Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 54(1) (2022) 71-74
DOI: 10.22060/ceej.2021.18789.6963

The Graph Decision Model for Risk Allocation in Design-Build Contracts; Game Theory approach

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

[1] Faculty of Technical and Engineering of Islamic Azad University West Tehran Branch, Tehran, Iran.
[2] Faculty of Technical and Engineering Department of Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran.

ABSTRACT: Risk allocation, the definition and division of responsibility associated with a possible future loss or gain, seeks to assign responsibility for a variety of hypothetical circumstances should a project not proceed as planned. The result of improper risk allocation is increased costs, project delays and services, which cause loss of value-for-money for the public interest. This paper introduced a decision support system based on the graph model for systematically resolving construction risk allocation. In this model mainly assumed success of a contract needs to agreement on how risks are allocated by parties. The graph analysis process considers the decision-makers, their decision options, and their relative preferences when modeling risk allocation negotiation as a game theory problem. Owners could also use the model to perform an in-depth stability analysis in order to ascertain the possible compromise resolutions or equilibrium. The model predicts the sequence of decisions that took place in the dispute and furnishes an array of useful strategic insights about the risk allocation renegotiation. Moreover, the model to determine how changes in preferences can affect the equilibrium results executes a sensitivity analysis. This risk allocation procedure is useful for both researchers and practitioners to better deal with the dispute-prone nature of construction contracts.

Review History:

Received: Jul. 29, 2020
Revised: Nov. 08, 2020
Accepted: Aug. 12, 2021
Available Online: Aug. 31, 2021

Keywords:

Risk Management
Risk Allocation
Project management
Graph
Game Theory

1- Introduction

As construction projects are always suffered from uncertainties and conflict interests of participants, the achievement of any construction project's goals depends on the efficiency of project risk allocation [1]. Risk can be defined as any kind of unpredictable situation that can hinder a project's success in achieving its time, cost, or quality goals [2], the risk allocation is the definition and division of responsibilities and benefits arising from possible conditions based on Planning should not happen [3]. Risk allocation in the contract can have a great impact on the cost, time and quality of the project [4]. However, owners should consider that unilateral and unbalanced risk allocation causes the contractor to adopt defensive strategies [5] and finally lead to time delays, cost overrun and financial losses of the owner. In order to know the appropriate risk allocation in a project, two main criteria are selected [6]: a) the factor that accepts the risk must have the necessary ability to control and manage the consequences of risk occurrence. B) Risk should be managed by the factor that imposes the least cost on the project. Prior to this research, conventional multi-criteria decision-making models have already been used to select the optimal allocation in construction projects, including the use of HP [7], the use of TOPSIS [8], and the theory of systems dynamics [9]. However, conventional decision-making models are suitable for situations where comparisons and decisions between options are made by only one decision-maker based on multiple identifiable criteria [7]; while risk allocation negotiations are between at least two different decision-makers with unpredictable decisions. Where decision-making requires attention to the behavior of the other party and mutual understanding. In such complex processes and with several different decision-makers, game theory approaches are well applied [10].

2- Methodology

To select the allocation of risks, the risk allocation negotiation process is modeled on a dispute resolution issue; then with the help of graph logic and game theory, a decision support system (DSS) is developed that has the ability to provide the most appropriate allocation of risks to the decision-maker (owner or contractor). In the proposed model, there are two decision-makers: a decision-maker is the owner who wants to transfer the project risks to the other party as much as possible and the second decision-maker is the contractor who wants to make more profit from accepting the project risks [11]. The owner has a risk-averse behavior that tends to bear as few risks as possible, and the contractor has a risk-taking behavior that is willing to accept a higher level of risk [11].

*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.

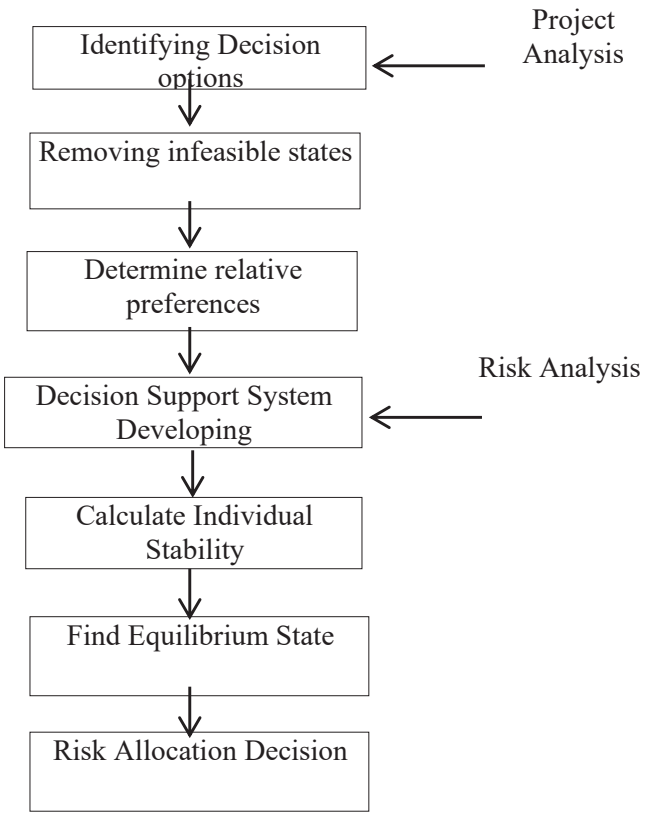


Fig.1. Problem-solving process and graph decision model development process

Finally, a decision support system for selecting risk allocation has been developed using the graph model and coded in the form of a software program in Matlab. The results of the proposed decision system are applied and validated by a case study.

The development steps of the proposed graph model to identify the balanced allocation of risks are described in seven steps:

1. Identify decision situations
2. Determine possible decision situations
3. Graph design of transitions between positions
4. Determining decision priorities
5. Stability analysis and determination of equilibrium points
6. Evaluate negotiation strategies and
7. Select risk allocation

The identified equilibrium points indicate situations that which both decision-makers are reluctant to change and can therefore be chosen as the final risk allocation decision. But since the model may offer more than one equilibrium point, any decision based on risk management strategies and the reliability of predicting the other party's behavior prioritizes the choice of some of these equilibrium points.

3- Validation of the Model in a case study

To control the performance of the proposed model, this model has been implemented in a case study and the results have been compared with similar studies. The selected project is a Wastewater Treatment Plant, which was tendered by an Iranian Industrial Free Trade Zone in August 2017 for implementation by design and construction. The purpose of the project is the treatment of the wastewater of the industrial zone and warehouses of the Free Zone with the technology of polyethylene packages and includes three modules with a capacity of 2650 cubic meters of treated wastewater. This project will be awarded in the form of a design and construction contract with the Design Build Finance (DBF) method. The contractor is negotiating with the commitment to provide financing on how to transfer and conclude the contract.

A comparison of the results of the proposed model with the results presented in the study of Lam et al. [7] shows seven differences. It seems that in Lam's proposed model, risk allocation is done in one-sided cases, while if the costs of unilateral imposition of the owner's views were taken into account, a more appropriate model could be proposed. For example, in the study of Lam et al. [7],

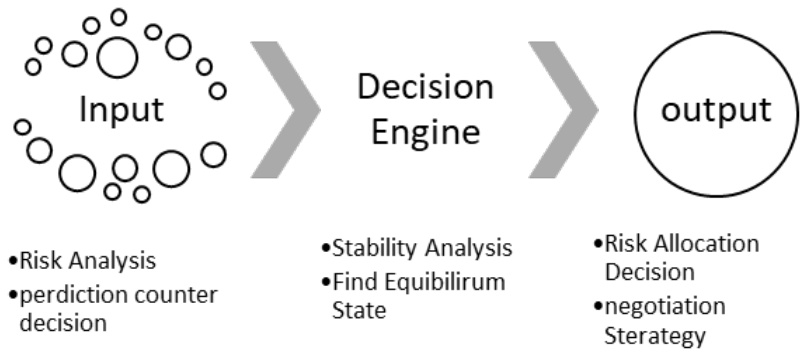


Fig. 2. Graph decision support system structure

the risk of "delay in licenses" is assigned to the contractor, while the employer will have a better ability and access to provide and renew licenses and a more appropriate option to allocate this risk.

The results of stability analysis by the model proposed in this paper show that in case of allocating the risk of "delay in licenses" to the contractor, in front of the contractor by choosing the strategy of increasing time or plan to cover his claim and the consequences of unilateral allocation returns the risk to the owner. Just as the owner's acceptance of responsibility for the risk of subsurface soil condition (as suggested by Lam et al. [14]) cannot lead to equilibrium. Because despite the employer's responsibility for the initial studies, it causes the employer to pay twice for the same responsibility and contractual relations become bilateral. Therefore, the proposed model in this article recommends that this risk be shared between the two parties.

It can also be seen that the proposed model has the critical advantage that, unlike similar studies, it not only determines the factor responsible for risk management but also states the measures needed to achieve balanced risk allocation and clarifies the consequences of the decision for the decision-maker. For example, this model shows that if the risk of "changing volume" is assigned to the contractor (as the software suggests), the owner must accept the consequences of the decision to project cost overrun due to an increase in the contractor's profit.

Finally, the results of this research were communicated to the owner and the contractor in comparison with the results of similar studies. The two sides confirmed the accuracy of the results of the proposed model after holding two negotiations and discussing how to adjust the provisions of the contract. By agreeing between the two parties and accepting the proposed risk allocation model for inclusion in the final agreement, the performance of the proposed model was confirmed.

4- Results and Discussion:

The result shows that the employer can choose different equilibrium points as risk allocation based on the degree of predictability of the interests and behavior of the other party (contractor). Balanced risk allocation is a situation that has been identified as equilibrium points in most strategies.

References

[1] C.M. Gordon, Choosing appropriate construction contracting method, Journal of construction engineering and management, 120(1) (1994) 196-210.

[2] A. Nagendra, A. Sharan, Risk Analysis for Project Management, Journal of Applied Management-Jidnyasa, 9(2) (2018) 22-31.

[3] 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.

[4] D. Perez, J. Gray, M. Skitmore, Perceptions of risk allocation methods and equitable risk distribution: a study of medium to large Southeast Queensland commercial construction projects, International Journal of Construction Management, 17(2) (2017) 132-141.

[5] C.K. Tembo-Silungwe, N. Khatleli, Identification of enablers and constraints of risk allocation using structuration theory in the construction industry, Journal of Construction Engineering and Management, 144(5) (2018) 04018021.

[6] W. Bank, Global Development Finance 2002 Vol 1: Financing the Poorest Countries. ANALYSIS AND SUMMARY TABLES, The World Bank, 2002.

[7] K.C. Lam, D. Wang, P.T. Lee, Y.T. Tsang, Modelling risk allocation decision in construction contracts, International journal of project management, 25(5) (2007) 485-493.

[8] G. Khazaeni, M. Khanzadi, A. Afshar, Optimum risk allocation model for construction contracts: fuzzy TOPSIS approach, Canadian Journal of Civil Engineering, 39(7) (2012) 789-800.

[9] F. Nasirzadeh, M. Khanzadi, M. Rezaie, Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects, International Journal of Project Management, 32(3) (2014) 442-451.

[10] M. Kassab, K. Hipel, T. Hegazy, Conflict resolution in construction disputes using the graph model, Journal of construction engineering and management, 132(10) (2006) 1043-1052.

[11] F. Medda, A game theory approach for the allocation of risks in transport public private partnerships, International journal of project management, 25(3) (2007) 213-218.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

G. Khazaeni , A. Khazaeni , The Graph Decision Model for Risk Allocation in Design-Build Contracts; Game Theory approach, Amirkabir J. Civil Eng., 54(1) (2022) 71-74.

DOI: 10.22060/ceej.2021.18789.6963

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۱، سال ۱۴۰۱، صفحات ۳۲۳ تا ۳۴۲
DOI: 10.22060/ceej.2021.18789.6963

مدل تصمیم‌گیری گراف برای تخصیص ریسک در قراردادهای طرح و ساخت، با استفاده از تئوری بازی‌ها

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: توافق بر نحوه تخصیص ریسک‌ها شرط موفقیت پروژه شناخته می شود. به دلیل برداشت های متفاوت و منافع متضاد عوامل پروژه، مذاکرات تخصیص ریسک به منظور انتخاب تخصیص بهینه ریسک‌ها، فرآیندی دشوار و پر هزینه است. در این مقاله با مدل‌سازی مذاکرات تخصیص ریسک در چهارچوب تحلیل حل اختلاف بر مبنای تئوری بازی‌ها، یک رویکرد تصمیم‌گیری بر مبنای مدل گراف برای حل مذاکرات قراردادی و انتخاب تخصیص ریسک بهینه توسعه داده شده است. در این رویکرد، با تحلیل رفتار بازیگران و تصمیم گیرندگان فرآیند تخصیص ریسک، اولویت‌های تصمیم گیری ذی‌نفعان در قالب تحلیل هزینه–فایده هر تخصیص ریسک محاسبه شده و با پیش‌بینی حرکت‌های متقابل هر طرف برای کسب بیش‌ترین منافع یا فرار بیش‌ترین زیان، مدلی خاص برای دستیابی به تفاهم بین تصمیم گیرندگان به منظور توافق بر انتخاب تخصیص بهینه ارائه می‌شود. مدل پیشنهادی در قالب یک برنامه نرم افزاری در محیط متلب پیاده‌سازی شده است و نتایج آن در یک پروژه موردی حوزه آب و نیرو مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. مقایسه نتایج مدل پیشنهادی با دیگر مدل‌های کمی تخصیص ریسک نشان می‌دهد که استفاده از تئوری بازی‌ها می‌تواند الگوی متعادل‌تری برای تخصیص ریسک‌ها ارائه دهد. مدل پیشنهادی این مزیت حیاتی را دارد که برخلاف مطالعات مشابه، صرفا عامل مسئول مدیریت ریسک را تعیین نمی‌کند بلکه اقدامات لازم برای رسیدن به تخصیص ریسک متعادل را بیان کرده و تبعات تصمیم را برای تصمیم گیرنده روشن می‌نماید..

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸
بازنگری: ۱۳۹۹/۰۸/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۱
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹

کلمات کلیدی:
مدیریت ریسک
مذاکرات تخصیص ریسک
مدیریت پروژه
تئوری بازی‌ها
منطق گراف
تصمیم‌گیری

۱- مقدمه

پروژه‌های ساخت همواره درگیر حجم بالائی از عدم قطعیت‌ها و حضور عوامل با منافع متضاد هستند که موجب می‌شود که دستیابی به اهداف پروژه وابسته به کارآمدی تخصیص ریسک‌های پروژه گردد [۱]. ریسک را می‌توان هر نوع شرایط غیر قابل پیش‌بینی تعریف کرد که می‌تواند مانع موفقیت پروژه در دستیابی به اهداف زمانی، هزینه‌ای و یا کیفیت گردد [۲] و تخصیص ریسک، تعریف و تقسیم مسئولیت‌ها و منافع حاصل از شرایط احتمالی است که بر اساس برنامه‌ریزی‌ها نمی‌بایست اتفاق بیافتد [۳]. تخصیص ریسک، چهارچوبی را ایجاد می‌نماید که با جزئیات مشخص می‌سازد کدام عامل می‌بایست مدیریت چه ریسکی را عهده دار شود یا در مقابل تعیین می‌کند چه مشوق‌ها یا ضمانت‌هایی می‌بایست به کدام عامل اعطا شود تا بتواند ریسک خاص را کنترل نماید [۴]. این چهارچوب می‌بایست هر ریسک شناسایی شده در یک پروژه ساخت را به عاملی که بیش‌ترین کنترل بر آن ریسک دارد اختصاص دهد تا بدین وسیله تضمین نماید که آن ریسک وقوع نمی‌یابد یا در صورت وقوع کم‌ترین تأثیر محتمل را خواهد داشت [۵]. به دلیل برداشت‌های متفاوت و منافع متضاد عوامل پروژه، مذاکرات تخصیص ریسک به منظور انتخاب تخصیص بهینه ریسک‌ها، فرآیندی دشوار و پر هزینه است [۶].

تخصیص ریسک در قرارداد می‌تواند تاثیر بزرگی بر هزینه، زمان و کیفیت پروژه داشته باشد [۷]. ولی باید در نظر داشت که تخصیص ریسک یک سویه و نامتعادل موجب می‌شود که پیمانکار استراتژی‌های تدافعی اتخاذ نماید [۸]. و نهایتا منجر به تاخیر در زمان‌بندی، افزایش هزینه‌ها و زیان مالی کارفرما می‌گردد [۳]. کیفیت مدیریت ریسک، تا حد زیادی وابسته به نحوه تخصیص ریسک‌ها است؛ چرا که تخصیص ریسک مشخص می‌کند چگونه ابزارهای کاهش ریسک در قالب منابع، مالک ریسک و مکانیسم‌ها مهیا شده‌اند و به درستی به کار گرفته شده‌اند [۸].

برای شناخت تخصیص ریسک مناسب در یک پروژه دو معیار اصلی عنوان می‌شود [۹]: الف) عاملی که ریسک را می‌پذیرد می‌بایست توانمندی

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: Khazaeni.ga@wtaiu.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.

لازم برای کنترل و مدیریت عواقب وقوع ریسک را داشته باشند. ب) ریسک باید توسط عاملی مدیریت شود که کمترین هزینه را به پروژه تحمیل می‌نماید. ولی متأسفانه این اصول بسیار کلی و مبهم‌تر از آن هستند که بتوان به وسیله آن‌ها تخصیص ریسک‌ها را تعیین نماید. بلکه در عمل کاربرد این دو اصل نتایج متضادی را در بر خواهد داشت و عاملی که بیش‌ترین توان کنترل ریسک را داشته باشد لزوماً قابلیت مدیریت آن با کمترین هزینه را نخواهد داشت [۱۰]. لذا شناسایی تخصیص ریسک بهینه بین کارفرما و پیمانکار در پروژه‌های ساخت پیچیده و مبهم است [۱۱]. به همین دلیل است که مذاکرات قراردادی به منظور تخصیص ریسک در پروژه‌ها، فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه است [۱۰]. که عدم تفاهم بر یک الگوی تخصیص ریسک می‌تواند هزینه و زمان پروژه را افزایش داده یا منجر به کیفیت پایین‌تر گردد [۱۰]. فیسک[1] معتقد است که در برابر تخصیص نامتعادل ریسک‌ها از سوی کارفرما، پیمانکار با سیاست تدافعی، یکی از چهار استراتژی: ۱- افزایش هزینه در مناقصه ۲- رویکرد محافظه کارانه ۳- افزایش ادعاها ۴- کاهش کیفیت را اتخاذ می‌کند [۱۲]. نصیرزاده و همکاران این استراتژی‌ها را در ۶ دسته عنوان کرده‌اند: ۱- افزایش هزینه ۲- کاهش کیفیت ۳- ادعاها ۴- کاهش هزینه نیروی انسانی ۵- کاهش مصالح مصرفی ۶- افزایش زمان پروژه [۱۳].

پیش از این برای انتخاب تخصیص بهینه در پروژه‌های ساخت، ابزارهای معمول تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است، از جمله استفاده از ای اچ پی[2] [۱۴]، استفاده از تاپسیس[3] [۵] و تئوری پویایی سیستم‌ها[4] [۱۳]. المری[5] و همکاران [۱۵] با به کارگیری روش پرسش‌نامه، به صورت کمی تاثیر هزینه ریسک را بر روی تخصیص ریسک‌ها را بررسی کرده‌اند. رافت[6] و همکاران [۱۶] با روش مصاحبه ساختار یافته، یک چهارچوب تخصیص ریسک برای پروژه‌های صنعت آب در کشور مصر توسعه داده‌اند. اشماوی[7] و همکاران [۱۷] با ارزیابی برداشت‌های پیمانکاران و کارفرمایان از مفاد قراردادها، یک مدل ارزیابی تخصیص ریسک برای کشور عربستان ارائه داده‌اند. تیمبوسیلگو و خلتلی[8] [۱۸] با روش ترکیبی پرسش‌نامه و مصاحبه، از نظریه ساختار[9] برای شناسایی توانمندسازها و محدودیت‌های تخصیص ریسک در صنعت ساختمان کشور زامبیا استفاده کرده‌اند. شرستا[10] و همکاران [۱۹] با استفاده از تئوری عامل اصلی[11] یک چهارچوب برای تخصیص ریسک‌های مشارکت عمومی خصوصی ارائه داده‌اند.

همچنین پرچمی و همکاران [۲۰] با مقایسه تطبیقی ریسک‌های تخصیص داده شده در مفاد شرایط عمومی پیمان با نتایج پیمایش نشان داده‌اند که شرایط عمومی پیمان ایران نیاز به اصلاحات اساسی دارد. فتاحی و همکاران [۲۱] اقدام به بهینه‌سازی تخصیص ریسک بر اساس سه هدف بالاترین سطح اعتماد، کمترین هزینه و پایین‌ترین سطح ریسک نموده‌اند. رسولی و همکاران [۲۲] شناسایی، رتبه بندی و تخصیص ریسک‌های حیاتی مراحل مشارکت عمومی- خصوصی با مطالعه موردی در صنعت آب و فاضلاب استان گیلان نموده‌اند. خزائنی و همکاران [۲۳] یک مدل بهینه‌یابی تخصیص ریسک در پروژه‌های ساخت؛ با الگوریتم بهینه‌سازی جامعه‌ی مورچگان (ACO) ارائه کرده‌اند.

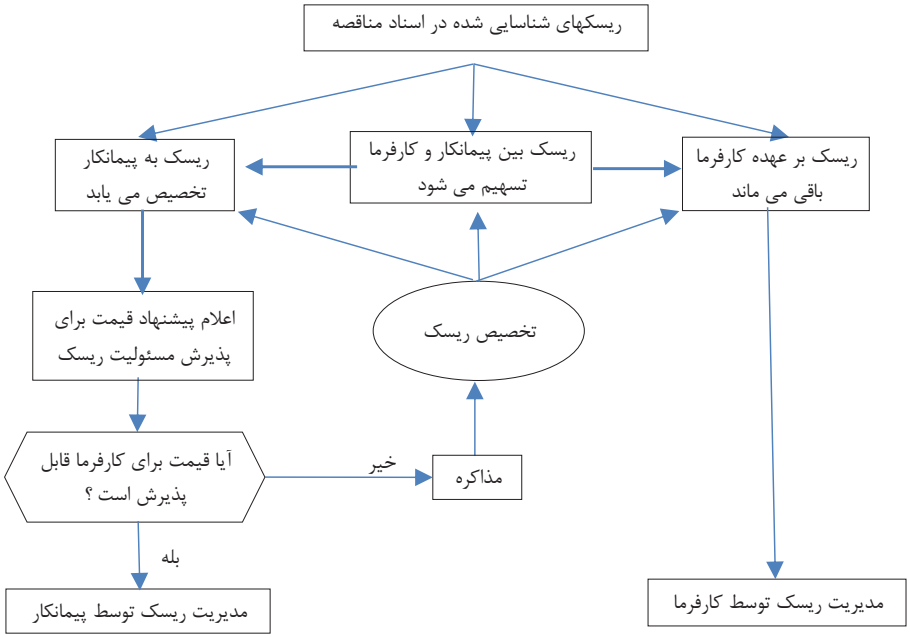
ولی مدل‌های تصمیم‌گیری معمول برای حالتی مناسب هستند که مقایسه و تصمیم‌گیری بین گزینه‌ها تنها توسط یک عامل تصمیم‌گیر و بر مبنای چند معیار قابل تشخیص صورت گیرد [۱۴]، در حالی که مذاکرات تخصیص ریسک، اختلافی بین چند عامل و با حداقل دو تصمیم گیرنده متفاوت است که تصمیم‌گیری در آن نیازمند توجه به رفتار طرف مقابل و تفاهم دو طرف است. در چنین فرآیندهای پیچیده و با چند تصمیم گیرنده متفاوت، رویکردهای تئوری بازی‌ها کاربرد مناسب دارند [۲۴].

مذاکرات تخصیص ریسک یک فرآیند تعریف شده می‌باشد که طی آن پیمانکار و کارفرما بر روی پذیرش مسئولیت ریسک‌ها به مذاکره می‌پردازند [۱۱]. همچنین در حین اجرای پروژه، به دلیل عدم تخصیص مناسب و یا افزایش غیرمنتظره هزینه‌های پروژه ممکن است نیاز به مذاکره مجدد[12] بر روی الگوی تخصیص ریسک باشد [۱۰]. این فرآیند در صورت رفتار فرصت طلبانه[13] دو طرف، می‌تواند روند مذاکره بسیار زمان‌بر و پرهزینه نماید که منجر به افزایش هزینه سرمایه و نهایتا افزایش عوارض برای کاربران شود [۱۰]. شکل ۱ فرآیند مذاکرات تخصیص ریسک را نمایش می‌دهد [۱۱].

رویکردهای گوناگونی برای حل اختلاف‌های[14] قراردادی مرسوم است از جمله رجوع به کارشناس مرضی الطرفین، حکمیت، داوری و رجوع به دادگاه [۲۵].

1 Fisk
2 AHP
3 TOPSIS
4 System Dynamic
5 Almarri
6 Rafaat
7 Ashmawi
8 Tembo-Silungwe and Khatleli
9 Structuration theory (ST)

10 Shrestha
11 principal-agent theory
12 Renegotiation of PPP contracts
13 Opportunistic
14 Dispute Resolve



شکل ۱. فرآیند تخصیص ریسک در مذاکرات قراردادی [۱۱]

Fig.1. Risk allocation process in proposed negotiations

از بین آن‌ها رویکرد موسوم به داوری نهایی[1] امروزه محبوبیت بالایی را کسب کرده است [۲۶]. در این روش فرد تعیین شده به عنوان داور، فقط می‌تواند از بین آخرین پیشنهادات ارائه شده توسط هر یک از عوامل، یکی را به عنوان نتیجه داوری انتخاب نماید و حق ندارد خارج از این دو پیشنهاد یا بین آن‌ها را انتخاب نماید [۲۷]. این رویکرد طرفین دعوا را مجبور می‌نماید که پیشنهادات معقولانه‌تری را ارائه دهند، چرا که هر پیشنهاد غیرمنطقی این ریسک را در بر دارد که پیشنهاد منطقی‌تر طرف مقابل انتخاب و متضرر گردد [۲۷].

در این مقاله یک رویکرد تصمیم‌گیری بر مبنای مدل گراف برای حل مذاکرات قراردادی و انتخاب تخصیص ریسک بهینه توسعه داده شده است، با مدل‌سازی مذاکرات تخصیص ریسک در قالب یک مسئله حل اختلاف، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری[2] برای انتخاب تخصیص ریسک متعادل ارائه شده است. این سیستم تصمیم‌گیری، قابلیت آن را دارد که با دریافت تحلیل تصمیم‌گیران از هر کدام از ریسک‌های پروژه، با استفاده از منطق گراف و تئوری بازی‌ها اقدام به پیشنهاد مناسب‌ترین تخصیص ریسک نماید. با استفاده از برنامه نرم افزاری ارائه شده در این مقاله، تصمیم گیرنده می‌تواند با ورود اطلاعات تحلیل ریسک‌ها، الگوی متعادل و قابل پذیرش را شناسایی نماید.

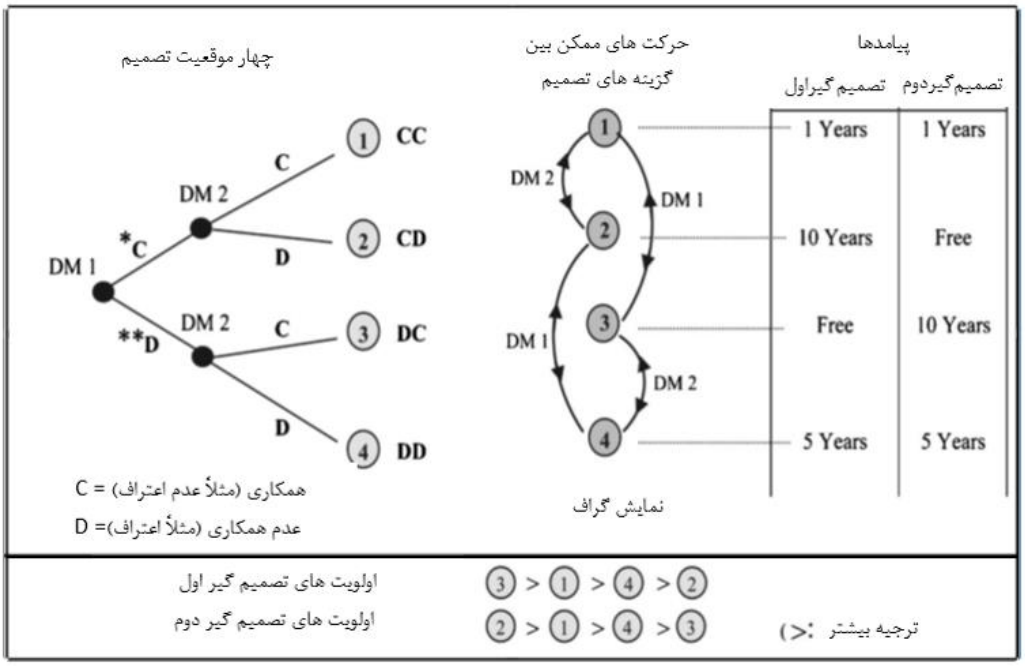
این مدل این مزیت قابل توجه را نسبت به تحقیقات قبلی دارد که مطالعات قبلی صرفا از دیدگان یک تصمیم گیرنده اقدام به تخصیص ریسک می‌نمودند؛ ولی رویکرد پیشنهادی در این مقاله منافع و برداشت طرف مقابل را اندازه‌گیری کرده و در تصمیم‌گیری خود وارد می‌نماید. از این لحاظ الگوی ارائه شده دینامیک‌تر بوده و امکان تفاهم دو طرف را در زمان کمتر و با هزینه پائین‌تر فراهم می‌کند.

۲- معرفی مدل گراف

مدل گراف از منطق ریاضی گراف و تئوری بازی‌ها برای تشریح گرافیکی موقعیت‌های تصمیم‌گیری و حل اختلاف استفاده می‌کند [۲۸]. برای اولین بار نورمن[3] و همکاران تئوری گراف را تشریح و معرفی نمودند [۲۹] و بعداً فنگ[4] و همکاران از مدل گراف برای حل اختلاف استفاده کردند [۳۰]. ریشه‌های مدل گراف را در تئوری کلاسیک بازی‌ها [۳۱]، تحلیل بازی‌ها[5] [۳۲] و تحلیل اختلاف [۲۸] می‌توان یافت.

1 Final offer arbitration
2 Decision Support System (DSS)

3 Norman
4 Fang
5 Meta Game Analysis



شکل ۲. حالت‌های مختلف تصمیم [۱۳]

Fig. 2. Different decision modes

۲- ۱- مدل‌سازی اختلاف با تئوری بازی‌ها

در مدل گراف، هر نوع اختلاف در قالب یک مسئله تصمیم‌گیری مدل می‌شود که شامل دو تصمیم گیرنده[1] (DM)، گزینه‌های تصمیم‌گیری و اولویت‌های آن‌ها می‌باشد. برای تشریح چگونگی تصمیم‌گیری در مدل گراف، مسئله معروف تصمیم‌گیری زندانیان آنچنان که کاساب[2] و همکاران نشان داده‌اند مرور می‌گردد [۲۴]. این مسئله بارها برای بررسی رفتار تصمیم گیرندگان در شرایط حل اختلاف به کار گرفته شده است [۳۳]. در این مسئله، دو متهم در سلول‌های مجزا بدون تماس با یکدیگر بازجویی می‌شوند. قاضی بازجو دلیل کافی برای محکوم کردن دو متهم ندارد، لذا سعی دارد از آن‌ها اعتراف بگیرد. بر اساس نحوه همکاری دو متهم با یکدیگر سه انتخاب متفاوت پیش روی آن‌ها است [۲۴]:

۱-در صورت همکاری و عدم اعتراف هر دو نفر، هر دو به یک سال محکوم می‌شوند.

۲-در صورت همکاری یک نفر و عدم همکاری دیگری، اعتراف کننده آزاد و دیگری ۱۰ سال محکوم می‌شود.

۳-اگر هر دو بهم خیانت کرده و اعتراف نمایند، هر کدام به ۵ سال محکوم می‌شوند.

در نتیجه هر کدام از متهمان در جایگاه تصمیم‌گیری دو استراتژی متفاوت همکاری یا عدم همکاری با طرف مقابل را دارد؛ که منجر به چهار سناریوی: همکاری دو طرف (CC)، همکاری یک طرف و عدم همکاری طرف مقابل (CD یا DC) و عدم همکاری دو طرف (DD) خواهد شد. این سناریوها با عبارتی دو بخشی نمایش داده می‌شوند که بخش اول استراتژی تصمیم گیرنده اول و بخش دوم استراتژی تصمیم گیرنده دوم مبنی بر همکاری (C) یا عدم همکاری (D) است [۲۴].

نمودار درختی شکل ۲ با نشان دادن مسیرهای حرکت بین حالت‌های متفاوت تصمیم برای هر یک از تصمیم گیرندگان، نمایش گرافیکی مدل گراف ارائه می‌نماید. برای مثال، تصمیم گیرنده اول با تغییر تصمیم از حالت همکاری (C) به عدم همکاری (D) می‌تواند سناریوی تصمیم را از حالت (CC) به سناریوی (DC) تبدیل نماید و در نتیجه از محکومیت یک ساله بگریزند و آزاد گردد (شکل ۲). این یک حرکت یک طرفه از سوی تصمیم گیرنده اول است، چرا که فرض شده است موقعیت تصمیم برای تصمیم گیرنده دوم به صورت ثابت و برابر C باشد.

1 Decision Maker (DM)
2 Kassab

جدول ۱. مقایسه استراتژی‌های تصمیم‌گیری [۲۸]

Table 1. Comparison of decision strategies

	نش (R)	منطق عمومی (GMR)	منطق متوازن (SMR)	پایداری ترتیبی (SEO)	حرکات محدود (LM)	دور اندیش (NM)
آینده نگری	کم (۱ حرکت)	متوسط (۲ حرکت)	متوسط (۳ حرکت)	متوسط (۲ حرکت)	متغیر (h حرکت)	**نامحدود**
عقب نشینی استراتژیک	هرگز	از سوی حریف	از سوی حریف	هرگز	استراتژیک	**استراتژیک**
آگاهی از اولویت‌ها	فقط خودش	فقط خودش	فقط خودش	همه	همه	**همه**
ریسک پذیری	در نظر نمی‌گیرد	محتاط	محتاط	قابل قبول	استراتژیک	**استراتژیک**

در شکل ۲، همچنین ترتیب اولویت گزینه‌های تصمیم بر اساس مطلوب‌ترین گزینه تا پایین‌ترین گزینه نمایش داده شده است. بر این اساس، برای تصمیم گیرنده اول گزینه ۳ بیش‌ترین ترجیح را دارد و بعد از آن به ترتیب گزینه‌های ۱ و ۴ و در آخر ۲ می‌باشد.

دشواری و پیچیدگی این مسئله برای دو زندانی، تصمیم‌گیری در شرایطی است که از تصمیم طرف مقابل مطلع نباشند. این مثال، نشان می‌دهد که همکاری یا عدم همکاری تصمیم گیرندگان، چگونه می‌تواند به نتیجه فرآیند تصمیم‌گیری تأثیر بگذارد. در مسئله تخصیص ریسک، فرآیند تصمیم‌گیری به مراتب پیچیده‌تر و دشوارتر از مثال ارائه شده برای زندانیان می‌باشد.

۲- ۲- حل اختلاف با منطق گراف

وقتی یک مدل تصمیم‌گیری به صورت گرافیکی ترسیم گردید، می‌توان پایداری[1] موقعیت‌های تصمیم را برای هر یک از تصمیم گیرندگان تحلیل نمود. مطابق جدول ۱، استراتژی متداول برای تصمیم گیرندگان برای حالت‌های پایداری به شرح زیر است [۲۴]:

الف) پایدار نش[2]: این استراتژی بیان کننده حالتی است که تصمیم‌گیرنده اول نتواند به موقعیت مطلوب‌تر انتقال یابد. لذا این موقعیت برای تصمیم گیرنده یک حالت پایدار بر اساس روش نش می‌باشد.

ب) منطق عمومی[3]: در روش منطق عمومی، دو تصمیم‌گیرنده تمامی اقدامات متقابل رقیب را بررسی می‌کنند. اگر حرکت به موقعیت جدید بتواند احتمال قرارگیری تصمیم گیرنده در شرایط با مطلوبیت کمتر را ایجاد کند، لذا موقعیت موجود بر اساس تعادل منطق عمومی، برای تصمیم گیرنده اول یک حالت پایدار می‌باشد. در این حالت تصمیم گیرنده بایست در نظر داشته باشد که طرف مقابل ممکن است برای آن که رقیب در موقعیت بدتری قرار گیرد، حرکتی را حتی به زیان خود نیز انجام دهد.

ج) منطق متوازن[4]: در روش منطق متوازن، یک تصمیم گیرنده تنها به اقدامات متقابل رقیب خود اکتفا نمی‌کند و بلکه جواب خودش به این اقدامات را هم بررسی می‌کند. اگر تصمیم گیرنده در حرکت سوم، بتواند از موقعیت نامطلوب فرار کرده و به موقعیت مطلوب‌تری تغییر مکان دهد، لذا موقعیت موجود حالت پایداری برای تصمیم گیرنده اول مطابق روش منطق متوازن می‌باشد.

د) پایداری ترتیبی[5]: روش پایداری ترتیبی مشابه روش منطق عمومی است با این تفاوت که در آن تنها حرکت‌های دارای منفعت مجاز است و حرکت به شرایط نامطلوب‌تر با قصد زیان زدن به رقیب ممنوع است.

استراتژی‌های تصمیم گیرندگان نشان دهنده سطح پیش‌بینی حرکات طرف مقابل است. پایداری نش قابلیت پیش‌بینی کمی دارد و هر چه قابلیت پیش‌بینی تصمیم گیرنده بالاتر می‌رود، به استراتژی‌های تصمیم‌گیری بالاتری می‌تواند دست یابد. استراتژی نش و پایداری ترتیبی حرکت به موقعیت نامطلوب را مجاز نمی‌کند، در حالی که استراتژی‌های منطق عمومی و منطق متقارن مجوز حرکت به موقعیت نامطلوب‌تر را فقط برای طرف

1 Stability
2 Nash
3 General Meta rationality (GMR)
4 Symmetric Meta rationality
5 Sequential Stability

شکل ۳. فرآیند حل مسئله و روند توسعه مدل تصمیم‌گیری گراف

Fig. 3. Problem solving process and graph decision model development process

مقابل مجوز می‌نماید. استراتژی‌های تصمیم‌گیری متفاوت همچنین نشان دهنده سطوح مختلف دانش اولویت است. به عنوان مثال، استراتژی‌های نش منطق متوازن تصمیم گیرنده تنها از اولویت‌های خودش مطلع است. در حالی که استراتژی ترتیبی تصمیم گیرنده باید از اولویت طرف مقابل هم مطلع باشد [۳۰].

در تحلیل پایداری، در صورتی که یک موقعیت تصمیم بر مبنای یک استراتژی تصمیم، برای تمام تصمیم گیرندگان پایدار باشد؛ آن موقعیت یک حالت تعادل ایجاد می‌نماید. راه حل نهایی حالتی است که در اکثر استراتژی‌های تصمیم، موقعیت پایدار ایجاد نماید [۲۴].

۳- توسعه مدل پیشنهادی (روش تحقیق)

برای انتخاب تخصیص ریسک‌ها، فرآیند مذاکرات تخصیص ریسک در قالب یک مسئله حل اختلاف مدل‌سازی شده است. سپس با کمک منطق گراف و تئوری بازی‌ها، یک سیستم تصمیم‌گیری توسعه یافته است که این قابلیت را دارا است که مناسب‌ترین تخصیص ریسک‌ها را به تصمیم‌گیرنده (کارفرما یا پیمانکار) ارائه دهد. شکل ۳ فرآیند مدل‌سازی و حل مسئله را نشان می‌دهد.

در مدل پیشنهادی، دو تصمیم گیرنده وجود دارد: یک تصمیم گیرنده کارفرما است که تا حد ممکن می‌خواهد ریسک‌های پروژه را به طرف مقابل منتقل نماید و تصمیم‌گیرنده دوم پیمانکار است که می‌خواهد سود بیشتری را از پذیرش ریسک‌های پروژه به دست آورد. عامل کارفرما (W)، دارای رفتاری ریسک گریز است که تمایل دارد تا حد ممکن ریسک‌های کمتری را متحمل شود و عامل پیمانکار (C) دارای رفتاری ریسک پذیر است که حاضر به خطر کردن و پذیرش سطح بالاتری از ریسک‌ها است [۱۰].

در نهایت یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری[1] برای انتخاب تخصیص ریسک با استفاده از مدل گراف توسعه یافته است و در قالب یک برنامه نرم افزاری در محیط متلب کدنویسی شده است. نتایج سیستم تصمیم‌گیری پیشنهادی در یک مطالعه موردی به کارگیری و صحت سنجی شده است. شکل ۴ ساختار مدل تصمیم‌گیری گراف را نمایش می‌دهد که شامل یک سیستم ورود اطلاعات، یک موتور تحلیل و یک سیستم اطلاعات خروجی است.

در ادامه مراحل توسعه مدل گراف پیشنهادی برای شناسایی تخصیص متعادل ریسک‌ها، در ۷ گام تشریح گردیده است.

1 Decision Support system

شکل ۴. ساختار سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری گراف

Fig. 4. Graph decision support system structure

۳- ۱- شناسایی موقعیت‌های تصمیم

موقعیت تصمیم بیان کننده یک جفت تصمیم است که هر دو طرف بازی اقدام به انتخاب گزینه‌های مطلوب خود نموده‌اند، و نهایتا منجر به یک ارزیابی از هزینه‌های مدیریت ریسک می‌گردد. برای شناخت موقعیت‌های تصمیم[1]، ضمن بررسی مطالعات قبل ([۱۰]، [۱۲] و [۱۳])؛ سوابق تخصیص ریسک در ۱۴ پروژه حوزه آب و نیرو که با قرارداد طرح و ساخت منعقد گردیده‌اند، مطالعه گردید.

جدول ۲ در ادامه گزینه‌های مختلف اتخاذ شده از سوی هر یک از تصمیم گیرندگان (کارفرما و پیمانکار) را به تفکیک پروژه‌ها نمایش می‌دهد. عدد ذکر شده در هر خانه این جدول، نشان دهنده تعداد ریسک‌هایی است که با آن استراتژی خاص اقدام شده‌اند. به عنوان مثال با مطالعه قرارداد و گزارشات کنترل پروژه تصفیه خانه شماره ۱، در مجموع ۲۰ عنوان ریسک شناسایی شد که ۶ مورد از آن‌ها به پیمانکار تخصیص یافته بود ($W_۲$) و ۷ مورد به هیچ عاملی تخصیص نیافته بود ($W_۴$).

موقعیت‌های تصمیم حالت‌های ترکیبی را بیان می‌کنند که هر دو بازیگر، اقدام به تصمیم‌گیری از میان گزینه‌های تصمیم ذکر شده در جدول ۲ می‌نمایند. در این حالت، یک موقعیت تصمیم برای تصمیم گیرنده ایجاد می‌شود که در آن نه تنها تصمیم خودش مشخص شده است، بلکه تصمیم طرف مقابل در برابر ایشان هم مشخص گردیده است. مثلا موقعیت ۱۲ به معنای حالتی است که در آن کارفرما گزینه $W_۱$ خود را انتخاب کرده است و در مقابل پیمانکار گزینه $C_۲$ خود را اتخاذ نموده است.

۳- ۲- موقعیت‌های تصمیم ممکن

ولی تمامی ترکیبات قابل تصور گزینه‌های تصمیم، امکان‌پذیر نمی‌باشد. بلکه بایست موقعیت‌های تصمیم امکان‌پذیر[2] را از میان ترکیبات متفاوت جدول ۲، شناسایی نمود که در آن هر دو بازیگران اقدام به تصمیم‌گیری نمایند. برای این منظور موقعیت‌های تصمیم بررسی شده و حالت‌های ممکن در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است.

در جدول ۴ موقعیت‌های ممکن معرفی شده‌اند به عنوان نمونه، موقعیت $D_{۱۶}$ بیان کننده حالتی که کارفرما مسئولیت مدیریت ریسک را "نگهداشت" است، و در مقابل پیمانکار با "طرح ادعا" تلاش می‌نماید منافع خود را حفظ کند.

۳- ۳- نتقال بین موقعیت‌ها

مدل گراف برای تصمیم‌گیری تخصیص ریسک در نمودار شکل ۵ نمایش داده شده است. این گراف نشان می‌دهد که کارفرما به عنوان تصمیم گیرنده اول می‌تواند موقعیت تصمیم‌گیری خود را از گزینه $W_۱$ تا $W_۴$ تغییر دهد و در مقابل پیمانکار نیز می‌تواند بین گزینه‌های $C_۱$ تا $C_۲$ انتقال نماید.

بر اساس حرکت تصمیم گیرندگان بین موقعیت‌های تصمیم، سناریوهای متفاوتی برای تخصیص ریسک‌ها قابل تصور است. سناریوهای متفاوت، هزینه‌های متفاوتی را تحمیل کرده و البته مطلوبیت متفاوتی را برای تصمیم گیرنده ایجاد می‌کند.

1 Decision States

2 Feasible State

جدول ۲. گزینه‌های تصمیم در مذاکرات تخصیص ریسک

Table2. Decision Options in Risk Allocation Negotiations

تصمیم‌گیرنده		گزینه تصمیم	تصفیه خانه ۱	تصفیه خانه ۲	تصفیه خانه ۳	خط انتقال ۱	خط انتقال ۲	سد ۱	سد ۲	سد ۳	سد ۴	سد ۵	نیروگاه آبی ۱	نیروگاه آبی ۱	نیروگاه خورشیدی ۱	نیروگاه خورشیدی ۲
		مجموع ریسک‌های شناسایی شده	۲۰	۱۴	۱۴	۱۶	۱۴	۲۴	۲۲	۱۶	۲۲	۲۰	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
کارفرما	W_1	نگهداشت ریسک	۳	۰	۱	۰	۳	۲	۱	۰	۴	۲	۰	۲	۰	۰
	W_2	تخصیص پیمانکار	۶	۶	۵	۸	۴	۱۵	۱۲	۸	۱۴	۱۲	۷	۸	۱۰	۹
	W_3	انتقال به عامل سوم	۱	۲	۲	۱	۰	۳	۳	۱	۲	۲	۱	۲	۰	۰
	W_4	کاهش و تسهیم ریسک	۲	۲	۲	۱	۱	۳	۲	۱	۲	۲	۲	۰	۱	۱
	W_5	حذف ریسک	۱	۳	۳	۴	۳	۰	۴	۲	۰	۲	۲	۴	۰	۱
	W_6	عدم تخصیص	۷	۱	۱	۲	۳	۲	۰	۴	۰	۰	۰	۲	۱	۱
پیمانکار	C_1	افزایش هزینه	۱۲	۷	۵	۱	۳	۲	۱۲	۳	۱۴	۱۲	۷	۸	۵	۷
	C_2	کاهش کیفیت	۲	۲	۲	۲	۳	۷	۳	۰	۱	۳	۱	۲	۰	۰
	C_3	افزایش زمان	۵	۲	۲	۳	۰	۱۰	۴	۶	۳	۳	۲	۴	۲	۲
	C_4	افزایش بهره‌وری	۰	۲	۱	۱	۰	۲	۲	۱	۴	۲	۰	۰	۰	۲
	C_5	درخواست تضمین	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۰
	C_6	طرح ادعا	۱	۱	۳	۵	۳	۳	۱	۴	۰	۰	۲	۲	۳	۱
	C_7	خاتمه پیمان	۰	۰	۱	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰

جدول ۳. بررسی موقعیت‌های تصمیم

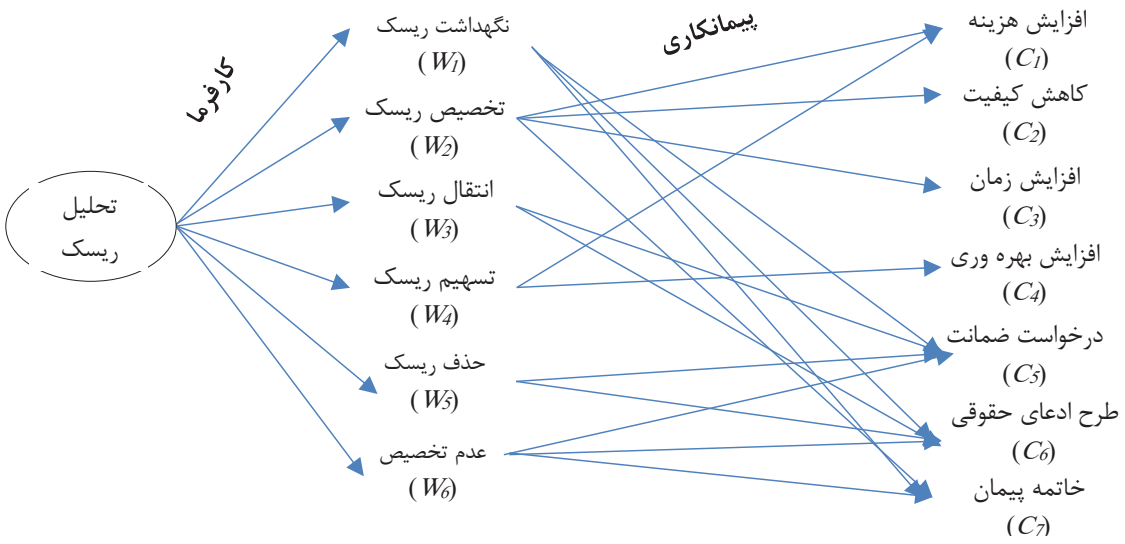
Table 3. Review of decision States

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
W_1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	D_{15}	D_{16}	**D_{17}**
W_2	D_{21}	D_{22}	D_{23}	D_{24}	N.A.	N.A.	**D_{27}**
W_3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	D_{35}	D_{36}	**N.A.**
W_4	D_{41}	N.A.	N.A.	D_{44}	N.A.	N.A.	**N.A.**
W_5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	D_{55}	D_{56}	**N.A.**
W_6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	D_{65}	D_{66}	**D_{67}**

جدول۴. معرفی موقعیت‌های تصمیم ممکن

Table4. Introduce possible decision States

موقعیت تصمیم	کارفرما	پیمانکار	موقعیت تصمیم	کارفرما	پیمانکار
D_{15}	نگهداشت	درخواست تضامین	D_{35}	انتقال به عامل سوم	درخواست تضمین
D_{16}	نگهداشت	طرح ادعا	D_{36}	انتقال به عامل سوم	طرح ادعا
D_{17}	نگهداشت	خاتمه پیمان	D_{41}	تسهیم ریسک	افزایش هزینه
D_{21}	تخصیص ریسک	افزایش هزینه	D_{44}	تسهیم ریسک	افزایش بهره وری
D_{22}	تخصیص	کاهش کیفیت	D_{55}	حذف ریسک	درخواست تضمین
D_{23}	تخصیص	افزایش زمان	D_{56}	حذف ریسک	طرح ادعا
D_{24}	تخصیص	افزایش بهره وری	D_{65}	عدم تخصیص ریسک	درخواست تضمین
D_{27}	تخصیص	خاتمه پیمان	D_{66}	عدم تخصیص ریسک	طرح ادعا
			D_{67}	عدم تخصیص ریسک	خاتمه پیمان



شکل ۵. موقعیت‌های تصمیم ممکن برای تصمیم گیرندگان تخصیص ریسک

Fig. 5. Possible decision situations for risk allocation decision makers

۳- ۴- تعیین اولویت‌های تصمیم‌گیری

برای هر تصمیم گیرنده تعیین الویت تخصیص ریسک، بر اساس تحلیلی که از میزان ریسک‌ها دارد متفاوت خواهد بود. هر چه ارزیابی تصمیم گیرنده از احتمال وقوع یا تاثیر ریسک بالاتر باشد، بیشتر تمایل خواهد داشت سیاست‌های تدافعی اتخاذ نماید و لذا موقعیت‌های تصمیم تدافعی الویت بیشتری خواهند داشت.

طبیعی است که هر طرف تمایل دارد ریسک بیشتری را به طرف مقابل خود منتقل کرده و در معرض مخاطره کمتری باشد. ولی برای آن که بتواند حرکات طرف مقابل را شناسایی نماید، بایست تحلیل طرف مقابل از میزان ریسک را هم برآورد نماید و بر اساس این ارزیابی، الویت‌های تصمیم گیرنده طرف مقابل پیش‌بینی می‌شود.

جدول ۵. ارزیابی ریسک‌ها

Table 5. Risk assessment

میزان تاثیر / احتمال وقوع	بدون تاثیر	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
نامحتمل	۱	۱	۲	۲	۲
کم	۱	۲	۲	۳	۳
متوسط	۲	۲	۳	۴	۴
بالا	۲	۳	۴	۴	۵
خیلی زیاد	۲	۳	۴	۵	۵

روش تحلیل ریسک‌ها به صورت کمی و با استفاده از جدول ۵ در زیر است. مقادیر نمایش داده شده در جدول ارزش ریسک است که بر مبنای برآورد احتمال وقوع و میزان تاثیر هر ریسک تعیین می‌شود. برای تکمیل این فرآیند، کافی است که تصمیم گیرنده ارزیابی خود را از احتمال وقوع و میزان تاثیر هر ریسک بر اهداف پروژه، در قالب واژه‌های کیفی در نرم افزار وارد کند تا ارزش هر ریسک را بر اساس جدول ۵ محاسبه گردد.

اطلاعات تحلیل ریسک‌های صورت گرفته در این مرحله به نرم افزار پشتیبان تصمیم‌گیری وارد می‌شود تا الویت‌های تصمیم هر یک از تصمیم‌گیران را به صورت مقایسه ترجیحی موقعیت‌های تصمیم مشخص سازد.

۳- ۵- تحلیل پایداری و تعیین نقاط تعادل

در این مرحله، پایداری موقعیت‌های تصمیم را برای هر یک از تصمیم گیرندگان تحلیل می‌گردد. در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری توسعه یافته در این مقاله، بر اساس میزان پیش‌بینی پذیری رفتار طرف مقابل، چهار استراتژی متداول برای حالت‌های پایداری: نش، منطق عمومی، منطق متوازن و پایداری ترتیبی تحلیل می‌گردد.

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری پیشنهادی، موقعیت‌های تصمیمی که در تحلیل پایداری برای تمام تصمیم‌گیران پایدار باشد را به عنوان نقاط تعادل شناسایی می‌کند.

۳- ۶- ارزیابی استراتژی‌ها و انتخاب تخصیص ریسک

نقاط تعادل شناسایی شده، موقعیت‌هایی را نشان می‌دهند که هر دوی تصمیم‌گیران تمایلی به تغییر آن نداشته و از این لحاظ می‌تواند به عنوان تصمیم نهایی تخصیص ریسک انتخاب شوند. ولی از آنجا که ممکن است مدل بیش از یک نقطه تعادل را پیشنهاد دهد، هر تصمیم‌گیری بر اساس استراتژی‌های مدیریت ریسک و قابلیت اعتماد به پیش‌بینی رفتار طرف مقابل، الویت را برای انتخاب به برخی از این نقاط تعادل می‌دهد.

در مدل پیشنهادی این امکان وجود دارد که با انتخاب تصمیم‌گیران متفاوت، استراتژی‌های متمایزی را برای مدیریت ریسک منطبق گردد. با انتخاب کارفرما به عنوان تصمیم گیر اصلی، از آنجا که کارفرما رفتار ریسک گریزی[1] دارد؛ سیاست‌های تدافعی اتخاذ شده و نقاطی به عنوان تصمیم نهایی انتخاب خواهند شد که موجب کمترین مخاطره و تعهد برای کارفرما باشد. در مقابل اگر پیمانکار به عنوان تصمیم گیر اصلی انتخاب شود، از آنجا که پیمانکار رفتار ریسک پذیری دارد؛ نرم‌افزار الویت را به موقعیت‌هایی می‌دهد که بیش‌ترین مخاطره و احتمالا بالاترین سود را داشته باشند.

۴- پیاده سازی مدل پیشنهادی در یک پروژه موردی و کنترل صحت عملکرد

برای کنترل عملکرد مدل پیشنهادی، این مدل در یک پروژه موردی پیاده‌سازی شده است و نتایج آن با مطالعات مشابه مورد مقایسه قرار گرفته است. پروژه انتخاب شده، تصفیه خانه فاضلاب است که در یکی از مناطق آزاد تجاری کشور در مرداد ماه سال ۱۳۹۸ برای اجرا به روش طرح و ساخت تعریف شده است. هدف پروژه تصفیه فاضلاب منطقه صنعتی و انبارهای منطقه آزاد با تکنولوژی پکیج‌های پلی اتیلن و شامل بر سه مدول با ظرفیت ۲۶۵۰ متر مکعب پساب تصفیه شده است. این پروژه در قالب یک قرارداد طرح و ساخت با روش تامین مالی به صورت EPC+F واگذار خواهد شد. پیمانکار با تعهد تامین فاینانس، بر روی نحوه واگذاری و عقد قرارداد در حال مذاکره است.

1 risk averse

جدول ۶. نتایج ارزیابی ریسک‌ها

Table 6. Risk assessment results

ردیف	عنوان ریسک	ارزیابی از دیدگاه کارفرما	ارزیابی از دیدگاه پیمانکار
r_1	خطای طراحی	۳	۱
r_2	خطای پیمانکار جز	۳	۴
r_3	کیفیت اجرا	۴	۲
r_4	ایمنی کارگاه	۲	۱
r_5	تاخیر در اخذ مجوزها	۱	۴
r_6	اختلاف در مدارک و مستندات	۲	۲
r_7	تاخیر شخص سوم	۲	۵
r_8	تورم	۴	۵
r_9	دسترسی به مصالح و تجهیزات در محل	۲	۳
r_{10}	مشخصات خاک زیرسطحی	۲	۴
r_{11}	دسترسی به کارگاه	۲	۳
r_{12}	تغییرات مقادیر	۳	۵
r_{13}	شرایط نامناسب آب و هوایی	۱	۲
r_{14}	تغییر در قوانین و مقررات	۱	۲
r_{15}	فورس ماژور	۲	۳
r_{16}	مشکلات کارگری	۱	۱

۴- ۱- ورود اطلاعات

با الگو برداری از مطالعه لام[1] و همکاران [۱۴]، کارفرما اقدام به شناسایی و ارزیابی ۱۲ ریسک پر اهمیت در این قرارداد کرده است که عناوین آن در جدول ۶ نمایش داده شده است. همچنین از کارفرما خواسته شد که ریسک‌ها را به صورت کمی تحلیل نماید که نتایج آن در جدول زیر نشان داده شده است. انجام تحلیل ریسک‌ها بر اساس متد تشریح شده و توسط تیم کارفرمایی انجام شده است.

برای جمع آوری و ارزیابی اطلاعات ورودی به مدل، تیمی از کارفرما متشکل از مجری طرح، مدیر پروژه، نماینده مقیم، سرپرست دفتر مدیریت پروژه[2] و رئیس دستگاه نظارت، در این پژوهش ما را یاری کردند. اعضای تیم کارفرما در قالب روش نامینال گروپ[3] اقدام به تحلیل ارزش هر ریسک در پروژه مورد بررسی نمودند و نتایج تحلیل کارفرما، در نرم افزار وارد گردید.

همچنین اولویت تخصیص ریسک از دیدگاه پیمانکار نیز توسط همان تیم کارفرما، ارزیابی و پیش‌بینی گردید. بدیهی است که ارزیابی دیدگاه پیمانکار دارای عدم قطعیت‌هایی است که در روند مذاکرات و بر اساس پیشنهادت ارائه شده در حین مذاکره می‌تواند تدقیق گردد.

1 Lam

2 Project Management Office (PMO)

3 Nominal Group

جدول ۷. الویت بندی گزینه های تصمیم برای ریسک تغییر مقادیر (r12)

Table 7. Prioritize decision options for risk of changing values (r12)

کارفرما	**D_{24} > D_{23}> D_{44} > D_{36}> D_{21} > D_{41}> D_{16} > D_{56}> D_{22} > D_{66}> D_{35} > D_{15}> D_{55} > D_{65}> D_{27} > D_{17}> D_{67}**
پیمانکار	D_{21} > D_{41}> D_{56} > D_{36}> D_{16} > D_{22}> D_{23} > D_{55}> D_{35} > D_{15}> D_{66}> D_{65} > D_{44}> D_{24} > D_{17}> D_{67}> D_{27}

جدول ۸. تحلیل پایداری نش و نقاط تعادل

Table 8. Nash stability analysis and equilibrium points

موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل	موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل
D_{15}	N	N	-	D_{35}	Y	N	-
D_{16}	N	Y	-	D_{36}	Y	Y	Y
D_{17}	N	N	-	D_{41}	N	Y	-
D_{21}	Y	Y	Y	D_{44}	N	N	-
D_{22}	Y	N	-	D_{55}	N	N	-
D_{23}	Y	N	-	D_{56}	N	Y	-
D_{24}	Y	N	-	D_{65}	N	N	-
D_{27}	Y	N	-	D_{66}	N	Y	-
	N	N	-	D_{67}	N	N	-

۴- ۲- موتور تحلیل

نرم افزار تصمیم‌گیری، بر اساس تحلیل کمی ریسک صورت گرفته توسط تیم کارفرما (جدول ۵)، الویت‌های موقعیت‌ها را برای هر ریسک رتبه بندی می‌نماید. به عنوان نمونه، نتایج الویت بندی موقعیت‌های تصمیم‌گیری از دیدگاه کارفرما و پیمانکار برای ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) در جدول ۷ نشان داده شده است.

مقدار تعیین شده در ذیل هر گزینه تصمیم به معنای میزان ارجحیت آن گزینه نسبت به دیگر گزینه‌ها از دیدگاه تصمیم گیرنده خاص است. به عنوان مثال موقعیت $D_{۲۴}$ برای کافرما دارای بالاترین اولویت است چرا که می‌تواند مسئولیت ریسک را به پیمانکار منتقل نماید و در مقابل اهداف پروژه (هزینه، زمان یا کیفیت) نیز متاثر نمی‌شود. در مقابل موقعیت $D_{۲۱}$ برای پیمانکار بالاترین الویت را دارا است چرا که با اطمینان از توانایی خود در مدیریت موثر ریسک مزبور، می‌تواند با مدیریت هزینه‌های ریسک، سود بالاتری را دریافت نماید.

در گام بعد سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، بر اساس الویت‌های محاسبه شده اقدام به تحلیل پایداری و شناسایی نقاط تعادل می‌نماید. در زیر نتایج تحلیل پایداری برای ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) در چهار استراتژی تصمیم متفاوت ارائه شده است. این فرایند برای تمامی ۱۶ ریسک شناسایی شده توسط نرم افزار صورت گرفته است.

جدول ۸ نمایش نتایج تخصیص ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) بر اساس تحلیل پایداری نش را نمایش می‌دهد. با مراجعه به این جدول مشخص می‌گردد که به عنوان مثال اگر کارفرما (تصمیم گیرنده اول) بتواند تصمیم خود را عوض کرده می‌تواند از موقعیت $D_{۲۱}$ (تخصیص ریسک) به موقعیت شماره $D_{۴۱}$ (تسهیم ریسک) حرکت کند، ولی موقعیت جدید برای او مطلوبیت بیشتری فراهم نمی‌نماید، لذا موقعیت $D_{۲۱}$ برای کارفرما یک حالت پایدار بر اساس روش نش می‌باشد.

جدول ۹ نتایج تحلیل حالت‌های پایدار برای ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) بر اساس منطق عمومی را نمایش می‌دهد. کارفرما به عنوان تصمیم گیرنده اول

جدول ۹. تحلیل پایداری منطق عمومی و نقاط تعادل

Table 9. Stability analysis of general logic and equilibrium points

موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل	موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل
D_{15}	N	N	-	D_{35}	Y	Y	Y
D_{16}	Y	Y	Y	D_{36}	Y	Y	Y
D_{17}	N	N	-	D_{41}	Y	Y	Y
D_{21}	Y	Y	Y	D_{44}	Y	N	-
D_{22}	Y	N	-	D_{55}	Y	Y	Y
D_{23}	Y	N	-	D_{56}	Y	Y	Y
D_{24}	Y	N	-	D_{65}	Y	N	-
D_{27}	Y	N	-	D_{66}	Y	Y	Y
				D_{67}	N	N	-

جدول ۱۰. تحلیل پایداری منطق متوازن و نقاط تعادل

Table 10. Stability analysis of balanced logic and equilibrium points

موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل	موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل
D_{15}	N	N	-	D_{35}	Y	Y	Y
D_{16}	Y	Y	Y	D_{36}	Y	Y	Y
D_{17}	N	N	-	D_{41}	Y	Y	Y
D_{21}	Y	Y	Y	D_{44}	Y	N	-
D_{22}	Y	N	-	D_{55}	Y	Y	Y
D_{23}	Y	N	-	D_{56}	Y	Y	Y
D_{24}	Y	N	-	D_{65}	Y	N	Y
D_{27}	Y	N	-	D_{66}	Y	Y	Y
				D_{67}	N	N	-

برای بهتر شدن جایگاهش، از موقعیت $D_{۴۱}$ (تسهیم ریسک در ازای افزایش هزینه‌ها) به موقعیت $D_{۲۱}$ منتقل شود (بر اساس اولویت‌های تعیین شده در جدول ۴). ولی با بررسی گزینه‌ای تصمیم گیرنده دوم، می‌تواند مشاهده کرد که پیمانکار (تصمیم‌گیرنده دوم) در این حالت می‌تواند از موقعیت $D_{۲۱}$ به موقعیت $D_{۲۴}$ برود که به مراتب برای تصمیم گیرنده اول مطلوبیت کمتری دارد. لذا موقعیت یک بر اساس تعادل منطق عمومی، برای تصمیم گیرنده اول یک حالت پایدار می‌باشد.

جدول ۱۰ نتایج بررسی پایداری گزینه‌های تصمیم برای ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) بر اساس روش منطق متوازن را نشان می‌دهد. به عنوان نمونه برای تصمیم گیرنده اول (کارفرما) حرکت از موقعیت $D_{۴۱}$ به موقعیت $D_{۲۱}$ وضعیت مطلوب‌تری را فراهم می‌نماید ولی در مقابل پیمانکار (تصمیم گیرنده دوم) می‌توان از موقعیت $D_{۲۱}$ به موقعیت $D_{۲۷}$ حرکت کند که جایگاه نامطلوب‌تری برای کارفرما است. ولی در حرکت سوم، تصمیم گیرنده اول می‌تواند از این موقعیت فرار کرده و به موقعیت $D_{۱۷}$ یا $D_{۶۷}$ برود که البته هیچکدام وضعیت مطلوب‌تری نمی‌باشند. لذا موقعیت $D_{۲۱}$ حالت پایداری برای تصمیم گیرنده اول مطابق روش منطق متوازن می‌باشد.

جدول ۱۱ نتایج تحلیل پایداری برای ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) بر مبنای تعادل پایداری ترتیبی نشان می‌دهد. بر مبنای این تحلیل موقعیت‌های $D_{۱۶}$ و $D_{۲۱}$ و $D_{۳۶}$ موقعیت‌های پایدار هستند که دو طرف تصمیم گیرنده به تعادل خواهند رسید.

جدول ۱۱. تحلیل پایداری ترتیبی و نقاط تعادل

Table 11. Sequential stability analysis and equilibrium points

موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل	موقعیت	کارفرما	پیمانکار	تعادل
D_{15}	N	N	-	D_{35}	Y	N	-
D_{16}	Y	Y	Y	D_{36}	Y	Y	Y
D_{17}	N	N	-	D_{41}	N	Y	-
D_{21}	Y	Y	Y	D_{44}	Y	N	-
D_{22}	Y	N	-	D_{55}	N	N	-
D_{23}	Y	N	-	D_{56}	N	Y	-
D_{24}	Y	N	-	D_{65}	N	N	-
D_{27}	Y	N	-	D_{66}	N	Y	-
				D_{67}	N	N	-

۴- ۳- خروجی مدل

همانطور که در جداول ۸ تا ۱۱ مشخص است، کارفرما بر اساس میزان پیش‌بینی پذیری از منافع و رفتار طرف مقابل (پیمانکار) می‌تواند نقاط تعادل متفاوتی را به عنوان تخصیص ریسک انتخاب نماید. تخصیص ریسک متعادل حالتی است که در غالب استراتژی‌های به عنوان نقاط تعادل شناسایی شده باشد. این انتخاب وابسته به استراتژی‌های تصمیم گیرنده و البته میزان اعتمادی که به ارزیابی‌های صورت گرفته از دیدگاه پیمانکار خواهد داشت. در این مطالعه، تیم کارفرما با اتخاذ سیاست محافظه کارانه استراتژی نش را ترجیح داده است. توجیه ایشان آن بود که تحلیل رفتار طرف مقابل دشوار بوده و احتمال خطا در ارزیابی‌ها زیاد است.

بر این اساس، برای ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$)، از بین نقاط تعادل $D_{۲۱}$ و $D_{۳۶}$ که بر اساس استراتژی نش شناسایی شده بود؛ مدل الویت را به گزینه $D_{۲۱}$ داد. در موقعیت $D_{۲۱}$ تخصیص ریسک به پیمانکار صورت گرفته و پیمانکار با دریافت سود متناسب، هزینه‌های پروژه را افزایش خواهد داد. این فرایند برای تمامی ۱۶ریسک شناسایی شده انجام پذیرفته است و جمع بندی تخصیص ریسک در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

البته باید در نظر داشت که این مقادیر، بستگی زیادی به شناسایی اولویت‌های طرف مقابل دارد و توصیه می‌شود که در یک مذاکره تخصیص ریسک برای حالت‌های متفاوت از قابلیت پیش‌بینی پذیری رفتار طرف مقابل، آنالیز حساسیت شده تا بتوان هزینه تصمیم را به درستی تحلیل نمود.

۴- ۴- مقایسه نتایج و صحت سنجی

مقایسه نتایج خروجی مدل پیشنهادی با نتایج ارائه شده در مطالعه لام و همکاران [۱۴] در جدول ۱۲ نمایش داده شده است. در مقایسه با مدل ارائه شده توسط لام و همکاران [۱۴]، نتایج مدل پیشنهادی هفت مورد اختلافی را نشان می‌دهد. به نظر می‌آید که در مدل پیشنهادی لام، تخصیص ریسک در مواردی یک سویه صورت گرفته است در حالی که اگر به هزینه‌های ناشی از تحمیل یک سویه نظرات کارفرما توجه می‌شد، الگوی مناسب‌تری می‌توانست پیشنهاد گردد. به عنوان نمونه در مطالعه لام و همکاران [۱۴] ریسک تاخیر در مجوزها ($r_{۵}$) به پیمانکار اختصاص یافته است، در حالی که کارفرما توانایی و دسترسی مناسب‌تری برای تامین و تمدید مجوزها خواهد داشت و گزینه مناسب‌تری برای تخصیص این ریسک است.

نتایج تحلیل پایداری توسط مدل پیشنهادی در این مقاله نشان می‌دهد که در صورت تخصیص ریسک تاخیر در مجوزها ($r_{۵}$) به پیمانکار، در مقابل پیمانکار با انتخاب استراتژی افزایش زمان و یا طرح ادعا خود را پوشش داده و تبعات تخصیص یک طرفه ریسک را به کارفرما باز می‌گرداند. همچنان که پذیرش مسئولیت ریسک مشخصات خاک‌های زیرسطحی ($r_{۱۰}$) توسط کارفرما (آنچنان که مطالعه لام و همکاران [۱۴] پیشنهاد می‌دهد) نمی‌تواند منجر به تعادل روابط قراردادی دو طرف شود. چرا که علیرغم مسئولیت کارفرما برای انجام مطالعات اولیه، موجب می‌شود که کارفرما دوبار برای یک مسئولیت یکسان پرداخت داشته باشد و به همین دلیل مدل پیشنهادی در این مقاله توصیه نموده است که این ریسک بین دو طرف تسهیم گردد.

جدول ۱۲. مقایسه الگوی تخصیص ریسک مدل پیشنهادی

Table 12. Comparison of risk allocation pattern of the proposed model

ردیف	عنوان ریسک	مدل تخصیص لام	مدل پیشنهادی
r_1	خطای طراحی	پیمانکار	**پیمانکار**
r_2	خطای پیمانکار جز	پیمانکار	**پیمانکار**
r_3	کیفیت اجرا	پیمانکار	**پیمانکار**
r_4	ایمنی کارگاه	پیمانکار	**پیمانکار**
r_5	تاخیر در اخذ مجوزها	پیمانکار	**کارفرما**
r_6	اختلاف در مدارک و مستندات	کارفرما	**کارفرما**
r_7	تاخیر شخص سوم	کارفرما	**کارفرما**
r_8	تورم	تسهیم	**کارفرما**
r_9	دسترسی به مصالح و تجهیزات در محل	پیمانکار	**پیمانکار**
r_{10}	مشخصات خاک زیرسطحی	کارفرما	**تسهیم**
r_{11}	دسترسی به کارگاه	کارفرما	**کارفرما**
r_{12}	تغییرات مقادیر	پیمانکار	**پیمانکار**
r_{13}	شرایط نامناسب آب و هوایی	تسهیم	**پیمانکار**
r_{14}	تغییر در قوانین و مقررات	تسهیم	**کارفرما**
r_{15}	فورس ماژور	کارفرما	**تسهیم**
r_{16}	مشکلات کارگری	پیمانکار	**پیمانکار**

همچنین که مشاهده می‌شود مدل پیشنهادی این مزیت حیاتی را دارد که برخلاف مطالعات مشابه، صرفا عامل مسئول مدیریت ریسک را تعیین نمی‌کند بلکه اقدامات لازم برای رسیدن به تخصیص ریسک متعادل را بیان کرده و تبعات تصمیم را برای تصمیم گیرنده روشن می‌نماید. به عنوان نمونه، این مدل به کارفرما نشان می‌دهد که در صورت تخصیص ریسک تغییر مقادیر ($r_{۱۲}$) به پیمانکار (آنچنان که نرم افزار پیشنهاد می‌کند) می‌بایست تبعات این تصمیم که افزایش هزینه‌های پروژه ناشی از پرداخت سود بالاتر به پیمانکار است را پذیرا باشد.

در انتها نتایج این تحقیق در مقایسه با نتایج مطالعات مشابه، به اطلاع کارفرما و پیمانکار رسانده شد. دو طرف پس از برگزاری دو جلسه مذاکره و بحث در مورد نحوه تنظیم مفاد قرارداد، صحت نتایج مدل پیشنهادی را تائید نمودند. با توافق دو طرف و پذیرش الگوی تخصیص ریسک پیشنهادی برای لحاظ نمودن در موافقت نامه نهایی، صحت عملکرد مدل پیشنهادی تائید گردید.

۵- نتیجه گیری

رسیدن به الگویی مناسب برای تخصیص ریسک‌ها، شرط موفقیت در پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی می‌باشد. ولی دستیابی به الگوی تخصیص ریسک متعادل به دلیل وجود تصمیم گیرندگان متفاوت با منافع و برداشت‌های متفاوت از ریسک‌ها، یک تضاد پیچیده است که موجب می‌شود مذاکرات قراردادی در مشارکت‌های عمومی خصوصی طولانی و پرهزینه باشد

در این مقاله یک رویکرد جدید برای شناسایی تخصیص ریسک، مبتنی بر تئوری بازی‌ها ارائه شده است. برای این منظور رفتار طرفین در طی مذاکرات تخصیص ریسک، با استفاده از تئوری بازی‌ها و در چهارچوب یک مسئله حل اختلاف مدل‌سازی شده است. برای حل این مسئله، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مبتنی بر منطق گراف توسعه داده شده و در قالب یک برنامه نرم افزاری طراحی شده است. سیستم تصمیم‌گیری پیشنهادی در یک پروژه موردی در حوزه صنعت آب و نیرو پیاده سازی شده است و صحت عملکرد آن در مقایسه با مطالعات مشابه تائید شده است.

نتایج به کارگیری این مدل نشان می‌دهد که تخصیص یک طرفه ریسک‌ها بدون در نظر گرفتن الویت‌ها و منافع طرف مقابل می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های کارفرما در شکل افزایش زمان و هزینه، کاهش کیفیت و یا طرح ادعاهای حقوقی گردد. بالاترین بهره‌وری زمانی به دست می‌آید که الویت‌های طرف مقابل در نظر گرفته شود و کارفرما بپذیرد بابت هزینه‌های انتقال ریسک، سود متناسب را به پیمانکار پرداخت نماید. در غیر این صورت تخصیص ریسک نامتعادل می‌تواند به عدم دستیابی به اهداف و شکست پروژه منتهی گردد. البته کارفرما به درستی نگران است که بابت یک ریسک دوبار هزینه پرداخت نکند و بتواند با کمترین قیمت انتقال ریسک‌ها را انجام دهد. مدل‌سازی در قالب تئوری بازی‌ها این امکان را می‌دهد که با شبیه‌سازی مذاکرات قراردادی در قالب مدل گراف، به بهترین تصمیم و کمترین قیمت دست یابد.

برای توسعه این مدل با مطالعات میدانی مفصل، اطلاعات قراردادی چهارده پروژه متفاوت در حوزه صنعت آب و نیرو مستندسازی شده است، و از این لحاظ مدل پیشنهادی بر پایه اطلاعات واقعی توسعه یافته است. استفاده از مدل پیشنهادی، به کارفرما و پیمانکار امکان می‌دهد با تحلیل منافع و الویت‌های طرف مقابل، بهترین تصمیم را برای رسیدن به یک الگوی متعادل تخصیص ریسک شناسایی نمایند. الگوی تخصیص ریسک متعادل متضمن بالاترین حد منافع برای تصمیم گیرنده با پیش‌بینی رفتار طرف مقابل در یک مذاکرات تخصیص ریسک است. لذا روند دستیابی به توافق را آسان کرده و ادعاهای قراردادی را کاهش می‌دهد. همچنین مدل پیشنهادی این مزیت حیاتی را دارد که صرفا عامل مسئول مدیریت ریسک را تعیین نمی‌کند بلکه اقدامات لازم برای رسیدن به تخصیص ریسک متعادل را بیان کرده و تبعات تصمیم را برای تصمیم گیرنده روشن می‌نماید.

تشکر و قدردانی

از شرکت محترم توسعه منابع آب و نیروی ایران به دلیل در اختیار گذاشتن اطلاعات پروژه‌ها و همکاری در روند این تحقیق کمال سپاس و تشکر را دارد.

پیوست-روابط ریاضی تئوری بازی‌ها

برای تشریح نحوه کاربری مدل گراف در حل یک مسئله حل اختلاف، روابط ریاضی تئوری بازی‌ها را بر اساس آنچه فنگ و همکاران [۳۰] ارائه داده‌اند بیان می‌گردد:

در یک مسئله حل اختلاف با n تصمیم گیرنده، مجموعه موقعیت‌های تصمیم به صورت مجموعه $S=\{s_1,...,s_m,....,s_k\}$ خواهد بود. برای تصمیم گیرنده، ساختار الویت‌بندی بین گزینه‌ها با یک مجموعه دو پارامتری $\{\Phi_i \sim i\}$ نشان داده می‌شود که در آن $s_1 f_i s_2$ به معنی آن است که تصمیم گیرنده i موقعیت s_1 را بر موقعیت s_2 ترجیح می‌دهد و $s_1 \sim s_2$ نشان دهنده الویت یکسان موقعیت s_1 با موقعیت s_2 است. بر اساس الویت‌های تصمیم گیرنده i، مجموعه موقعیت‌های تصمیم S می‌تواند به سه دسته تقسیم گردد:

۱- مجموعه $\Phi_i^+(s)=\{s_m : s_m f_i s\}$ شامل موقعیت‌های تصمیمی که از دیدگاه تصمیم گیرنده i بر موقعیت s ترجیح دارند.

۲- مجموعه $\Phi_i^=(s)=\{s_m : s_m \sim_i s\}$ شامل موقعیت‌های تصمیمی که از دیدگاه تصمیم گیرنده i الویت یکسانی با موقعیت s دارند.

۳- مجموعه $\Phi_i^-(s)=\{s_m : s_m f_i s_m\}$ شامل موقعیت‌های تصمیمی که از دیدگاه تصمیم گیرنده i نسبت به موقعیت s الویت پائین تری دارند.

در مدل گراف موقعیت‌های قابل دسترس، موقعیت‌هایی هستند که برای تصمیم گیرنده امکان تغییر موقعیت و انتقال به موقعیت دیگر ممکن باشد. موقعیت‌های ممکن از میان موقعیت‌های $s \in S$ را با $R_i(s) \in S$ نشان می‌دهند که می‌تواند در یکی از سه دسته زیر قرار گیرد:

۱- مجموعه $R_i^+(s)=R_i(s) \cap \Phi_i^+(s)$ نشان دهنده موقعیت‌های ممکن تصمیمی که در صورت جابه‌جایی، موجب بهبود موقعیت از دیدگاه تصمیم گیرنده i می‌شود.

۲- مجموعه $R_i^=(s)=R_i(s) \cap \Phi_i^=(s)$ نشان دهنده موقعیت‌های ممکن تصمیمی که در صورت جابه‌جایی، موجب بهبود موقعیت از دیدگاه تصمیم گیرنده i می‌شود.

۳- مجموعه $R_i^-(s)=R_i(s)\cap\Phi_i^-(s)$ نشان دهنده موقعیت‌های ممکن تصمیمی که در صورت جابه‌جایی، موجب بهبود موقعیت از دیدگاه تصمیم گیرنده i می‌شود.

استراتژی‌های تصمیم برای ۴ حالت تعادل در تئوری بازی‌ها به شرح زیر خواهد بود:

الف) تعادل نش

این استراتژی که بسیار محافظه کارانه بوده و در آن تصمیم گیرنده از هر ریسکی اجتناب می نماید، حالتی را بیان می‌کند که تصمیم گیرنده نتواند هیچ گونه موقعیتی را شناسایی نماید که موجب بهبود شرایط او گردد. در این حالت موقعیت $s\in S$ یک تعادل نش برای تصمیم گیرنده i محسوب می‌شود، که با نشان $s\in S_i^{Nash}$ می‌دهند، اگر و فقط اگر $R_i^+(s)=0$

ب) تعادل منطق عمومی

در این استراتژی محافظه کارانه، تصمیم گیرنده تمامی پاسخ‌های ممکن طرف مقابل را در نظر می‌گیرد. در این حالت $s\in S$ یک تعادل منطقی برای تصمیم گیرنده محسوب می‌شود و با $s\in S_i^{GMS}$ نشان داده می‌شود، اگر و تنها اگر برای هر $s_1\in R_i^+(s)$ یک $s_2\in R_j(s_1)$ وجود داشته باشد به نحوی که $s_2\in\Phi_i^=(s)\cup\Phi_i^-(s)$ برقرار باشد.

ج) تعادل منطق متقارن

در این تعادل، تصمیم گیرنده علاوه بر پاسخ طرف مقابل، جواب متقابل خود را نیز در نظر می‌گیرد. یک موقعیت $s\in S$ تعادل منطق متقارن خواهد داشت و با $s\in S_i^{SMR}$ نشان داده می‌شود اگر و فقط اگر برای هر $s_1\in R_i^+(s)$ یک $s_2\in R_j(s_1)$ وجود داشته باشد به نحوی که $s_2\in\Phi_i^=(s)\cup\Phi_i^-(s)$ و برای تمام $s_3\in R_j(s_2)$ رابطه $s_3\in\Phi_i^=(s)\cup\Phi_i^-(s)$ برقرار باشد.

د)پایداری ترتیبی

این استراتژی که کمتر محافظه کارانه است، فقط پاسخ‌های دارای منفعت برای رقیب را در نظر می‌گیرد. یک موقعیت $s\in S$ تعادل پایدار ترتیبی خواهد داشت و با $s\in S_i^{SEQ}$ نشان داده می‌شود اگر و فقط اگر برای هر $s_1\in R_i^+(s)$ یک $s_2\in R_j(s_1)$ وجود داشته باشد به نحوی که $s_2\in\Phi_i^=(s)\cup\Phi_i^-(s)$ برقرار باشد

منابع

[1] C.M. Gordon, Choosing appropriate construction contracting method, Journal of construction engineering and management, 120(1) (1994) 196-210.

[2] A. Nagendra, A. Sharan, Risk Analysis for Project Management, Journal of Applied Management-Jidnyasa, 9(2) (2018) 22-31.

[3] 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.

[4] 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.

[5] G. Khazaeni, M. Khanzadi, A. Afshar, Optimum risk allocation model for construction contracts: fuzzy TOPSIS approach, Canadian Journal of Civil Engineering, 39(7) (2012) 789-800.

[6] 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.

[7] D. Perez, J. Gray, M. Skitmore, Perceptions of risk allocation methods and equitable risk distribution: a study of medium to large Southeast Queensland commercial construction projects, International Journal of Construction Management, 17(2) (2017) 132-141.

[8] C.K. Tembo-Silungwe, N. Khatleli, Development of risk misallocation causal networks using interpretive judgement in the construction industry, International Journal of Construction Management, (2020) 1-15.

[9] W. Bank, Global Development Finance 2002 Vol 1: Financing the Poorest Countries. ANALYSIS AND SUMMARY TABLES, The World Bank, 2002.

[10] F. Medda, A game theory approach for the al-

eral terms of the three-factor contract, Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning, 3(46) (2011) 39-50. (In Persian)

[21] G. Khazaeni, M. Fatahi, E. Zeighami, E. Abasian, Optimal risk allocation multi-objective decision model; Multi-objective optimization algorithm of ant community, ASAS Scientific and Research Journal, 21(55) 44-54. (In Persian)

[22] B. Rasouli, S. kheradiar, B. Banimohamad, , Ranking and allocation of critical risks of public-private partnership stages with Delphi technique in the context of resistance economy (Case study: water and sewage industry of Guilan province), Journal of Investment Knowledge, 7(27) (2018) 125-140. (In Persian)

[23] 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. (In Persian)

[24] M. Kassab, K. Hipel, T. Hegazy, Conflict resolution in construction disputes using the graph model, Journal of construction engineering and management, 132(10) (2006) 1043-1052.

[25] F. Orrego Vicuña, Arbitration in a New International Alternative Dispute Resolution System, ICSID News, 18(2) (2001).

[26] H. Mann, A. Cosbey, L. Peterson, K. von Moltke, Possible improvement of the framework for ICSID arbitration, Comments on ICSID Discussion Paper, (2004).

[27] A. Johnston, S. Iwasaki, Effective Use of Alternative Dispute Resolution (ADR) Provisions, in, Morrison and Foerster Legal Updates and News, March, 2003.

[28] K.W. Hipel, L. Fang, D.M. Kilgour, The graph model for conflict resolution: Reflections on three decades of development, Group Decision and Negotiation, 29(1) (2020) 11-60.

[29] R.Z. Norman, Structural models: An introduction to the theory of directed graphs, (1965).

[30] L. Fang, K.W. Hipel, D.M. Kilgour, Interaclocation of risks in transport public private partnerships, International journal of project management, 25(3) (2007) 213-218.

[11] L. Bing, A. Akintoye, P.J. Edwards, C. Hardcastle, The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK, International Journal of project management, 23(1) (2005) 25-35.

[12] E. Fisk, Construction Project Administration Prentice Hall, New Jersey, USA, (1997).

[13] F. Nasirzadeh, M. Khanzadi, M. Rezaie, Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects, International Journal of Project Management, 32(3) (2014) 442-451.

[14] K.C. Lam, D. Wang, P.T. Lee, Y.T. Tsang, Modelling risk allocation decision in construction contracts, International journal of project management, 25(5) (2007) 485-493.

[15] K. Almarri, S. Alzahrani, H. Boussabaine, An evaluation of the impact of risk cost on risk allocation in public private partnership projects, Engineering, Construction and Architectural Management, (2019).

[16] R. Rafaat, H. Osman, M. Georgy, M. Elsaid, Preferred risk allocation in Egypt's water sector PPPs, International Journal of Construction Management, 20(6) (2020) 585-597.

[17] K. Ashmawi, L.A. Hadidi, S. Assaf, F.M. Tuffaha, K. Al-Ofi, Risk assessment and allocation in the contract for public works used in Saudi Arabia construction industry, Cogent Engineering, 5(1) (2018) 1490148.

[18] C.K. Tembo-Silungwe, N. Khatleli, Identification of enablers and constraints of risk allocation using structuration theory in the construction industry, Journal of Construction Engineering and Management, 144(5) (2018) 04018021.

[19] A. Shrestha, J. Tamošaitienė, I. Martek, M.R. Hosseini, D.J. Edwards, A principal-agent theory perspective on PPP risk allocation, Sustainability, 11(22) (2019) 6455.

[20] M. Parchami, E. Tghizadeh, B. Saghi, , Examining the contractual allocation of risks in the gen-

[32] N. Howard, Paradoxes of rationality: Theory of metagames and political behaviour, MIT press, 1971.

[33] J.F. Nash, Equilibrium points in n-person games, Proceedings of the national academy of sciences, 36(1) (1950) 48-49.

tive decision making: the graph model for conflict resolution, John Wiley & Sons, 1993.

[31] O. Morgenstern, J. Von Neumann, Theory of games and economic behavior, Princeton university press, 1953.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

G. Khazaeni , A. Khazaeni , The Graph Decision Model for Risk Allocation in Design-Build Contracts; Game Theory approach, Amirkabir J. Civil Eng., 54(1) (2022) 323-342.

DOI: 10.22060/ceej.2021.18789.6963

این صفحه عمداً خالی است