گستره تحقیقات صورت گرفته بر روی مشارکت عمومی خصوصی نشان داده‌اند که یکی از ۶ حوزه حیاتی در تحقیقات، شناسائی عوامل موفقیت این روش در دنیا می‌باشد. اوزایکی[9] و چن[10] [۱] با مطالعه تحقیقات منتشر شده از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ نشان داده‌اند که مهم‌ترین عوامل موفقیت در پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی عبارتند از تخصیص ریسک، تشکسل کنسرسیوم قوی، حمایت سیاسی، پذیرش عمومی از طرح و فرآیند شفاف واگذاری است. چو[11] و پوروماداواهی[12] [۱۵] با مقایسه کشورهای اندونزی، چین، سنگاپور، تایوان و انگلیس، عوامل موفقیت مشارکت عمومی خصوصی در بین کشورها متفاوت بوده و به عوامل فنی و اقتصادی هر کشور وابسته است.

بسیاری از محقان تلاش کرده‌اند که عوامل موفقیت پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی را در کشور خاص یا صنعت خاص شناسائی نمایند از جمله شیلشه[13] و همکاران [۱۶] برای کنیا، بامبوتونده[14] و همکاران [۱۷] برای نیجریه، یانگ[15] و همکاران [۱۸] در چین، هوانگ[16] و همکاران [۱۹] در سنگاپور، محمد[17] و جوهر[18] [۲۰] در مالزی، سهگال[19] در هند و همکاران [۲۱] و نگویان[20] و همکاران [۲۲] در ویتنام می‌توان برشمرد. ولی تمرکز غالب این مطالعات، عموما متمرکز بر تعریف ابعاد موفقیت بوده است و همانطور که جگدوف[21] و مولر[22] [۲۳] نشان داده‌اند، غالب این مطالعات به بررسی‌های مفهومی و مطالعات کیفی محدود شده است.

در جدول ۱ عوامل موفقیت مشارکت عمومی خصوصی معرفی شده در مطالعات قبلی ارائه شده‌اند. مقدار مشخص شده در بالای هر ستون شماره مرجعی است که عوامل را شناسائی و معرفی کرده است:

با مرور مطالعات پیشین، خلا یک مدل کمی برای اندازه‌گیری موفقیت پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی احساس می‌گردد [۳۵]. وجود مدلی کمی که احتمال موفقیت در فراخوان مشارکت عمومی خصوصی مشخص سازد، می‌تواند راهنمایی مطمئن و سریع برای تصمیم‌گیری به منظور شرکت یا عدم شرکت در فراخوان یا مذاکرات جذب سرمایه‌گذار باشد. توسعه و کاربرد صحیح چنین مدلی می‌تواند از هدر رفت منابع محدود سرمایه‌گذار برای شرکت در مناقصات متعدد و از دست دادن دیگر فرصت‌های جذاب سرمایه‌گذاری جلوگیری کند.

در این مقاله برای یافتن تابع بهینه‌یابی، از الگوریتم جامعه مورچگان[23] استفاده شده است. الگوریتم جامعه مورچه‌ها یکی از انواع الگوریتم‌های فراکاوشی است که توانایی بالایی در جستجو و شناسایی نقاط بهینه در فضای جواب‌های "گسسته" دارد [۳۶]. لذا برای یافتن نقاط انحراف در این تحقیق، که تصمیم گیرنده در جستجوی رسیدن به جواب‌های فقط مناسب (و نه لزوما جواب بهینه مطلق) در یک فضای جواب گسسته (که در آن متغیر تصمیم و گزینه‌های جواب به صورت گسسته تولید می‌شوند) می‌باشد، مناسب است. ساختار و نحوه کارکرد الگوریتم جامعه مورچگان در پیوست مقاله معرفی شده است.

1 Shokri-Ghasabeh
2 Chileshe
3 Marzouk
4 Mohamad
5 Olatunji
6 Lin
7 Chen
8 Cui
9 Osei-Kyei
10 Chan
11 Chou
12 Pramudawardhani
13 Chileshe
14 Babatunde

15 Yang
16 Hwang
17 Muhammad
18 Johar
19 Sehgal
20 Nguyen
21 Jugdev
22 Muller
23 Ant Colony Optimization (ACO)

جدول ۱. بررسی مطالعات پیشین برای شناسائی معیارهای موفقیت مشارکت عمومی خصوصی

Table 1. Review of previous studies to identify the success criteria of public-private partnership

	معیار	[۱۶]	[۲۴]	[۲۵]	[۲۶]	[۲۷]	[۲۸]	[۲۹]	[۱۹]	[۳۰]	[۲]	[۳۱]	[۳۲]	[۳۳]	[۱۹]	[۲۱]	[۳۴]	[۱۶]
۱	تخصیص ریسک بر اساس توانائی‌ها	✓				✓			✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
۲	کنسرسیوم قوی دارای ارتباطات سیاسی	✓	✓	✓					✓		✓		✓		✓		✓	✓
۳	شرایط پایدار سیاسی کشور	✓			✓						✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
۴	حمایت عمومی از انجام پروژه	✓									✓			✓	✓	✓	✓	✓
۵	شفافیت فاکتورهای ارزیابی مناقصه	✓			✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
۶	چهارچوب قانونی حمایت کننده از سرمایه‌گذاری خصوصی	✓	✓						✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۷	شرایط اقتصادی پایدار کشور	✓									✓	✓			✓	✓	✓	✓
۸	تعهد قوی دوطرف						✓				✓		✓					✓
۹	شفافیت مسئولیت‌ها دو طرف در روند مدیریت پروژه	✓			✓		✓		✓					✓	✓			✓
۱۰	توان مالی کنسرسیوم			✓			✓									✓		
۱۱	کمبود بودجه عمومی برای انجام پروژه		✓												✓		✓	
۱۲	وجود امکان‌سنجی فنی قابل اعتماد	✓									✓				✓	✓	✓	✓
۱۳	سابقه بخش عمومی در انجام تعهدات				✓	✓	✓									✓	✓	
۱۴	دوره ساخت قابل پیش بینی				✓		✓			✓		✓						
۱۵	حاکمیت خوب و حمایت دولت		✓	✓				✓			✓			✓	✓	✓	✓	✓
۱۶	درآمد پایدار و تقاضای طولانی			✓				✓							✓		✓	
۱۷	تعهد به زمان‌بندی برای رسیدن به توافق			✓												✓		
۱۸	سابقه دستگاه اجرائی در مدیریت طرح‌های عمرانی	✓						✓			✓				✓	✓	✓	✓
۱۹	حجم تعهد مالی	✓									✓	✓						
۲۰	شفافیت درخواست‌ها و انتظارات معقول از بخش خصوصی			✓														✓
۲۱	نظارت مستمر بر ارائه خدمات			✓	✓		✓									✓		
۲۲	تاثیرات زیست محیطی پروژه																✓	
۲۳	توانائی حل اختلاف بین اعضا	✓														✓	✓	
۲۴	دسترسی به بازار تامین مالی ارزان و بلند مدت	✓									✓					✓	✓	✓
۲۵	شرایط زیرساخت‌های موجود														✓			
۲۶	تجربه دستگاه اجرائی از مشارکت عمومی خصوصی															✓		
۲۷	نظام قیمت‌گذاری رقابتی و انعطاف پذیر														✓		✓	
۲۸	قابلیت پیش‌بینی رقابت در مناقصه																✓	

۳- مدل تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس

روش تاپسیس (اولویت‌بندی بر اساس شباهت با حل ایده‌آل)[1] به گروه تکنیک‌های معروف به تصمیم‌گیری چند معیاره[2] تعلق دارد. این تکنیک با تعیین یک نقطه مرجع ایده‌آل و اندازه‌گیری فاصله نقاط با نقطه مرجع؛ نزدیک‌ترین گزینه به نقطه ایده‌آل یا مرجع را به عنوان جواب بهینه مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره تعیین می‌نماید [۳۷].

در روش تاپسیس، برای هر گزینه A_j می‌بایست در یک فضای n بعدی، که نشان دهنده n معیار تصمیم‌گیری است، فاصله تمام گزینه‌ها از حل ایده‌آل سنجیده شود. فاصله یک نقطه در یک فضای n بعدی از یک نقطه مرجع به صورت رابطه (۱) تعریف می‌گردد. که در آن x_{ij} امتیاز ارزیابی گزینه j ام در رابطه با معیار موفقیت i ام باشد.

$$A_j = (x_1, \ldots, x_i, .., x_n)$$

$$d_j^* = \left[\sum_{i=1}^{n}\left(w_i^2\left(x_{ij} - x_i^*\right)^2\right)\right]^{\frac{1}{2}} \quad \begin{matrix} i = 1,2,\ldots n \\ j = 1,2,\ldots,m \end{matrix} \qquad (۱)$$

$$d_j^- = \left[\sum_{i=1}^{n}\left(w_i^2\left(x_{ij} - x_i^-\right)^2\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

که در آن x_{ij} امتیاز ارزیابی گزینه j ام در رابطه با معیار موفقیت i ام باشد. در رابطه (۱)، d_j فاصله گزینه مورد بررسی از یک نقطه مرجع (مانند ایده‌آل یا ضد ایده‌آل) می‌باشد. x_i^* امتیاز معیار مورد نظر در گزینه ایده‌آل (A^*) است که در تمامی معیارها بالاترین امتیاز ممکن را کسب کرده و شانس موفقیت آن در مناقصه صد می‌باشد. همچنین x_i^- امتیاز معیار مورد نظر در گزینه ضد ایده‌آل (A^-) است که در تمامی معیارها کمترین امتیاز ممکن را کسب کرده و شانس موفقیت آن در مناقصه صفر می‌باشد.

در رابطه (۱)، w_i بیانگر وزن هر کدام از ابعاد در فضای n بعدی می‌باشد که با بردار (۲) نمایش داده می‌شود.

$$w = (w_1, \ldots, w_i, \ldots, w_n) \qquad (۲)$$

برای امکان مقایسه امتیاز هر معیار با مقیاسی یکسان، ماتریس تصمیم مربوط به هر گزینه از فرمول (۳)، بی بعد می‌گردد. در این رابطه، r_{ij} برابر با امتیاز بی مقیاس شده x_{ij} است.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \max x_{ij}} \qquad (۳)$$

بردار وزن در ماتریس تصمیم بی مقیاس شده ضرب می‌شود تا ماتریس بی‌مقیاس شده وزن‌دار از رابطه (۴) در زیر به دست آید. در این رابطه، v_{ij} امتیاز موزون مربوط به معیار j ام است:

$$v_{ij} = w_i . r_{ij}$$
$$v_j = (v_1, \ldots, v_i, .., v_n) \qquad (۴)$$

جواب ایده‌آل (A^*) و جواب ضدایده‌آل (A^-) با رابطه (۵) نشان داده می‌شوند:

$$A^* = \{\max v_i \,|\, i \in I\}$$
$$A^- = \{\min v_i \,|\, i \in I\} \qquad (۵)$$

اگر فاصله از جواب ایده‌آل یا S^*_j و از جواب ضد ایده‌آل با S^-_j نشان داده شود آن گاه از رابطه (۶) در زیر می‌توان حساب کرد:

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(v_{ij} - v_i^-\right)^2} \quad i = 1,2,\ldots,n$$
$$S_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(v_{ij} - v_i^*\right)^2} \qquad (۶)$$

در نهایت معیار نهایی جهت رتبه‌بندی گزینه‌ها، از رابطه (۷) به دست می‌آید:

$$C_j = \left(\frac{S_j^*}{S_j^* + S_j^-}\right) \times 100 \qquad (۷)$$

1 TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)
2 MADM (Multiple Attribute Decision Making)

شکل ۱. فلوچارت مدل پیشنهادی برای تصمیم‌گیری شرکت در مناقصه مشارکت عمومی خصوصی

Fig. 1. Flowchart of a proposed model for deciding to participate in a public-private partnership tender

۴- مدل پیشنهادی برای شرکت یا عدم شرکت در فراخوان سرمایه‌گذاری

برای هدف این مطالعه که ارزیابی هزینه فرصت شرکت یا عدم شرکت در مناقصه است، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بر مبنای مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره طراحی شده است. این سیستم تصمیم‌گیری این قابلیت را دارد که با مدل‌سازی روش تصمیم‌گیری خبرگان در زمان ارزیابی هزینه فرصت مناقصه، شرکت‌های بخش خصوصی را برای تصمیم‌گیری در مورد شرکت یا عدم شرکت در مناقصه پشتیبانی نماید.

برای این منظور، مدل پیشنهادی با دریافت اطلاعات مناقصه بر روی چند معیار کیفی، می‌تواند به تصمیم گیرنده توصیه نماید که در مناقصه یا مذاکره سرمایه‌گذاری شرکت نماید یا مناسب‌تر است با عدم شرکت در فراخوان مزبور، فرصت‌های دیگر را برای سرمایه‌گذاری جستجو نماید. شکل ۱ در ادامه، فرآیند توسعه مدل را نمایش می‌دهد.

برای جمع‌آوری و همگرایی نظر خبرگان، روش دلفی[1] انتخاب شد. برای این روش تیمی ۱۷ نفره از نمایندگان ۱۲ شرکت یا هلدینگ فعال در سرمایه‌گذاری حوزه صنعت آب و نیرو در کشور به صورت غیرحضوری تشکیل شد. شرکت‌های مزبور، در بیشترین تعداد مناقصات حوزه سد و نیروگاه به روش مشارکت عمومی خصوصی در ۵ سال اخیر شرکت کرده بودند. مشخصات خبرگان به صورت فردی در جدول ۲ آمده است.

در روش دلفی، امتیازات به صورت غیرحضوری از افراد دریافت می‌گردید و پس از تحلیل نتایج و تعیین انحراف پاسخ هر یک از خبرگان نسبت به میانگین نظرات اعضا، موارد به ایشان عودت داده می‌شد. لذا افراد می‌توانستند از نظرات دیگر افراد تیم مطلع شده و نظرات خود را برای رسیدن به دقت بالاتر و همگرایی نتایج تصحیح کنند. این کار تا زمان دست‌یابی به همگرایی در تمامی معیارها، ادامه می‌یافت. به منظور رسیدن به همگرائی بین خبرگان، در چهار دور نظرات تیم دلفی جمع‌آوری و بازخورد نتایج به افراد عودت داده شد تا در نهایت همگرائی نتایج ممکن گردید.

۴- ۱- شناسایی معیارهای ارزیابی

برای شناسائی فاکتورهای موثر در شرکت یا عدم شرکت سرمایه‌گذاران

1 Delphi

جدول ۲. مشخصات اعضای تیم متخصصان دلفی

Table 2. Profile of Delphi specialists team

	مشاور	پیمانکار
تعداد (شرکت)	۲	۱۰
متوسط سابقه شرکت (سال)	۲۶	۱۶
تجربه از مشارکت عمومی خصوصی (تعداد پروژه)	۶/۸	۳/۹

جدول ۳. الگوی کمی‌سازی به ارزیابی کیفی خبرگان

Table 3. Quantification model to qualitative evaluation of experts

اهمیت / سهولت ارزیابی	فاقد تاثیر	قابل صرف نظر	اهمیت پائین	اهمیت بالا	شرط موفقیت
غیرممکن	۱	۱	۲	۲	۳
پرهزینه و زمان‌بر	۱	۲	۳	۳	۴
نیازمند زمان بیش از مهلت مناقصه	۲	۳	۳	۴	۵
با صرف هزینه و زمان قابل قبول	۲	۳	۴	۵	۵
با سهولت و بدون هزینه	۳	۳	۴	۵	۵

در مناقصات مشارکت عمومی، معیارهای کلیدی موفقیت[1] شناسائی شده در دیگر تحقیقات (جدول ۱) در اختیار تیم خبرگان قرار گرفت تا با دانش و تجربه خود از مناقصات و مذاکرات مشارکت عمومی خصوصی، اطلاعات مدل را تکمیل نمایند. همچنین از خبرگان خواسته شد که بر اساس تجربیات پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی در ایران، در صورت نیاز عناوین شناسائی شده در دیگر کشورها (جدول ۱) را اصلاح یا تکمیل نمایند.

برای تعیین وزن هر معیار در مدل از پاسخ دهندگان خواسته شد که معیارهای شناسائی شده در ادبیات را به صورت کیفی و با استفاده از دو معیار ۱- میزان تاثیرگذاری در موفقیت در مناقصه و ۲- سهولت ارزیابی در مدت و با بودجه مناقصه ارزیابی نمایند. پاسخ‌دهندگان می‌بایست برای هر معیار در دو شاخص ذکر شده امتیاز ۱ تا ۵ را وارد می‌کردند. سپس معیارهای شناسائی شده در جدول ۲، بر اساس الگوی امتیازدهی ارائه شده در جدول ۳ رتبه‌بندی و امتیازدهی شدند.

معیارهائی که در جدول ۳، امتیاز بیش از سه دریافت کرده‌اند، به عنوان معیارهای موفقیت در جدول ۴ ارائه شده‌اند. معیارهای به دست آمده بر اساس الگوی معامله موفق در سه گروه دسته‌بندی گردید: ۱-موضوع مناقصه جذاب باشد؛ ۲-طرفین معامله برای به انجام رساندن آن متعهد باشند؛ و ۳-فرآیند معامله برد-برد طراحی شده باشد. نتایج جمع‌بندی معیارهای ارزیابی در جدول شماره ۳ در زیر ارائه شده است:

۴- ۲- توسعه مدل ارزیابی

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری پیشنهادی در این مقاله، بر مبنای روش تاپسیس (اولویت‌بندی بر اساس شباهت با حل ایده‌آل)[2] ساختار یافته است. ورودی مدل پیشنهادی، ارزیابی هر یک از معیارهای موفقیت مناقصه است

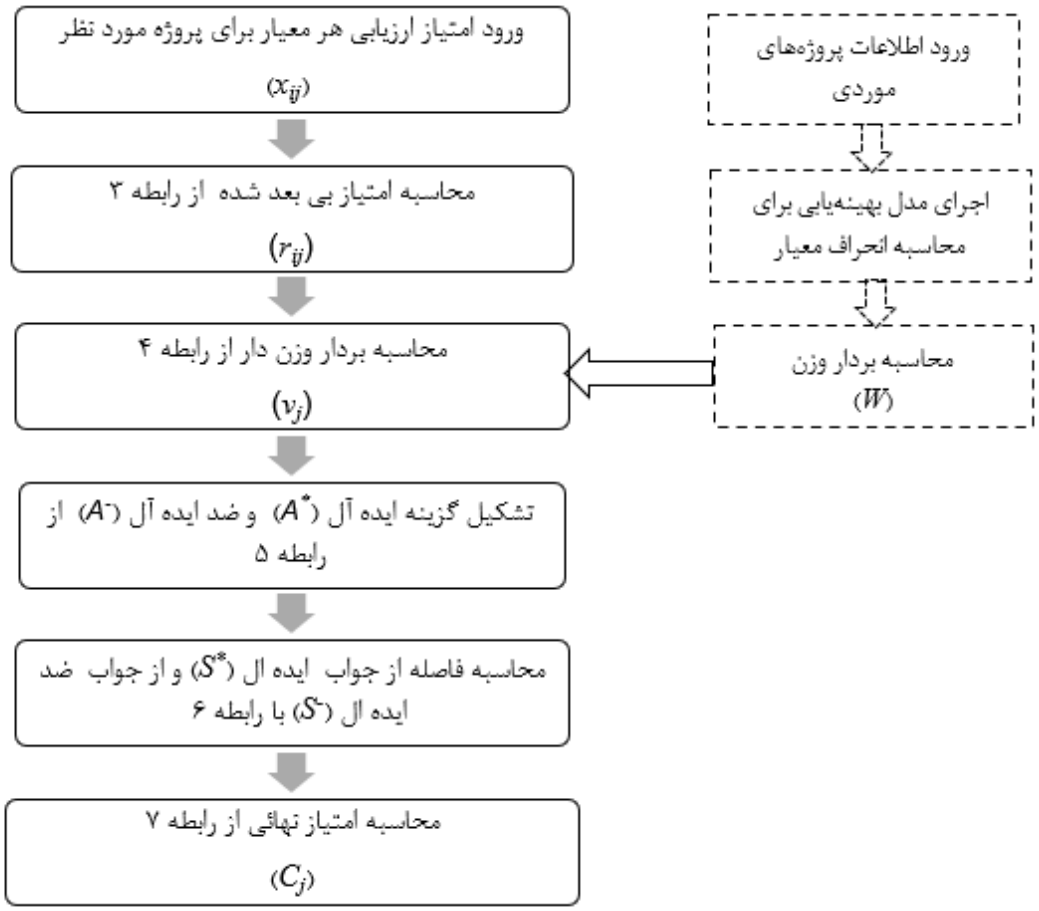
1 Critical Success Factors (CSFs)

2 TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

جدول ۴. معیارهای موفقیت پیشنهادی برای ارزیابی مناقصات در ایران

Table 4. Proposed success criteria for evaluating tenders in Iran

دسته	ردیف	معیارهای موفقیت	مصادیق برای ارزیابی معیار
موضوع معامله	۱	فرصت تجاری پایدار	کمبود بودجه بخش عمومی برای انجام پروژه نظام قیمت‌گذاری رقابتی و انعطاف‌پذیر درآمد پایدار و وجود تقاضای طولانی مدت
	۲	جذابیت مالی	نرخ بازگشت سرمایه مطلوب حجم تعهد تامین مالی طرح توجیه مالی و اقتصادی واقع بینانه
	۳	راه حل فنی امکان پذیر	دوره ساخت کوتاه مدت وجود امکان سنجی فنی قابل اعتماد
طرفین تعهد	۴	کنسرسیوم توانمند	توان مالی کنسرسیوم همکاران محلی دارای ارتباطات سیاسی توانایی حل اختلاف منافع بین اعضا
	۵	دستگاه اجرائی با تجربه و حامی	سابقه دستگاه اجرایی در مدیریت پروژه‌های عمرانی شناخت و تجربه دستگاه اجرائی از مشارکت عمومی خصوصی شفافیت درخواست‌ها و انتظار معقول از بخش خصوصی
	۶	قابلیت اعتماد به تعهدات	مرجع داوری مستقل چهارچوب قانونی حمایت کننده از سرمایه‌گذاری خصوصی حمایت عمومی و سیاسی از انجام پروژه
فرآیند معامله	۷	رویکرد برد- برد مناقصه	تخصیص ریسک‌ها بر اساس توانائی طرفین شفافیت مسئولیت‌های دو طرف در روند مدیریت پروژه
	۸	روند واگذاری رقابتی	قابلیت پیش بینی رقابت در مناقصه تعهد به زمان‌بندی برای رسیدن به توافق شفافیت فاکتورهای ارزیابی
	۹	بازار زیرساخت بلوغ یافته	امکان تأمین مالی ارزان و بلند مدت سابقه دستگاه اجرائی در پرداخت مطالبات بخش خصوصی



شکل ۲. فلوچارت محاسباتی به کار رفته در مدل پیشنهادی

Fig. 2. Computational flowchart used in the proposed model

که توسط سرمایه‌گذار (تصمیم گیرنده) صورت می‌گیرد. و خروجی مدل پیشنهادی، هزینه فرصت مناقصه (C_j) حاصل از روابط (۱) تا (۷) است.

برای اندازه‌گیری هزینه فرصت، با الگو برداری از روش تاپسیس، فاصله غیرخطی مناقصه مورد نظر را بر روی معیارهای موفقیت (جدول ۳) نسبت به مناقصه‌ای که شانس موفقیت آن ۱۰۰ درصد است (جواب ایده‌آل) اندازه می‌گیرد. جواب ایده‌آل، مناقصه‌ای است که تمامی عوامل موفقیت در آن لحاظ شده است؛ لذا در برابر تمامی معیارهای مدل مقدار یک را دریافت می‌کند. و در مقابل، حل ضد ایده‌آل که نزدیکی به آن نشان دهنده بیشترین هزینه فرصت است، نقطه مرجع منفی مدل است که در تمامی سنجه‌های نمره صفر گرفته است؛ یا به عبارت دیگر مناقصه‌ای است که هیچ یک از معیارهای موفقیت مهیا نگردیده‌اند.

با مراجعه به روابط (۱) تا (۷)؛ در مدل پیشنهادی x_{ij} امتیاز ارزیابی گزینه j ام در رابطه با معیار موفقیت i ام و w_i بیانگر وزن هر کدام از ابعاد در فضای n بعدی می‌باشد. امتیاز وارد شده برای هر معیار موفقیت، بر اساس طیف لیکرت اعدادی بین ۱ تا ۵ می‌باشد. شکل ۲ در ادامه مراحل محاسباتی این مدل را در قالب یک فلوچارت نمایش می‌دهد:

برای تعیین بردار وزن معیارها (w_i)، مدل پیشنهادی با استفاده از اطلاعات پروژه‌های واقعی آموزش داده شده است. تا اطمینان حاصل شود که مدل تصمیم‌گیری پیشنهادی با داده‌های واقعی و شرایط کشور ایران منطبق می‌باشد. برای این منظور خروجی مدل پیشنهادی با نتایج ارزیابی خبرگان بر روی ۱۰ پروژه مشارکت عمومی خصوصی در حوزه صنعت آب و نیرو کشور ایران مقایسه گردیده و میزان انحراف نتایج اندازه‌گیری شده است.

جدول ۵. ارزیابی خبرگان از مناقصات مربوط به پروژه‌های موردی صنعت آب و نیرو در ایران

Table 5. Expert evaluation of tenders related to case projects of water and power industry in Iran

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
تصمیم به شرکت (تعداد پاسخ دهندگان)	۱۴	۱۷	۱۲	۲۰	۸	۱۳	۱۰	۸	۱۶	۲۲
تصمیم عدم شرکت (تعداد پاسخ دهندگان)	۷	۷	۱۲	۴	۱۶	۱۱	۱۴	۱۲	۸	۲
هزینه فرصت (میانگین امتیاز خبرگان)	۶۷٪	۷۴٪	۴۷٪	۸۳٪	۳۱٪	۵۵٪	۴۰٪	۳۳٪	۵۶٪	۸۶٪

بردار وزن معیارها، بایست به نحوی تعیین شود که کمترین انحراف را بین نتایج مدل و ارزیابی خبرگان داشته باشد. برای این هدف، تابع بهینه‌سازی (۸) برای تعیین وزن معیارها توسعه داده شده است. در این رابطه C_j برابر با هزینه تصمیم بر روی معیار j ام که از رابطه ۸ به دست می‌آید.

$$f(w_i) = \min \bar{\Delta} = \min \sum (C_j^2 - C_0^2)^{1/2} \quad (۸)$$

برای یافتن پاسخ بهینه تابع هدف، از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان[1] ارائه شده توسط خزائی و همکاران [۳۶] کمک گرفته شد. الگوریتم طراحی شده در نرم افزار متلب، به صورت تصادفی[2] به جستجوی حالت بهینه‌ای می‌گردد که کمترین انحراف را داشته و در نتیجه خروجی مدل بیشترین انطباق را با ارزیابی خبرگان داشته باشد این روند به تعدادی تکرار می‌گردد که بهبود بیشتری حاصل نشده و به یک نقطه بهینه در تابع هدف رسیده شد.

در نهایت امتیاز هزینه فرصت بر اساس روابط (۱) تا (۷) تعیین و در قالب پارامتر تصمیم C_j تعیین می‌گردد. بدین ترتیب C_j که در قالب درصد گزارش می‌شود، مقدار هزینه فرصت محاسبه شده توسط مدل است. مقدار C_j بالاتر از ۶۰ درصد هزینه فرصت کم و در نتیجه الویت بیشتر برای شرکت در مناقصه می‌باشد. در مقابل مناقصات با امتیاز پائین‌تر از ۶۰ درصد دارای هزینه بالاتر نسبت به فرصت ایجاد شده و توصیه به عدم شرکت در مناقصه است.

۴- ۳- ورود اطلاعات پروژه‌ها و آموزش مدل

برای تعیین وزن معیارها و آموزش مدل پیشنهادی، سوابق پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی در حوزه آب و نیرو که در سال‌های اخیر به مناقصه رفته‌اند استفاده شده است. اطلاعات این پروژه‌ها در جدول پیوست ارائه شده است.

از اعضای تیم دلفی خواسته شد که به عنوان سرمایه‌گذاران فعال در حوزه صنعت آب و نیروگاهی، پاسخ دهند که ۱- آیا تمایل به شرکت یا عدم شرکت در مناقصه هستند؟ و نیز ۲- امتیاز هزینه فرصت هر مناقصه را برآورد نمایند. نتایج نظرخواهی خبرگان به روش دلفی، در جدول ۵ ارائه شده است:

همچنین از خبرگان خواسته شد که امتیاز هر معیار موفقیت جدول ۴ را برای پروژه‌های مورد بررسی، ارزیابی و ارائه نمایند. جمع بندی نظرات خبرگان به روش دلفی، در جدول ۶ ارائه شده است:

مقادیر جدول ۶ در مدل بهینه‌یابی قرار داده شدند، تا وزن معیارها منطبق با اطلاعات پروژه‌های مبنای اموزش مدل، به دست آیند. مدل بهینه‌یابی کمترین انحراف ممکن (۶/۳۵ درصد انحراف بین نتایج مدل و ارزیابی خبرگان در تنها یک پروژه) محاسبه کرده است و مقادیر اوزان هر یک از معیارها به تفکیک در جدول ۷ ارائه نموده است:

مقایسه نتایج به وضوح نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی با استفاده از

1 [10] Ant Colony Optimization
2 Meta-Heuristic

جدول ۶. نتایج ارزیابی معیارها برای پروژه‌های موردی

Table 6. Criteria evaluation results for case projects

	معیار	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
x_1	فرصت تجاری پایدار	۶۶	۷۶	۷۶	۷۲	۵۱	۶۲	۶۲	۷۷	۶۲	۶۲
x_2	جذابیت مالی	۴۵	۵۲	۵۲	۶۵	۶۷	۶۷	۷۰	۹۵	۷۰	۷۰
x_3	راه حل فنی امکان پذیر	۵۲	۷۵	۷۵	۷۵	۵۲	۵۲	۷۵	۸۰	۶۵	۶۵
x_4	کنسرسیوم توانمند	۸۳	۷۶	۷۵	۷۵	۸۳	۸۳	۶۲	۴۵	۴۵	۷۵
x_5	دستگاه اجرائی با تجربه و حامی	۶۷	۶۵	۶۷	۶۵	۳۴	۵۲	۸۳	۳۴	۶۲	۶۲
x_6	قابلیت اعتماد به تعهدات	۵۲	۵۲	۵۲	۶۲	۷۵	۷۵	۷۵	۴۵	۶۷	۶۷
x_7	رویکرد برد- برد	۸۳	۸۳	۶۵	۶۵	۴۵	۷۵	۶۲	۴۵	۶۲	۷۵
x_8	روند واگذاری رقابتی	۷۵	۶۲	۶۷	۶۷	۳۴	۳۴	۷۵	۵۲	۸۳	۷۵
x_9	بازار بلوغ یافته	۶۷	۵۲	۵۲	۶۲	۶۷	۶۷	۶۷	۵۲	۶۷	۶۷

جدول ۷. وزن بهینه یابی شده برای معیارهای موفقیت

Table 7. Optimized weight for success metrics

	معیار	وزن معیار
x_1	فرصت تجاری پایدار	۱۲٪
x_2	جذابیت مالی	۱۸٪
x_3	راه حل فنی امکان پذیر	۱۱٪
x_4	کنسرسیوم توانمند	۵٪
x_5	دستگاه اجرائی با تجربه و حامی	۹٪
x_6	قابلیت اعتماد به تعهدات	۱۵٪
x_7	رویکرد برد- برد	۱۲٪
x_8	شفافیت روند واگذاری	۱۰٪
x_9	بازار بلوغ یافته	۸٪

۹ معیار معرفی شده، توانسته است انطباق قابل قبولی در ارزیابی موفقیت پروژه‌ها داشته باشد. شانس موفقیت پروژه‌های P_4 و P_{10} بالاترین میزان برآورد شده است که این نتیجه با واقعیت نیز انطباق داشته است. در پروژه P_{10}، تعداد متقاضیان شرکت در مناقصه ۱۷ شرکت بوده است و مناقصه در زمان قابل قبولی منجر به عقد قرارداد و شروع عملیات ساخت گردیده است. در این پروژه به دلیل حمایت عمومی و سیاسی از پروژه و ارائه یک طرح جذاب مالی که شامل نرخ بازگشت سرمایه[1] بالاتر از پروژه‌ها مشابه و وام از محل صندوق توسعه می‌شد، از نظر سرمایه گذاران متقاضی، ریسک پائینی برای سرمایه‌گذاری داشته است. همچنان که وجود مطالعات تفصیلی مناسب که توسط یک شرکت مهندسین مشاور معتبر تصویب شده است و نیز پذیرش مسئولیت‌های کارفرمائی برای رفع معارضان و ارائه ضمانت خرید تضمینی آب، این پروژه را امکان‌پذیر نموده است.

در مقابل در پروژه‌های P_5 و P_8 به دلیل عدم ایفای نقش مناسب از سوی دولت به عنوان حامی سرمایه‌گذاری و عدم پذیرش مسولیت ریسک‌هایی که دولت می‌بایست می‌پذیرفت موجب گردیده است که شانس موفقیت این پروژه‌ها به شدت کاهش یابد. در پروژه P_4 علیرغم آن که دولت مسئولیت درصد بالائی از تامین مالی پروژه را با ارائه شرط پیش خرید محصول پروژه پذیرفته بود، ولی به دلیل روند ناشفاف و غیر رقابتی مناقصه و سابقه پائین دستگاه اجرائی در پایبندی به تعهدات نمره پائینی دریافت کرده است. اسناد مناقصه به نحوی طراحی شده است که معیارها بیشتر برای انتخاب پیمانکار به روش طرح و ساخت انطباق داشته‌اند. همچنان که سابقه خلع ید سرمایه‌گذار قبلی و عدم توانائی کارفرما در رفع معارضین پروژه، تردیدهای جدی برای متقاضیان در مورد امکان‌پذیر بودن پروژه ایجاد نموده بود. تحلیل سرمایه‌گذاران در این پروژه آن بود که روند مناقصه شفافیت کافی را نداشته و به دلیل شرایط اجرائی خاص منطقه، رقابت بین تعداد زیاد پیمانکاران محلی خواهد بود، لذا تمایل پائینی برای شرکت در مناقصه داشته‌اند. نتایج مدل پیشنهادی برای پروژه P_4 به خوبی این ملاحظات را نشان داده و با امتیاز کمتر از ۵۰ درصد، توصیه به عدم شرکت در مناقصه می‌نماید.

در پروژه P_1 علیرغم اسناد فنی و فرآیند مناقصه که به خوبی تدوین و اجرا شده است ولی سرمایه‌گذاران نگرانی‌های جدی در بازگشت سرمایه به دلیل تغییرات نرخ خرید تضمینی برق داشته‌اند. حجم بالای سرمایه‌گذاری درخواستی و مدت زمان طولانی دوره ساخت، ریسک‌های سرمایه‌گذاری را بالا می‌برد به نحوی که تامین مالی پروژه را صرفا با منابع داخلی ناممکن می‌کرد. نمره متوسط محاسبه شده در مدل پیشنهادی برای این پروژه، نشان دهنده جذابیت مناقصه و تمایل سرمایه‌گذاران برای مشارکت در پروژه است؛ به شرط آن که دستگاه اجرائی بتواند با ارائه تسهیلات مالی به جریان بازگشت سرمایه پروژه کمک نماید.

۵- مطالعه موردی و تحلیل مدل پیشنهادی

برای کنترل عملکرد مدل پیشنهادی، این مدل در یک پروژه موردی به کارگیری و نتایج آن تحلیل شده است. برای این منظور پروژه نیروگاه "ارس قره چیلر" که به تازگی توسط شرکت "توسعه منابع آب و نیروی ایران" برای جذب سرمایه‌گذار به مناقصه رفته است انتخاب گردید.

این طرح در استان آذربایجان شرقی و بر روی رودخانه مرزی ارس واقع و دارای بند تنظیمی به ارتفاع حدود ۸ متر، تونل آب‌بر به طول حدود ۱۸ کیلومتر و نیروگاه نیمه مدفون با ظرفیت نصب دو واحد نیروگاهی ۵۰ مگاوات با تولید انرژی سالیانه ۷۹۵ گیگاوات ساعت انرژی می‌باشد. هدف این طرح، استفاده از پتانسیل رودخانه ارس در مرز مشترک ایران و ارمنستان برای تولید انرژی الکتریکی است. میزان آب عبوری رودخانه ارس در این محدوده حدود ۴/۵ میلیارد مترمکعب در سال بوده و مقرر است دو طرح تقریبا مشابه در هر یک از این کشورها برای استفاده از این پتانسیل احداث شود. طرح نیروگاه برق آبی در سمت ایران قره چیلر و طرح سمت ارمنستان مگری نامیده می‌شوند.

فراخوان مناقصه این طرح در تیر ماه ۱۳۹۹ با روش ساخت، بهره‌برداری و واگذاری[2]، توسط شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران (وزارت نیرو) در چارچوب موافقت نامه مشارکت عمومی- خصوصی با استفاده از تسهیلات تبصره ۱۹ قانون بودجه سنواتی به سرمایه‌گذار بخش غیردولتی واگذار گردد. زمان احداث ۵ سال و دوره بهره‌برداری آن ۲۰ سال در نظر گرفته شده است. خرید تضمینی برق در طول مدت بهره‌برداری تضمین شده است، ۱۰ سال نخست با نرخ وزارت نیرو و ۱۰ سال بعد از آن طبق قیمت بازار برق. دستگاه مجری طرح، تمامی مجوزهای لازم از جمله مجوزهای زیست محیطی، سرمایه‌گذاری و کمک‌های اقتصادی، میراث فرهنگی و گردشگری، تاییدیه پروژه تحت مکانیسم توسعه پاک[3]، پدافند غیرعامل و نیز مجوز تخصیص و گذر آب اخذ گردیده است.

1 Internal Rate of Return (IRR)

نرخ بازگشت سرمایه، نشان دهنده بازده پروژه سرمایه‌گذاری بوده و به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در اسناد مناقصه مشارکت عمومی خصوصی ذکر می‌گردد.

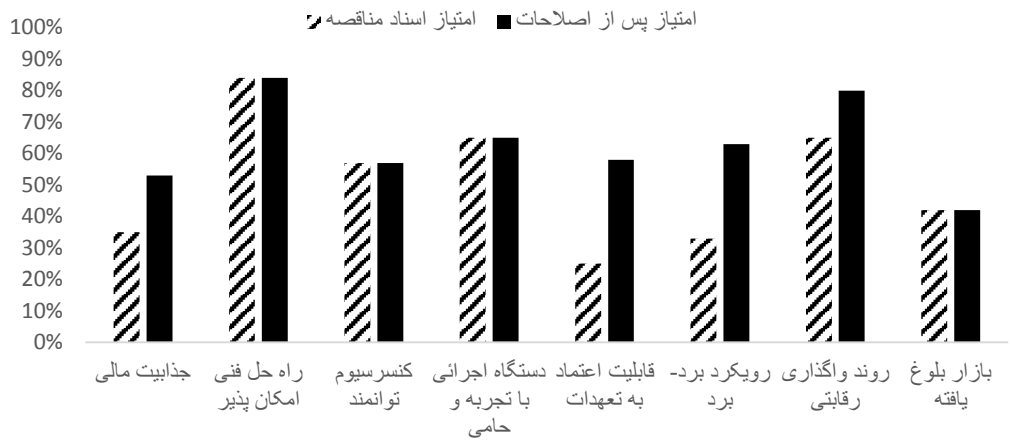
2 Build Operate Transfer (BOT)

3 Clean Development Mechanism (CDM)

جدول ۸. امتیاز هزینه فرصت برای پروژه P_{11} خروجی مدل پیشنهادی

Table 7. Opportunity cost score for the project P11 output of the proposed model

	معیار	امتیاز اسناد مناقصه	امتیاز پس از اصلاحات
x_1	فرصت تجاری پایدار	۵۲٪	۵۲٪
x_2	جذابیت مالی	۳۵٪	۵۳٪
x_3	راه حل فنی امکان پذیر	۸۴٪	۸۴٪
x_4	کنسرسیوم توانمند	۵۷٪	۵۷٪
x_5	دستگاه اجرائی با تجربه و حامی	۶۵٪	۶۵٪
x_6	قابلیت اعتماد به تعهدات	۲۵٪	۵۸٪
x_7	رویکرد برد- برد	۳۳٪	۶۳٪
x_8	روند واگذاری رقابتی	۶۵٪	۸۰٪
x_9	بازار بلوغ یافته	۴۲٪	۴۲٪
	امتیاز هزینه فرصت	**۶۱٪**	**۷۴٪**



شکل ۳. نمودار امتیاز هزینه فرصت برای پروژه P_{11} خروجی مدل پیشنهادی

Fig. 3. Opportunity cost score chart for project P11 output of the proposed model

نتایج ارزیابی تیم خبرگان دلفی، در ارزیابی این پروژه در جدول ۸ ارائه شده است. مدل پیشنهادی امتیاز هزینه فرصت این طرح را بر اساس بردار وزن ارائه شده در جدول ۷، محاسبه کرده است.

نتایج جدول نشان می‌دهد که از دیدگاه سرمایه‌گذاران فعال در حوزه صنعت نیروگاهی، تجربه دستگاه مجری پس از ۴ مناقصه مشارکت عمومی افزایش یافته است. ولی با توجه به آن که در مورد پرداخت تعرفه‌ها از سوی وزارت نیرو نگرانی جدی وجود دارد، ارزیابی قابلیت اعتماد به تعهدات نمره پائینی گرفته است. برای مقایسه بهبود حاصل شده، نتایج پس از اعمال اصلاحات در نمودار ارائه شده در شکل ۳ مقایسه شده است:

کارفرما ریسک‌های معارضان را در اسناد پوشش داده است ولی پاسخ دهندگان عموما نحوه تخصیص ریسک را در قرارداد، متعادل ندیده و برداشت عمومی بر آن بود که تخصیص ریسک در مواردی یک سویه تنظیم شده

است. همچنان که انتقاداتی نسبت به دقت و واقع بینانه بودن مطالعات توجیه اقتصادی اعلام گردیده است، ولی به دلیل حجم سرمایه‌گذاری تقریبی کم پروژه و دوره بازگشت مناسب آن (۶ سال با فرض مکانیسم پاک)، این طرح را از لحاظ مالی در سبد پروژه‌های کم ریسک قرار می‌داد.

نکته قابل ملاحظه، اعتماد سرمایه‌گذاران به مطالعات فنی طرح بود که موجب می‌شد یکی از عوامل کلیدی موفقیت نمره بالا دریافت کند. لازم به توضیح است که مطالعات اولیه طرح توسط مشاور "هیدرو پروژکت" مسکو انجام گرفته است و در ادامه مطالعه مرحله دوم توسط شرکت مشاور "مهاب قدس" با همکاری شرکت مشاور"آرم هیدرو انرگو پروژکت" ارمنستان انجام شده است. لذا کنترل مطالعات توسط سه مشاور بین‌المللی، انتظار آن است که مخاطرات فنی در این طرح به خوبی پوشش داده شده باشد.

وجود پیمانکاران توانمند فعال در منطقه و حجم کم سرمایه‌گذاری مورد نیاز (در مقایسه با طرح‌های نیروگاهی مشابه) موجب شده است برآورد متقاضیان آن باشد که می‌توان کنسرسیوم قوی در این پروژه تشکیل داد. ولی شروط تعیین شده در اسناد مناقصه و عرف موجود در منطقه، موجب می‌گردد که ریسک اختلاف و ناهماهنگی در کنسرسیوم افزایش یابد.

نرخ پائین بازگشت سرمایه اعلام شده در اسناد موجب شده است که جذابیت مالی طرح نسبت به بازارهای مالی رقیب پائین باشد. ولی شرط استفاده از تسهیلات اعطائی در قالب تبصره ۱۹ هزینه‌های تامین مالی را نسبت به مناقصات مشابه بهبود داده است. در هر حال تحلیل سرمایه‌گذاران مبنی بر امکان اعطای مجوز صادرات بخشی از برق تولیدی، می‌تواند از نظر مالی به جذابیت طرح اضافه بنماید.

فرآیند مناقصه به خوبی سازمان یافته و معیارهای ارزیابی شفاف است. ولی انتظار است که تعداد بالائی از سرمایه‌گذاران در این طرح مشارکت نمایند، لذا ارزیابی می‌شود رقابت پرهزینه‌ای صورت گیرد. همچنان که سابقه دستگاه مجری در تعویق مناقصات و به سرانجام نرساندن طرح‌ها در دوره‌های قبل، اجرائی شدن مناقصه را در یک مدت کوتاه مورد سوال قرار داده است.

در نهایت مدل پیشنهادی نمره هزینه فرصت این مناقصه را به میزان متوسط (۶۱٪) برآورد نموده است. این مقدار به معنای توصیه برای شرکت در مناقصه است. ولی باید توجه داشت که سرمایه‌گذاران، بین فرصت‌های متفاوت مقایسه و انتخاب می‌نمایند، لذا امتیاز هزینه فرصت به دست امده در این پروژه می‌بایست با دیگر فرصت‌های سرمایه‌گذاری مشابه مورد مقایسه قرار گیرد تا بتوان تصمیم صحیح برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه اتخاذ گردد.

برای بهبود شرایط مناقصه و جذب بیشتر سرمایه‌گذاران؛ با کارفرما مذاکره گردید و بر اساس معیارهای معرفی شده در مدل پیشنهادی برخی اصلاحات در اسناد مناقصه پیشنهاد گردید. این اصلاحات پیشنهادی شامل: اعطای مجوز صادرات برق، اصلاح الگوی تخصیص ریسک، ایجاد شرایط سخت‌گیرانه برای کاهش هزینه‌های رقابت و تعهد به پرداخت سود بانکی در صورت تاخیر در پرداخت به موقع تعرفه‌ها می باشد.

مدل پیشنهادی بار دیگر بر اساس اصلاحات اعمال شده اجرا گردید و امتیاز هزینه فرصت این طرح را به سطح بالا (۷۴٪) افزایش داد. امتیاز به دست آمده برای طرح اصلاحی، به خوبی می‌تواند پوشش دهنده نگرانی سرمایه‌گذاران و یک گزینه قوی برای جذب منابع مالی بخش خصوصی در مقایسه با بازارهای رقیب باشد.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه هزینه‌های بالای آماده‌سازی در روش مشارکت عمومی خصوصی، پرسش حیاتی در برابر شرکت‌های سرمایه‌گذاری وجود دارد که آیا یک فراخوان خاص، فرصت جذابی برای شرکت در مناقصه است یا هزینه‌های زیاد آماده‌سازی، موجب می‌گردد که در مناقصه شرکت نکنند. تصمیم به شرکت یا عدم شرکت در مناقصه، به معنای ارزیابی هزینه فرصت سرمایه‌گذاری است؛ که هدف اصلی مطالعات پرهزینه و زمان بر امکان سنجی می‌باشد.

در این مقاله، یک مدل پشتیبان تصمیم‌گیری ارائه شده است که با ارزیابی معیارهای موفقیت پروژه، می‌تواند هزینه فرصت یک مناقصه مشارکت عمومی خصوصی را محاسبه کرده و به تصمیم گیرنده برای شرکت یا عدم شرکت در مناقصه کمک نماید. مدل پیشنهادی در قالب یک برنامه رایانه‌ای که بر مبنای مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه یافته است، مشخصات مناقصه یا فراخوان را دریافت کرده و در نهایت هزینه فرصت هر مناقصه را محاسبه می‌نماید.

مدل پیشنهادی در این مقاله، این مزیت اساسی را دارد که پیش از هر نوع هزینه بابت آماده‌سازی پروژه (که عموما مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌باشد) هزینه فرصت شرکت در مناقصه را برآورد نماید. کمتر بودن هزینه فرصت در یک مناقصه به سرمایه‌گذار نشان می‌دهد که نسبت به ریسکی که می‌پذیرد، منافع بیشتری خواهد برد، لذا توصیه به شرکت در مناقصه می‌شود. و در

جدول ۹. اطلاعات پروژه‌های مبنای آموزش مدل پیشنهادی

Table 9. Information on the project-based training projects of the proposed model

کد	نام پروژه	کارفرما	روش واگذاری
P_1	نیروگاه سد کارون ۲	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	BOT
P_2	نیروگاه سیاه بیشه	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	BOO
P_3	نیروگاه سد گلپایگان	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	BOT
P_4	نیروگاه سوله دوکل	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	BOT
P_5	نیروگاه پره سر	شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی	BOT
P_6	نیروگاه جنوب اصفهان	شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی	BOT
P_7	تصفیه خانه فاضلاب کیش	منطقه ازاد کیش	BOT
P_8	تصفیه خانه فاضلاب چابهار	منطقه ازاد چابهار	BOT
P_9	تصفیه خانه فاضلاب ایرانشهر	شرکت آب و فاضلاب سیستان و بلوچستان	BOT
P_{10}	تصفیه خانه فاضلاب اردبیل	شرکت آب و فاضلاب استان اردبیل	BOT
P_{11}	نیروگاه ارس قره چیلر	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	BOT

مقابل، بالا بودن شاخص هزینه فرصت به معنای آن است که سرمایه‌گذار در برابر منافعی که ممکن است به دست آورد بایست هزینه زیادی از لحاظ مالی، زمانی و یا اعتباری صرف نماید. لذا توصیه مدل پیشنهادی به عدم شرکت در مناقصه مورد نظر می‌باشد.

در این حالت در روند مذاکرات، سرمایه‌گذار می‌تواند با درخواست ارائه برخی ضمانت‌ها و مشوق‌ها، هزینه فرصت فراخوان را کاهش دهد و حتی با درخواست بازنگری طرح، تغییر ساختار اجرائی، ترکیب تامین مالی و .... موجب شود که هزینه فرصت مناقصه کاهش یافته و جذابیت طرح برای سرمایه‌گذاری افزایش یابد. با استفاده از ابزار تحلیل حساسیت پیش بینی شده در این مدل این امکان را ایجاد می‌نماید که با ارائه انواع مشوق‌های دولتی یا ابتکارات بخش خصوصی، هزینه فرصت فراخوان دوباره ارزیابی گردد. لذا این مدل برای تصمیم‌گیران ابزاری کارا و منعطف در تحلیل هزینه فرصت انواع مشوق‌ها، برای افزایش موفقیت و در نتیجه جذابیت برای سرمایه‌گذاری، ایجاد می‌نماید.

نتایج پیاده‌سازی مدل پیشنهادی نشان می‌دهد که در صورت ارائه مشوق‌هائی برای افزایش توجیه‌پذیری مالی طرح‌های زیربنائی و تعبیه مکانیسم‌هایی برای کاهش ریسک، می‌توان موفقیت طرح را افزایش داد. همچنان این مطالعه نشان می‌دهد که علاوه بر جذابیت مالی، نحوه سازماندهی و تجربه دستگاه اجرائی در پیش‌برد موفق پروژه‌های سرمایه‌گذاری و عمل به تعهدات خود، نقش موثری در موفقیت پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی و تمایل سرمایه‌گذاران برای مشارکت در مناقصات دارد.

تشکر و قدردانی

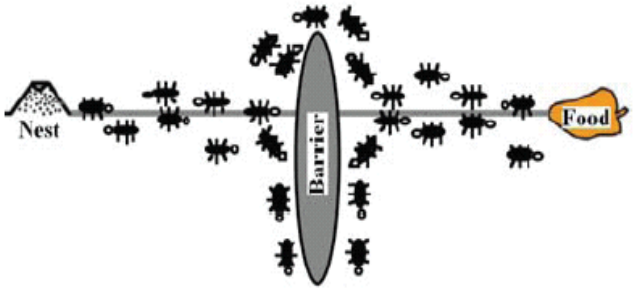
از شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، به ویژه مدیریت محترم قراردادها و مجریان محترم طرح‌ها بابت ارائه اطلاعات و همکاری در تکمیل این تحقیق، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

پیوست- معرفی الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان

الگوریتم جامعه مورچه‌ها، یکی از انواع الگوریتم‌های فراکاوشی است که توانایی بالایی در جستجو و شناسایی نقاط بهینه در فضای جواب‌های گسسته دارد [۳۶]. استفاده از روش‌های فراکاوشی تضمین کننده دست‌یابی به جواب بهینه مطلق نبوده ولی در هنگام حل مسئله، جواب‌های ممکن مختلفی ایجاد کرده و نهایتاً جوابی را که خوب و مناسب است انتخاب می‌کنند.

بهینه‌یابی با استفاده از مورچه‌های مصنوعی، اولین بار توسط کلورنی[1]

1 Colorni



شکل ۴. رفتار مورچه های طبیعی در جستجوی کوتاه‌ترین مسیر

Fig. 4. Behavior of natural ants in search of the shortest path

و همکاران (۱۹۹۱) معرفی شد [۳۶]. این الگوریتم بر اساس رفتار طبیعی مورچه‌ها در یافتن کوتاه‌ترین مسیر ممکن بین لانه و منبع غذا شکل گرفته است. فرامان به جا گذاشته شده از سوی مورچه‌ها در جست و جوی غذا، سایر اعضای جامعه را برای به عبور از آن مسیر تشویق کرده و در نتیجه احتمال انتخاب این مسیر را افزایش می‌دهد (شکل ۴). این فرآیند اصلاح محیط، به منظور تشویق تغییر در رفتار برای ایجاد ارتباط را استیگمرجی (پیرارسانش) می‌نامند. برای یافتن جواب‌های بهینه در الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها، با استفاده از جامعه‌ای از مورچه‌های مصنوعی، این خصوصیت رفتاری مورچه‌ها مدل‌سازی می‌گردد [۳۶].

برای درک روش الگوریتم مورچگان، گراف $G=(D,L,C)$ را در نظر بگیرید که در آن $D=\{d_1,....,d_n\}$ مجموعه نقاط تصمیم است، $L=\{L_{ij}\}$ مجموعه انتخاب‌های j که در آن $j=(1,....,m)$ در هر یک از نقاط تصمیم i $i=(1,....,n)$ و $C=\{C_{ij}\}$ مجموعه هزینه‌های هر یک از انتخاب‌های L_{ij} است. یک مسیر موجه تعریف شده بر روی گراف را یک جواب (φ)، و مسیری که کمترین هزینه را داشته باشد یک جواب بهینه (φ^*) می‌نامند. هزینه هر جواب را با f(φ) و هزینه جواب بهینه را با f*(φ) نشان می‌دهند. الگوریتم مورچگان با قرارگیری m مورچه بر روی n نقطه تصمیم در نظر گرفته می‌شود که برای انتخاب نقطه یا گزینه مقصد، از تابع احتمالاتی رابطه ۹ استفاده می‌کند.

$$P_{ij}(k,t)=\frac{\left[\tau_{ij}(t)\right]^{\alpha}\left[\eta_{ij}\right]^{\beta}}{\sum_{j=1}^{J}\left[\tau_{ij}(t)\right]^{\alpha}\left[\eta_{ij}\right]^{\beta}} \qquad (۹)$$

که در آن $P_j(k,t)$ برابر است با احتمال این که مورچه‌ی klام در دوره‌ی زمانی tام و نقطه‌ی تصمیم iام، گزینه‌ی jام را انتخاب کند؛ τ_{ij} مقدار فرامان مسیر گزینه jام در نقطه تصمیم iام؛ و η_{ij} مقدار هدایت‌گر کاوشی مسیر گزینه jام در نقطه تصمیم iام است. دو پارامتر α و β ضرایب ثابتی هستند که در رابطه ۸ به ترتیب برای تنظیم وزن فرامان (τ_{ij}) و اطلاعات کاوشی (η_{ij}) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با پوشش کلیه نقاط تصمیم با تکرار این روند، یک جواب (φ) ساخته می‌شود. بر اساس تابع هدف تعریف شده، هزینه بهترین جواب تولید شده f(φ) در آن تکرار محاسبه می‌شود. پس از هر تکرار، فرامان مسیر با توجه به هزینه مسیر مطابق رابطه ۱۰ اصلاح می‌شود.

$$\tau_{ij}(t+1)=\rho\tau_{ij}(t)+\Delta\tau_{ij}$$
$$\Delta\tau_{ij}=1/f(\phi) \qquad (۱۰)$$

که در آن ρ ضریب تبخیر فرامان نامیده می‌شود و معمولا عددی بین ۰ و ۱ است. با به هنگام‌سازی و اصلاح فرامان، تمرکز بیشتر فرآیند جست و جوی بر روی جواب‌های مطلوب‌تر خواهد بود و در انتهای تکرارها، جواب مطلوب را به دست می‌آورد [۳۶].

منابع

[1] R. Osei-Kyei, A.P. Chan, Review of studies on the Critical Success Factors for Public–Private Partnership (PPP) projects from 1990 to 2013, International journal of project management, 33(6) (2015) 1335-1346.

[2] B. Li, A. Akintoye, P.J. Edwards, C. Hardcastle, Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry, Construction management and economics, 23(5) (2005) 459-471.

[3] W. Bank, Public-Private Partnerships: Reference Guide Version 3, in, World Bank, 2017.

[4] E.I. Ezulike, J.G. Perry, K. Hawwash, The barriers to entry into the PFI market, Engineering Construction and Architectural Management, 4(3) (1997) 179-193.

[5] H. Wang, Y. Liu, W. Xiong, J. Song, The moderating role of governance environment on the relationship between risk allocation and private investment in PPP markets: Evidence from developing countries, International Journal of Project Management, 37(1) (2019) 117-130.

[6] R. Birner, H. Wittmer, Better public sector governance through partnership with the private sector and civil society: The case of Guatemala's forest administration, International Review of Administrative Sciences, 72(4) (2006) 459-472.

[7] R. Osei-Kyei, A.P. Chan, Factors attracting private sector investments in public–private partnerships in developing countries: A survey of international experts, Journal of Financial Management of Property and Construction, (2017).

[8] R.L. Tiong, CSFs in competitive tendering and negotiation model for BOT projects, Journal of construction engineering and management, 122(3) (1996) 205-211.

[9] J. Liu, P.E. Love, J. Smith, M. Regan, P.R. Davis, Life cycle critical success factors for public-private partnership infrastructure projects, Journal of Management in Engineering, 31(5) (2015) 04014073.

[10] M. Shokri-Ghasabeh, N. Chileshe, Critical factors influencing the bid/no bid decision in the Australian construction industry, Construction Innovation, (2016).

[11] M. Marzouk, E. Mohamed, Modeling bid/no bid decisions using fuzzy fault tree, Construction Innovation, (2018).

[12] O.A. Olatunji, O.I. Aje, S. Makanjuola, Bid or no-bid decision factors of indigenous contractors in Nigeria, Engineering, Construction and Architectural Management, (2017).

[13] C.-T. Lin, Y.-T. Chen, Bid/no-bid decision-making–a fuzzy linguistic approach, International Journal of Project Management, 22(7) (2004) 585-593.

[14] C. Cui, Y. Liu, A. Hope, J. Wang, Review of studies on the public–private partnerships (PPP) for infrastructure projects, International Journal of Project Management, 36(5) (2018) 773-794.

[15] J.-S. Chou, D. Pramudawardhani, Cross-country comparisons of key drivers, critical success factors and risk allocation for public-private partnership projects, International journal of project management, 33(5) (2015) 1136-1150.

[16] N. Chileshe, N. Kavishe, D.J. Edwards, Critical factors influencing the bid or no-bid decision of the indigenous small building contractors in Tanzania, Construction Innovation, (2020).

[17] S.O. Babatunde, A. Opawole, O.E. Akinsiku, Critical success factors in public-private partnership (PPP) on infrastructure delivery in Nigeria, Journal of facilities management, (2012).

[18] J. Yang, T.M. Nisar, G.P. Prabhakar, Critical success factors for build–operate–transfer (BOT) projects in China, Irish Journal of Management, 36(3) (2017) 147-161.

[19] B.-G. Hwang, X. Zhao, M.J.S. Gay, Public private partnership projects in Singapore: Factors, critical risks and preferred risk allocation from the perspective of contractors, International journal of project management, 31(3) (2013) 424-433.

[20] Z. Muhammad, F. Johar, Critical success factors of public–private partnership projects: a comparative analysis of the housing sector between Malaysia and Nigeria, International Journal of Construction

[30] P. Raisbeck, L.C. Tang, Identifying design development factors in Australian PPP projects using an AHP framework, Construction Management and Economics, 31(1) (2013) 20-39.

[31] S.O. Babatunde, S. Perera, O. Adeniyi, Identification of critical risk factors in public-private partnership project phases in developing countries: A case of Nigeria, Benchmarking: An International Journal, (2019).

[32] E. Cheung, A.P. Chan, S. Kajewski, Factors contributing to successful public private partnership projects: Comparing Hong Kong with Australia and the United Kingdom, Journal of Facilities Management, (2012).

[33] A. Chan, P. Lam, D. Chan, E. Cheung, Y. Ke, Privileges and attractions for private sector involvement in PPP projects, in: Challenges, Opportunities and Solutions in Structural Engineering and Construction, CRC Press, 2009, pp. 773-778.

[34] X. Zhang, Critical success factors for public–private partnerships in infrastructure development, Journal of construction engineering and management, 131(1) (2005) 3-14.

[35] B. Li, A. Akintoye, P.J. Edwards, C. Hardcastle, Perceptions of positive and negative factors influencing the attractiveness of PPP/PFI procurement for construction projects in the UK: Findings from a questionnaire survey, Engineering, Construction and Architectural Management, (2005).

[36] G. Khazaeni, M. Khanzadi, A. Afshar, Optimizing risk allocation in construction projects; the ant community optimization algorithm, Sharif Scientific and Research Journal, 229(3) (2013) 61-69.

[37] G. Khazaeni, M. Khanzadi, A. Afshar, Fuzzy adaptive decision making model for selection balanced risk allocation, International Journal of Project Management, 30(4) (2012) 511-522.

Management, 19(3) (2019) 257-269.

[21] R. Sehgal, A.M. Dubey, Identification of critical success factors for public–private partnership projects, Journal of Public Affairs, 19(4) (2019) e1956.

[22] P.T. Nguyen, V. Likhitruangsilp, M. Onishi, Success factors for public-private partnership infrastructure projects in Vietnam, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 10(2) (2020) 858-865.

[23] K. Jugdev, R. Müller, A retrospective look at our evolving understanding of project success, Project management journal, 36(4) (2005) 19-31.

[24] T. Liu, S. Wilkinson, Can the pilot public-private partnerships project be applied in future urban rail development?: a case study of Beijing metro line 4 project, Built Environment Project and Asset Management, (2013).

[25] S.T. Ng, Y.M. Wong, J.M. Wong, Factors influencing the success of PPP at feasibility stage–A tripartite comparison study in Hong Kong, Habitat international, 36(4) (2012) 423-432.

[26] A.-R. Abdul-Aziz, P.J. Kassim, Objectives, success and failure factors of housing public–private partnerships in Malaysia, Habitat International, 35(1) (2011) 150-157.

[27] X. Meng, Q. Zhao, Q. Shen, Critical success factors for transfer-operate-transfer urban water supply projects in China, Journal of Management in Engineering, 27(4) (2011) 243-251.

[28] L. Tang, Q. Shen, M. Skitmore, E.W. Cheng, Ranked critical factors in PPP briefings, Journal of management in engineering, 29(2) (2013) 164-171.

[29] M.M. Askar, A.A. Gab-Allah, Problems facing parties involved in build, operate, and transport projects in Egypt, Journal of Management in Engineering, 18(4) (2002) 173-178.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

G. Khazaeni, A. Khazaeni, Successful Tendering in Public Private Partnership,Cost Opportunity Analysis, Amirkabir J. Civil Eng., 54(2) (2022) 395-412.

DOI: 10.22060/ceej.2021.18845.6977