



Identifying and Evaluating Key Factors Affecting Tender Failure: A Case Study of a Contracting Company

Mohammad Hossein Karimi Gavarashki^{*1}, Karim Atashgar²,

Fateme Malekaee Ashtiyani³

(Received:2024.03.25 - Accepted:2024.04.24)

Abstract

The goal of contractors for participating in a tender is to make profit; so, they should identify and evaluate the effective factors that contribute to the success of the tender. Hence, the purpose of this study is to identify the key factors affecting the risk of failure in design and construction tenders and to estimate the risk of failure of the tender for the contracting company. The most important factors affecting the risk of tender failure were identified by using the design of experiment method at the 95% confidence level. The risk assessment was conducted based on the records of 64 tenders in which a contracting company in Tehran participated, supplemented by the data collected through a questionnaire. The validity of the questionnaire was confirmed by experts in terms of content and form, and its reliability measured by Cronbach's alpha was 0.7463. The risk of failure was estimated by Using regression analysis method and fuzzy inference system, in Mini Tab and MATLAB software. The RMSE value of the regression model was 0.57 which is equal to 0.75 in the fuzzy inference model. By comparing this criterion across the models, the superiority of the regression model over the fuzzy inference model for estimating the risk of tender failure was observed. Among the factors affecting the risk of tender failure, the contractor's financial ability, contract adjustment, the employer's financial situation and the financing method variables have a high impact, prepayment has a moderate impact, and the consortium members' and the state of machinery and equipment have a low impact on the risk of failure.

Key Words: contractor, design of experiment, fuzzy inference system, regression, tender failure risk

1.Ph.D. candidate ,Department of Industrial Engineering, Faculty of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

2.Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

*.Corresponding Author: mh_karimi@mut.ac.ir

3.Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

1. Introduction

When an organization seeks to delegate executive operations to external companies, it initiates a tendering process, inviting several contractors to enter the competition. The company that offers the best quality at the lowest cost is chosen as the winner of the tender. The purpose of contractors in participating in tenders is to compete for earning a profit. These companies strive to offer the most competitive quality and price. In order to make profit, contractor companies must identify and evaluate the key factors that influence their success in the tender process. Therefore, contractors assess the risk of failure and the profitability of a tender by analyzing the provided documents. If a tender has an acceptable risk of failure and sufficient profitability, it is justified to participate in it. A powerful technique in investigating such processes is the design of experiments, which enables identifying the variables affecting the desired quality characteristic and determine the optimal levels of these variables along with the intensity of their effect. Since uncertainty is an inseparable part of institutions, the risk of tender failure was calculated using the method of fuzzy inference system in the uncertainty space and the estimated results were compared with the actual value of the risk of tender failure in the studied company. Therefore, this research sought to answer the following question: what are the variables affecting the risk of tender failure, to what extent is the effect of these factors and how these variables relate to risk?

2. Literature Review

A comprehensive literature review establishes the foundational framework for this study. Existing research highlights the significance of identifying and evaluating factors affecting the risk of tender failure. The review of studies shows that while various methods have been used to identify and rank the factors affecting bidding success, none has developed a model to explain how these variables are interrelated or to examine the combined effect of multiple variables on the risk of tender failure. Hence, in this research, a 95% confidence level was established using the design of experiments method to identify the factors affecting

the specified risk and to develop a regression model for predicting the risk of tender failure.

3. Methodology

Typically, risk analysis is conducted using fault tree analysis; however, in this study, the risk is estimated using the model obtained from the design of experiments combined with a fuzzy inference system.

A- Estimating the risk of tender failure from the test design method:

The design of experiments method includes the following steps:

- 1- Selecting the factors and determining the levels of the factors.
- 2- Selecting the response variable.
- 3- Selecting the test plan.
- 4- Collecting data and conducting experiments.
- 5- Statistical analysis.

B-Estimating the risk of failure in the tender using the method of fuzzy inference system: In the phase of fuzzification, using the experts' opinions, attribute functions are defined for input and output variables. The rules are obtained from the combination of the states of the variables and are converted into membership degree functions using fuzzy inference rules. The rules are de-fuzzified after execution. After interviewing the experts, based on the degree of belonging of an element to a set in the form of the lowest (l), most probable (m) and highest (u) value, the triangular fuzzy number in the form of l, m, u for the variables is considered.

4. Results

The real risk and estimated risk were recorded from the implementation of design of experiment and fuzzy inference system models in the following table.

The actual and adjusted values of the risk

Run	Y	$\hat{Y}_{regression}$	$\hat{Y}_{fuzzy}$	run	Y	$\hat{Y}_{regression}$	$\hat{Y}_{fuzzy}$
1	9	9	8	33	5	4	5
2	7	7	8	34	9	8	9
3	9	9	7	35	8	8	8
4	6	6	7	36	9	9	9

Run	Y	$\hat{Y}_{regression}$	$\hat{Y}_{fuzzy}$	run	Y	$\hat{Y}_{regression}$	$\hat{Y}_{fuzzy}$
5	6	5	5	37	9	9	9
6	9	9	7	38	8	9	8
7	5	6	7	39	8	8	7
8	8	8	7	40	7	7	8
9	9	9	8	41	8	8	8
10	7	7	7	42	5	5	5
11	6	7	6	43	6	6	6
12	5	5	6	44	4	5	4
13	5	6	5	45	9	9	8
14	7	8	8	46	9	9	8
15	5	5	6	47	4	5	4
16	9	9	8	48	9	8	8
17	8	7	7	49	8	8	۸
18	8	8	8	50	9	9	9
19	9	8	8	51	6	6	6
20	7	7	7	52	9	8	8
21	6	6	6	53	5	4	5
22	9	9	9	54	2	3	2
23	7	7	7	55	9	8	8
24	7	8	7	56	8	8	8
25	6	6	6	57	7	8	7
26	9	9	9	58	7	7	6
27	9	9	9	59	9	9	9
28	7	6	7	60	6	6	6
29	8	8	7	61	6	6	6
30	9	9	9	62	3	2	2
31	2	2	2	63	3	5	4
32	9	9	8	64	1	1	1

The validity of the models has been measured using the criterion RMSE according to the following equation:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

Since the RMSE value of the regression model was 0.57, the fuzzy inference was 0.75, and the value of the adjusted coefficient of determination of the regression model was 91.05%, it can be concluded that there is less difference between the estimated output and the actual output and the performance of the regression method compared to inference Fuzzy system is better.

5. Discussion

By examining the research background, it is evident that previous studies have reported one or a combination of factors that are identified in this study as influencing risk. While earlier research primarily ranked these risk factors, this study, in addition to ranking, measured the effect of these risk factors. Moreover, the severity of the effect of each factor's effect was categorized into low, medium and high levels. Also, this study establishes a regression model to analyze the relationships between the main factors and their mutual interactions. Also, in the previous studies, methods such as fault tree analysis were used for risk analysis, but in this study, risk analysis was performed using regression model and fuzzy inference system. By Using the RMSE criterion, the validity of these models was investigated. The RMSE value of the regression model was 0.57 and for the fuzzy inference model was 0.75. The RMSE criterion for the regression model is lower than that of the fuzzy inference system, indicating that the regression model performs better. Among the factors analyzed, the contractor's financial ability, contract adjustment, employer's financial situation and financing method exhibit a high effect on risk. The advance payment variable shows an average effect intensity while the consortium member variable and the condition of machinery and equipment have a low effect on risk.

Conflict of interest: none



10.71737/jpm.2025.3103610



شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر ریسک شکست مناقصه، مطالعه موردی: یک شرکت پیمانکاری

فاطمه ملکایی آشتیانی^۱، محمدحسین کریمی گوارشکی^۲، کریم آتشگر^۳
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۶- پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵)

چکیده

هدف پیمانکاران از شرکت در مناقصه کسب سود می‌باشد؛ لذا می‌باید عوامل مؤثر موفقیت مناقصه را شناسایی و ارزیابی نمایند. هدف این مطالعه شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک شکست در مناقصه‌های طرح و ساخت و برآورد ریسک شکست مناقصه برای شرکت پیمانکاری هست. با استفاده از روش طراحی آزمایش‌ها، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ریسک شکست در مناقصه در سطح اطمینان ۹۵٪ شناسایی شده است و با استفاده از سوابق ۶۴ مناقصه‌ای که یک شرکت پیمانکاری در شهر تهران حضور داشته است، ریسک با استفاده از پرسشنامه استخراج شده است. روایی پرسشنامه از نظر محتوا و صوری مورد تأیید خبرگان هست و پایایی آن بر اساس آلفای کرونباخ برابر با ۰,۷۴۶۳، به دست آمده است. با استفاده از روش تحلیل رگرسیون و سیستم استنتاج فازی ریسک با استفاده از نرم‌افزارهای مینی تب و متلب برآورد شده است. مقدار RMSE مدل رگرسیونی برابر با ۰,۵۷ و این مقدار برای مدل استنتاج فازی برابر با ۰,۷۵ هست، با مقایسه این معیار در مدل‌ها، برتری مدل رگرسیونی نسبت به مدل استنتاج فازی برای برآورد ریسک شکست مناقصه به دست می‌آید. از میان عوامل مؤثر بر ریسک شکست مناقصه، متغیرهای توان مالی پیمانکار، تعدیل، وضعیت مالی کارفرما و روش تأمین مالی دارای شدت اثر زیاد، متغیر پیش‌پرداخت دارای شدت اثر متوسط و متغیر اعضا کنسرسیوم و وضعیت ماشین‌آلات و تجهیزات دارای شدت اثر کم بر روی ریسک می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پیمانکار، رگرسیون، ریسک شکست مناقصه، سیستم استنتاج فازی، طراحی آزمایش.

۱. دانشجوی دکتری گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران، malekaee@mut.ac.ir

۲. دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.
* نویسنده مسؤول: mh_karimi@mut.ac.ir

۳. دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

مقدمه

وقتی سازمانی می‌خواهد سایر شرکت‌ها کاری را برای آن انجام دهند، آن کار را به مناقصه می‌گذارد و چندین پیمانکار وارد رقابت می‌شوند و آن شرکتی که بتواند بهترین کیفیت و کمترین هزینه را ارائه نماید به‌عنوان برنده مناقصه انتخاب می‌شود. هدف پیمانکاران از حضور در مناقصات، رقابت برای کسب سود هست، این شرکت‌ها درصدد ارائه پیشنهادی با بهترین کیفیت و قیمت هستند، شرکت‌های پیمانکار برای کسب سود می‌باید عوامل مؤثر در موفقیت مناقصه را شناسایی و ارزیابی نمایند، لذا ریسک شکست و سودآوری مناقصه را با تحلیل مستندات ارزیابی می‌کنند، اگر انجام یک معامله دارای ریسک شکست قابل قبول و سودآوری کافی باشد، حضور در مناقصه توجیه دارد (خزائی و خزائی، ۱۴۰۱). یک ابزار قوی در بررسی فرآیندها، طراحی آزمایش‌ها است. با این روش می‌توان متغیرهای تأثیرگذار بر مشخصه کیفی موردنظر را شناسایی نمود و سطوح بهینه به همراه شدت اثر عوامل را مشخص کرد (مونتگومری^۱، ۲۰۱۷).

در قراردادهای طرح و ساخت، کارفرما برای اجرا خدمات با یک پیمانکار قرارداد منعقد می‌کند و پیمانکار نیز با یک طراح، قراردادی منعقد می‌کند و تشکیل یک کنسرسیوم می‌دهند (بختیاری دادگر و گودرزی، ۱۳۹۰). با بررسی موانع برگزاری مناقصه‌ها، ارکان مؤثر در برگزاری مناقصه به شرح منابع مالی پروژه، ثبات رویه در هزینه‌کرد اعتبارات، رقابت‌پذیری هست (محمدزاده و اسکندری، ۱۳۹۱). با بهره‌مندی از روش تصمیم‌گیری چندمعیاری، عوامل مؤثر برگزاری مناقصه در بنگلادش مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و نتایج نشان می‌دهد که سوابق اجرایی، تجربه کاری و دانش فنی شرکت‌کنندگان در ارزیابی شرکت‌کنندگان مؤثر می‌باشند (سرکر^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیقی دیگر، علل اختلاف قیمت شرکت‌کنندگان با مناقصه‌گزار نظرسنجی شده است و مهم‌ترین عوامل به شرح دانش فنی، گردش مالی، حسن سابقه اجرایی، استعداد تجهیزاتی و ماشین‌آلاتی می‌باشند (کاملی، ۱۳۹۳). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که یکی از روش‌های به حداقل رساندن خطر ناشی از نوسان قیمت، نظام تعدیل قیمت قرارداد هست (رحیمی و عزیزاده، ۱۳۹۵). مطالعه‌ای با تلفیق تکنیک طراحی آزمایش‌های تاگوچی و تاکسونومی خاکستری برای پیش‌بینی موفقیت پروژه‌های عمرانی انجام شده است و نتایج نشان می‌دهد که پیش‌پرداخت بسیار اهمیت دارد (زنجرچی و همکاران، ۱۳۹۶). با بررسی مطالعات، عوامل مؤثر بر پیشنهاددهای ارائه‌شده پیمانکاران در مناقصه‌های عربستان شناسایی شده است، مبلغ پروژه، نوع کار، توان مالی پیمانکار و کارفرما، دانش فنی پیشنهاد

1. Montgomery

2. Sarker

دهنده از مهم‌ترین عوامل برای ارزیابی پیشنهاد مناقصه گران می‌باشند (السعیدی و همکاران^۱، ۲۰۱۹) در مطالعه‌ای با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، عوامل مؤثر بر ارزیابی مناقصه گران تعیین شد و نتایج نشان داد که قیمت پیشنهادی، توان مالی شرکت مناقصه‌گر و ریسک‌های محیطی بر انتخاب شرکت‌کنندگان در مناقصه مؤثر می‌باشند (نیورث و همکاران^۲، ۲۰۲۰). ارزیابی شرکت‌کنندگان در مناقصه‌های چین با استفاده از روش AHP انجام شده است و عوامل مؤثر ارزیابی به شرح بررسی شرایط فنی، مالی و فناوری به‌روز می‌باشند (ژانگ^۳، ۲۰۲۰). ارزیابی مناقصه گران نیجریه با استفاده از روش‌های آماری بررسی شده است، توان مالی، دانش فنی، ریسک پروژه و وضعیت پیمانکار نسبت به سایر رقبا به‌عنوان متغیرهای مؤثر شناسایی شده است (ابدو و همکاران^۴، ۲۰۲۱). علل افزایش قیمت پروژه در زمان مناقصه با استفاده از روش‌های آماری بررسی شده است و نتایج نشان می‌دهد که رقابت‌پذیری مناقصه‌گران، تعداد مناقصه گران، تجربه گذشته با مشتری، تجربه در پروژه مشابه و اندازه پروژه در ارزیابی قیمت پیشنهادی در زمان مناقصه مؤثر می‌باشند (او و همکاران^۵، ۲۰۲۳). در مطالعه‌ای مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری در مناقصه ساخت‌وساز با استفاده از تحلیل کیفی و کمی در امارات متحده عربی شناسایی شده است. با انجام یک نظرسنجی بین متخصصان ساخت، اهمیت عوامل تصمیم‌گیری در مناقصه مشخص شد و نتایج نشان داد که توانایی‌های مالی، سابقه پرداخت و شهرت مشتری، ریسک‌های پروژه، توانایی‌های مالی پیمانکار، پیچیدگی پروژه، تجربه در پروژه‌های مشابه، نوع پروژه و دسترسی پیمانکار به فناوری‌های جدید هستند (بنشاکر و همکاران^۶، ۲۰۲۳). خلاصه مطالعات انجام شده مطابق با جدول ۱ هست.

1. Alsaedi etal
2. Niewerth etal
3. Zhang
4. Obodo etal
5. Oo etal
6. Binshakir

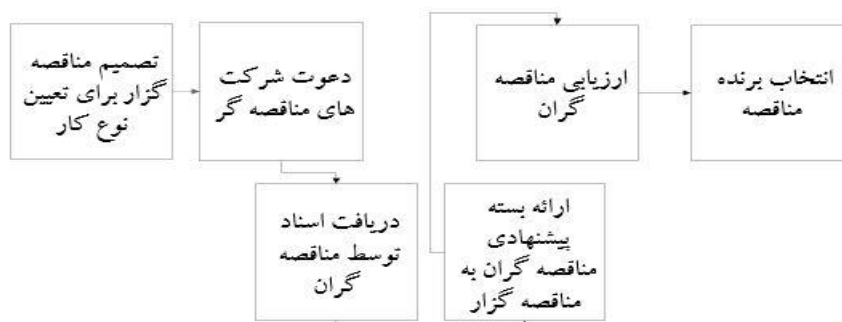
جدول ۱: خلاصه مطالعات انجام شده

Table 1. Summary of conducted studies

ردیف	عنوان تحقیق	سال	محقق	نتایج
1	بررسی روش‌ها و انواع قراردادهای چندعاملی اجرای پروژه‌های عمرانی به لحاظ فنی، مالی و نحوه پرداخت	1390	بختیاری دادگر گودرزی	طبق نتایج به‌دست‌آمده، روش‌های خود اجرا، مدیریت ساخت (4عاملی)، سه عاملی و طرح و ساخت معمول‌ترین روش‌های اجرا پروژه می‌باشند.
2	تحلیل موانع اجرای قانون برگزاری مناقصات در بخش دولتی	1391	محمدزاده اسکندری	مهم‌ترین موانع برگزاری مناقصه با استفاده از روش AHP به 20 معیار مؤثر بر عدم اجرای کارآمد قانون مناقصات شناسایی و اولویت‌بندی شده است.
3	Study of Influencing Factors of Tender Evaluation: An Evidential Reasoning Approach	2012	سرکر و همکاران	نتایج نشان می‌دهد که عوامل تأثیرگذار انتخاب برنده مناقصه در بنگلادش به شرح سوابق اجرایی، تجربه کاری و دانش فنی شرکت‌کنندگان در زمان مناقصه توسط مناقصه‌گزار می‌باشند.
4	مروری بر علل اختلاف قیمت‌های پیشنهادی مناقصه‌گران با یکدیگر به‌منظور کاهش تغییرات قیمت	1393	کاملی	مهم‌ترین عوامل اختلاف قیمت پیشنهادی در زمان مناقصه شامل دانش فنی، گردش مالی، حسن سابقه اجرایی، تجهیزات و ماشین‌آلاتی می‌باشند.
5	ماهیت و مبنای تعدیل در حقوق ایران و تعدیل	1395	رحیمی، علیزاده	تعدیل قیمت برای حداقل رساندن ریسک تغییرات قیمت قراردادهای داخلی و خارجی، مفید است.
6	ارائه الگویی برای پیش‌بینی میزان موفقیت پروژه‌های عمرانی با تلفیق تکنیک طراحی آزمایش‌های تاکوچی و تاکسونومی خاکستری	1396	زنجیرچی و همکاران	با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری، پیشرفت پروژه‌های عمرانی پیش‌بینی شده است و پیش‌پرداخت وزن بیشتری نسبت به سایر عوامل مؤثر بر پیشرفت پروژه‌های عمرانی دارند
7	Factors Affecting Contractors' Bidding Decisions for Construction Projects in Saudi Arabia	2019	السعیدی و همکاران	مبلغ پروژه، نوع کار، توان مالی، دانش فنی و وضعیت مالی کارفرما، مهم‌ترین عوامل مؤثر برای ارائه پیشنهاد پیمانکاران در مناقصه‌های پروژه‌های ساختمانی در عربستان سعودی می‌باشند.
8	Tender Evaluation through Efficiency Analysis for Public Construction Contracts	2020	نیورث و همکاران	عوامل مؤثر ارزیابی مناقصه‌گران با روش تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها شناسایی شده است و نتایج نشان می‌دهد که قیمت پیشنهادی، توان مالی مناقصه‌گر و ریسک‌های محیطی بر انتخاب شرکت‌کنندگان مؤثر می‌باشند.
9	Construction of Bid Evaluation Index System in Government Public Project Green Procurement in China Based on D-S Evidence Theory	2020	ژانگ	عوامل مؤثر ارزیابی مناقصه‌گران در چین شناسایی شده است، با استفاده از روش Dempster-Shafer و AHP وزن شاخص‌ها مشخص شد و مهم‌ترین عوامل به شرح شرایط فنی، مالی و فناوری به‌روز پیمانکاران هست.
10	Evaluating the Factors Affecting Contractors Tender for Project Construction: An Empirical Study of Small Scale Indigenous	2021	ابدو و همکاران	عوامل مؤثر ارزیابی مناقصه‌گران با استفاده از پرسشنامه و روش آماری به شرح توان مالی، دانش فنی، ریسک پروژه و وضعیت پیمانکار نسبت به سایر رقبا شناسایی شده است.

Contractors in Awka, Nigeria				
عوامل اصلی تغییر قیمت پروژه در زمان مناقصه	او و همکاران	2023	Mark-up on construction projects: what have we learnt in the last 20 years?	11
عبارت‌اند از رقابت‌پذیری مناقصه گران، تعداد مناقصه گران، رابطه و تجربه گذشته با مشتری، تجربه در پروژه مشابه و اندازه پروژه.				
نتایج نشان داد که توانایی مالی، سابقه پرداخت، شهرت مشتری، ریسک‌های پروژه، توانایی مالی پیمانکار، پیچیدگی پروژه، تجربه در پروژه‌های مشابه، نوع پروژه و دسترسی پیمانکار به فناوری‌های جدید در ارزیابی مناقصه گران مؤثر است.	بنشاکر و همکاران	2023	Factors Affecting the Bidding Decision in Sustainable Construction	12

بررسی مطالعات نشان می‌دهد که عوامل مؤثر ارزیابی در زمان مناقصه با روش‌های مختلفی شناسایی و رتبه‌بندی شده‌اند ولی در هیچ‌یک از آن مطالعات مدلی برای نحوه ارتباط متغیرها با ریسک شکست مناقصه و اثر هم‌زمان متغیرها بر ریسک شکست مناقصه بررسی نشده است؛ لذا در این پژوهش در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از روش طراحی آزمایش‌ها، عوامل مؤثر بر ریسک مشخص شده و یک تابع رگرسیونی برای ریسک شکست مناقصه طراحی شده است. از آنجایی که عدم قطعیت جزء جدانشدنی نهادها هست، ریسک شکست مناقصه با روش سیستم استنتاج فازی در فضای عدم قطعیت نیز محاسبه شده است و نتایج برآوردی مدل‌ها با مقدار واقعی ریسک شکست مناقصه در شرکت مورد مطالعه مقایسه شده است. بنابراین این پژوهش به دنبال پاسخ‌گویی به این سؤال است که متغیرهای مؤثر بر ریسک شکست مناقصه چیست و شدت اثر این عوامل و نحوه رابطه این متغیرها با ریسک به چه میزان است؟ مدل مفهومی پژوهش برابر با شکل ۱ است.



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش

Figure1: Conceptual model of research

ابزار و روش

معمولاً تحلیل ریسک با استفاده از روش تحلیل درخت خطا و... مورد بررسی قرار می‌گیرد (عظیمیان و همکاران، ۱۴۰۰)، ولی در این مطالعه، ریسک با استفاده از مدل حاصل از روش طراحی آزمایش‌ها و استنتاج فازی برآورد شده است.

الف- برآورد ریسک شکست مناقصه از روش طراحی آزمایش‌ها: روش طراحی آزمایش‌ها شامل مراحل زیر هست:

(۱) انتخاب عوامل و تعیین سطوح عوامل.

(۲) انتخاب متغیر پاسخ.

(۳) انتخاب طرح آزمایش.

(۴) گردآوری داده‌ها و انجام آزمایش‌ها.

(۵) تجزیه و تحلیل آماری.

۱- انتخاب عوامل و تعیین سطوح عوامل: عوامل مؤثر پیشنهادی بر ریسک شکست مناقصه با

استفاده از مرور ادبیات به شرح زیر هست و نمادهای A تا M برای عوامل و عددهای ۱- و ۱ برای سطوح عوامل به صورت دلخواه در جدول ۲ تعریف شده است.

الف) روش تأمین مالی: روش تأمین مالی پروژه‌ها به صورت نقدی یا غیر نقد برنامه‌ریزی می‌شود.
ب) توان مالی پیمانکار: توان مالی با بررسی تراز مالی به صورت تراز مثبت یا منفی تقسیم می‌شود.
ج) رقبای شرکت کننده: رقبای حاضر، به صورت بالاتر و هم سطح یا پایین تر از آن شرکت تقسیم می‌شوند.

د) تعدیل: کارفرما می‌تواند قیمت پروژه را با در نظر گرفتن تعدیل یا بدون آن ارائه نماید.

ه) روش پیشنهاد قیمت: پیمانکار برای پیشنهاد قیمت، از روش مقایسه یا تفصیلی استفاده می‌کند.

و) دانش فنی: پیمانکار در رابطه با موضوع مناقصه، دانش فنی لازم را دارد یا ندارد.

ز) مکان پروژه: پیمانکار در آن مکان، پروژه‌ای اجرا کرده است یا برای اولین بار قصد اجرای پروژه را دارد.

ح) بازدید از محل پروژه: پیمانکار ممکن است از محل پروژه بازدید داشته یا نداشته باشد.

ط) ماشین آلات و تجهیزات: ماشین آلات و تجهیزات پیمانکار به صورت ملکی یا استیجاری هست.

ی) وضعیت مالی کارفرما: وضعیت مالی کارفرما به صورت مطلوب یا نامطلوب دسته‌بندی می‌شود.

ک) پیش پرداخت: پروژه در زمان مناقصه می‌تواند دارای پیش پرداخت یا بدون پیش پرداخت باشد.

ل) اعضای کنسرسیوم: اعضا می‌توانند دارای وحدت رویه باشد یا شناخت از کار همدیگر نداشته باشند.

جدول ۲: کد سطح عوامل

Table 2. Code Levels of factors

نماد متغیر	نام عامل	سطح عامل	نماد متغیر	نام عامل	سطح عامل	کد
A	تعدیل	تعدیل دارد	G	وضعیت مالی	مطلوب	-1
		تعدیل ندارد		کارفرما	نامطلوب	1
B	روش پیشنهاد قیمت	روش مقایسه‌ای	H	پیش پرداخت	پیش پرداخت دارد	-1
		روش تفصیلی		پرداخت	پیش پرداخت ندارد	1
C	دانش فنی	تجربه کاری دارد	J	اعضای کنسرسیوم	اعضا کنسرسیوم هم‌راستا	-1
		تجربه کاری ندارد		عدم شناخت از اعضا کنسرسیوم		1
D	مکان پروژه	در آن مکان قبلاً پروژه اجرا شده است	K	روش تامین مالی	روش نقد	-1
		برای بار اول در منطقه حضور دارد			روش غیرنقد	1
E	بازدید از محل پروژه	از محل پروژه بازدید شده است	L	رقبا شرکت کننده	بالا تر و هم سطح	-1
		از محل پروژه بازدید نشده است			پایین تر	1
F	ماشین آلات و تجهیزات	ماشین آلات و تجهیزات ملکی	M	توان مالی	تراز مثبت	-1
		ماشین آلات و تجهیزات استیجاری		پیمانکار	تراز منفی	1

۲- انتخاب متغیر پاسخ: ریسک شکست مناقصه به عنوان متغیر پاسخ با Y نمایش داده شده است و بر اساس نتایج حاصل از مناقصه‌های برگزار شده به صورت خیلی کم تا خیلی زیاد به صورت کیفی می‌باشند و با استفاده از طیف لیکرت به متغیر کمی طبق جدول ۳ تبدیل شده است.

جدول ۳: طیف لیکرت برای متغیر ریسک

Table 3. Likert scale for the variables of risk

مقدار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	خیلی کم	کم	متوسط کم	متوسط	متوسط زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد

۳- انتخاب طرح آزمایش: در طرح‌هایی که k عامل وجود دارد و هر عامل دوسطح دارند و مطالعه هم‌زمان عوامل ضروری است، تکرار کامل آزمایش‌ها نیاز به 2^k مشاهده دارد که آن را طرح

عاملی کامل می‌نامند(همتیان و همکاران، ۱۳۹۰). زمانی که تعداد عوامل افزایش می‌یابد، از طرح عاملی کسری که دارای تعداد اجرای کمتری نسبت به مجموعه کامل است، استفاده می‌شود(صفاری و همکاران، ۱۳۹۸). طرح عاملی کسری متکی بر اصل سلسله مراتبی اثرات است و کسری که توانایی برآورد اثرات مرتبه پایین را داشته باشد، انتخاب می‌شود(اسمعیل زاده و رضانی، ۱۴۰۰). اثرات مرتبه پایین اهمیت بیشتری نسبت به اثرات بالاتر دارند و اثرات هم‌مرتبه از اهمیت یکسانی برخوردار می‌باشند. یک طرح عاملی کسری $\frac{1}{2^p}$ بر اساس معیار حداکثر وضوح انتخاب می‌شود(براتی و نوراله، ۱۳۹۱). این پژوهش دارای ۱۲ عامل دوسطحی است، اگر کلیه حالت در نظر گرفته شود ۴۰۹۶ (2^{12}) آزمایش موردنیاز است. از آنجایی که انجام این تعداد آزمایش زمان‌بر است، کسری از کل آزمایش‌ها انجام می‌شود. برنامه مینی تب امکان طراحی این آزمایش‌ها را با وضوح ۳ و ۴ دارا است. با توجه به معیار حداکثر وضوح، وضوح ۴ با اعمال کسر $\frac{1}{2^6}$ از کل آزمایش‌ها با انجام ۶۴ آزمایش ($\frac{2^{12}}{2^6} = 64$)، انجام می‌شود. بخشی از طرح آزمایش ارائه شده توسط نرم‌افزار در جدول ۴ نمایش داده شده است.

جدول ۴. بخشی از طرح آزمایش

Table 4. A part of design of experiment

ردیف	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1

۴- گردآوری داده‌ها و انجام آزمایش‌ها: پرسشنامه‌ای مبتنی بر طرح آزمایش با پرسش نظر ۱۴ خبره با سابقه کاری بالای ۸ سال در یک شرکت پیمانکاری در تهران مطابق با جدول ۵ تکمیل شده است. مقدار ریسک شکست مناقصه طبق جدول ۳ مشخص شده است. هر آزمایش ۱۴ بار تکرار شده است و نتایج پس از میانگیری در جدول ۷ درج شده است. نمونه سؤال پرسشنامه به همراه میانگین پاسخ خبرگان به شرح جدول ۶ هست.

جدول ۵. اطلاعات خبرگان

Table5. Expert Information

تعداد	سابقه کار	پست سازمانی	تعداد	سابقه کار	پست سازمانی
5	21,17,10,12,13	مدیر پروژه	1	30	معاون هماهنگی
1	10	مدیر مناقصه	1	25	معاون توسعه طرح‌ها
2	9,8	کارشناس ارزیابی اسناد کیفی	1	30	معاون اجرا
2	9,8	کارشناس ارزیاب قیمت	1	28	معاون توسعه مدیریت منابع

جدول ۶. نمونه سؤال پرسشنامه و پاسخ آن

Table6. A sample of questionnaire and corresponding respons

ردیف	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

اگر مناقصه تعدیل نداشته باشد، روش پیشنهاد قیمت پیمانکار مقایسه‌ای باشد، پیمانکار دانش فنی قبلی نداشته باشد، پیمانکار در مکان این پروژه برای اولین بار قصد حضور در منطقه را داشته باشد، پیمانکار از محل پروژه بازدید داشته است، ماشین‌آلات و تجهیزات پیمانکار به صورت ملکی باشد، وضعیت مالی کارفرما نامطلوب باشد، پروژه پیش پرداخت نداشته باشد، اعضا شرکت کننده در کنسرسیوم باهمدیگر هم‌راستا باشند، روش تامین مالی پروژه غیر نقدی باشد، سایر رقبا شرکت کننده در مناقصه از شرکت پیمانکاری مذکور بالاتر و هم سطح با آن باشند و توان مالی پیمانکار دارای تراز منفی باشد، آنگاه طبق نظر خبرگان میزان ریسک شکست در مناقصه خیلی زیاد است.

جدول ۷: طرح آزمایش و مقدار واقعی ریسک

Table7. Design of experiments & the real value of risk

اجرا	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	Y
1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	9
2	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	7
3	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	9
4	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	6
5	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	6
6	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	9
7	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	5
8	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	8
9	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	9
10	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	7
11	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	6
12	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	5
13	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	5
14	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	7
15	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	5
16	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	9
17	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	8
18	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	8
19	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	9
20	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	7
21	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	6
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
23	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	7
24	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	7
25	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	6
26	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	9
27	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	9
28	1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	7
29	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	8

اجرا	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	Y
30	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	9
31	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	2
32	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	9
33	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	5
34	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	9
35	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	8
36	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	9
37	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	9
38	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	8
39	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	8
40	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	7
41	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	8
42	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	5
43	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	6
44	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	4
45	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	9
46	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	9
47	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	4
48	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	9
49	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	8
50	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	9
51	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	6
52	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	9
53	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	5
54	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	2
55	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	9
56	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	8
57	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	7
58	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	7
59	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	9
60	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	6
61	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	6
62	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3
63	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	3
64	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1

روایی پرسشنامه از نظر محتوا و صوری مورد تأیید خبرگان هست. پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ بررسی شده است. این مقدار طبق شکل ۲ برابر با ۰,۷۴۶۳ هست و از آنجایی که از ۰,۷ بیشتر است، پایایی پرسشنامه قابل قبول هست.

Item Analysis of A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, Y Cronbach's Alpha

Alpha

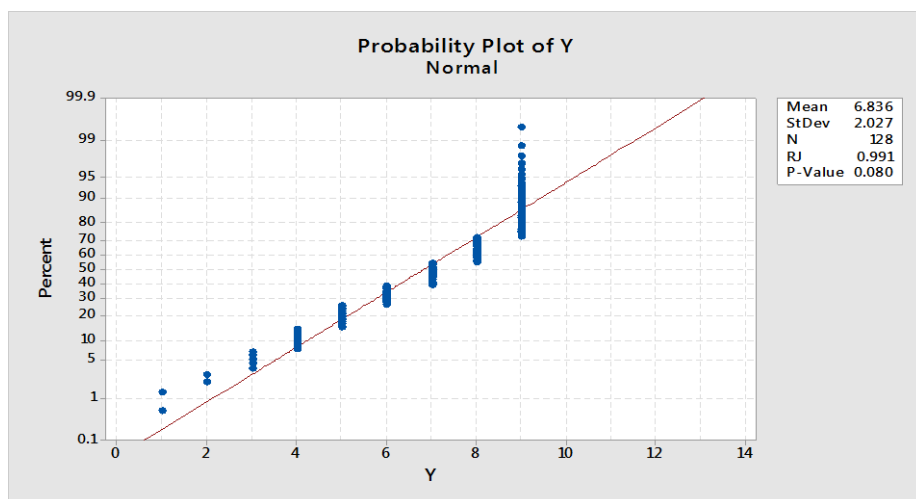
0.7463

* NOTE * Cronbach's alpha calculated with standardized data.

شکل ۲: آلفا کرونیباخ

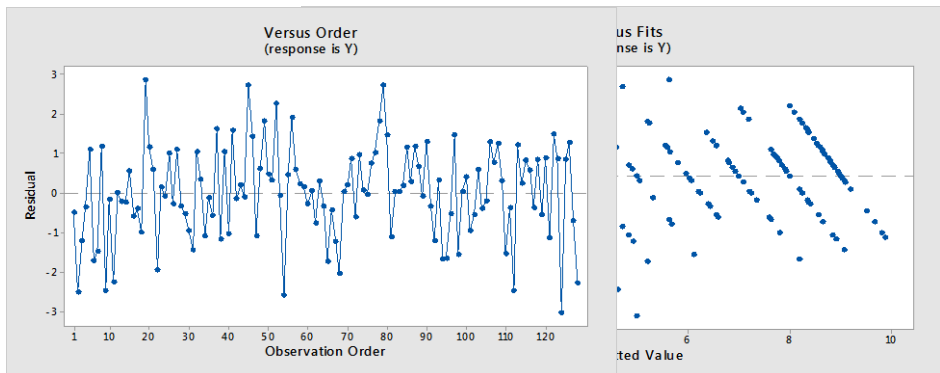
Figure2: Cronbachs Alpha

۵- تجزیه و تحلیل آماری: قبل از بررسی مدل بررسی می شود که خطاهای ناهمبسته با میانگین صفر و واریانس برابر هستند و از توزیع نرمال پیروی می کنند. برای بررسی نرمال بودن جملات خطا از آزمون Ryan-Joiner استفاده شده است که در نرم افزار مینی تب، این آزمون معادل Shapiro-Wilk هست. مطابق با شکل ۳ مقدار P-value برابر با ۰,۰۸۰ هست و از ۰,۰۵ بزرگ تر است، لذا خطا در سطح اطمینان ۹۵ درصد، نرمال می باشد. برای بررسی واریانس همسان بودن خطا از رسم نمودار خطا در مقابل مقدار برازش شده متغیر پاسخ مطابق شکل ۴ استفاده می شود، از آنجایی که خطا حول خط صفر دارای پراکندگی غیرطبیعی می باشد، می توان نتیجه گرفت که خطا دارای واریانس همسان می باشد. طبق شکل ۵ خطا از الگوی خاصی پیروی نمی کند و به صورت تصادفی حول میانگین توزیع شده است.



شکل ۳: نمودار احتمال نرمال

Figure3: Plot of normal probability



شکل ۵. نمودار جملات خطا در مقابل زمان

Figure5: Plot of error versus time

شکل ۴. نمودار پراکندگی خطا در مقابل مقدار برازش شده

Figure4: Plot of error versus fitted value

برای بررسی استقلال و ناهمبسته بودن خطا از آماره دوربین واتسون استفاده می‌شود، اگر مقدار آماره دوربین واتسون بین ۱٫۵ تا ۲٫۵ قرار بگیرد، خطا مستقل خواهند بود. مقدار آماره دوربین واتسون طبق نتیجه نرم‌افزار مطابق شکل ۶ عدد ۱٫۵۵ محاسبه می‌شود، لذا ناهمبسته بودن خطا مورد تأیید است.

Durbin-Watson Statistic

Durbin-Watson Statistic = 1.55588

شکل ۶. مقدار آماره دوربین واتسون

Figure6: Durbin-Watson Statistic

برای بررسی کفایت مدل از ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده، استفاده می‌شود. طبق نتایج نرم‌افزار مطابق شکل ۷ ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده به ترتیب برابر با ۹۲٫۷۶ و ۹۱٫۰۵ است. مدل با استفاده از متغیرهای مستقل، توانسته است ۹۱٫۰۵ درصد تغییرات ریسک شکست در مناقصه را توضیح دهد.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)
0.934808	92.76%	91.05%

شکل ۷. مقدار ضریب تعیین تعدیل شده

Figure7: R-sq and R-sq (adjusted)

آزمون مؤثر بودن عوامل در سطح اطمینان ۹۵٪، با فرض صفر اینکه سطوح عامل i اثر یکسانی بر روی میانگین متغیر پاسخ دارد تعریف می‌شود. زمانی که تعداد عوامل مورد بررسی بیشتر از ۳ باشد، طبق اصل تنگ بودن، آن سیستم فقط تحت تأثیر اثرات اصلی و متقابل رتبه پایین هست و اثرات مرتبه بالا قابل اغماض است (آتشگر، ۱۳۹۸). برای تحلیل مدل از شاخص‌های مجموع مربعات تعدیل‌شده منابع (Adj SS)^۱، میانگین مربعات تعدیل‌شده منابع (Adj MS)^۲ و آماره F استفاده می‌شود. مجموع مربعات تعدیل‌شده و میانگین مربعات تعدیل‌شده منابع برای سنجش میزان تغییرات مدل بر اساس تغییر منبع موردنظر بدون در نظرگیری ترتیب ورود منابع به مدل استفاده می‌شود. به نسبت مجموع مربعات تعدیل‌شده منابع به درجه آزادی منابع، میانگین مربعات تعدیل‌شده گفته می‌شود و مقدار آماره F از تقسیم میانگین مربعات تعدیل‌شده هر منبع بر میانگین مربعات تعدیل‌شده خطا به دست می‌آید.

تجزیه و تحلیل واریانس مدل پژوهش با در نظر گرفتن اثرات اصلی و متقابل دوطرفه عوامل در شکل ۸ نمایش داده شده است. فرض صفر برای متغیری که مقدار F-Value در شکل ۸ از مقدار بحرانی $F_{1,52,0/05} = 4.04$ بزرگ‌تر باشد رد است. برای M,K,J,H,G,F,A,KM,JM,GM,DL,CD,AG,AB شاهدهی برای پذیرش فرض صفر وجود ندارد، لذا در سطح اطمینان ۹۵ درصد فقط تغییر سطوح عامل‌های M,K,J,H,G,F,A,KM,JM,GM,DL,CD,AG,AB بر ریسک شکست مناقصه تأثیر محسوسی دارند.

1.Adjust Sum of Squares
2.Adjust Mean Square

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	75	465.586	6.208	6.81	0.000
Linear	12	358.156	29.846	32.74	0.000
A	1	51.258	51.258	56.22	0.000
B	1	0.633	0.633	0.69	0.409
C	1	2.258	2.258	2.48	0.122
D	1	0.383	0.383	0.42	0.520
E	1	1.758	1.758	1.93	0.171
F	1	4.883	4.883	5.36	0.025
G	1	155.320	155.320	170.37	0.000
H	1	13.133	13.133	14.41	0.000
J	1	3.445	3.445	3.78	0.057
K	1	25.383	25.383	27.84	0.000
L	1	3.445	3.445	3.78	0.057
M	1	96.258	96.258	105.59	0.000
2-Way Interactions	63	107.430	1.705	1.87	0.011
A*B	1	5.695	5.695	6.25	0.016
A*C	1	2.820	2.820	3.09	0.084
A*D	1	0.195	0.195	0.21	0.645
A*E	1	0.195	0.195	0.21	0.645
A*F	1	0.945	0.945	1.04	0.313
A*G	1	23.633	23.633	25.92	0.000
A*H	1	0.195	0.195	0.21	0.645
A*J	1	0.383	0.383	0.42	0.520
A*K	1	0.008	0.008	0.01	0.927
A*L	1	0.633	0.633	0.69	0.409
A*M	1	0.008	0.008	0.01	0.927
B*C	1	0.633	0.633	0.69	0.409
B*D	1	0.008	0.008	0.01	0.927
B*E	1	0.195	0.195	0.21	0.645
B*F	1	0.195	0.195	0.21	0.645
B*G	1	0.383	0.383	0.42	0.520
B*H	1	0.633	0.633	0.69	0.409
B*J	1	1.758	1.758	1.93	0.171
B*K	1	2.258	2.258	2.48	0.122
B*L	1	0.945	0.945	1.04	0.313
B*M	1	0.633	0.633	0.69	0.409
C*D	1	4.883	4.883	5.36	0.025
C*E	1	0.633	0.633	0.69	0.409
C*F	1	0.383	0.383	0.42	0.520
C*G	1	0.383	0.383	0.42	0.520
C*H	1	0.008	0.008	0.01	0.927
C*J	1	0.633	0.633	0.69	0.409
C*K	1	0.070	0.070	0.08	0.782
C*L	1	2.820	2.820	3.09	0.084
C*M	1	1.758	1.758	1.93	0.171
D*E	1	0.945	0.945	1.04	0.313
D*F	1	0.383	0.383	0.42	0.520
D*G	1	0.383	0.383	0.42	0.520
D*H	1	2.258	2.258	2.48	0.122
D*J	1	0.383	0.383	0.42	0.520
D*K	1	0.195	0.195	0.21	0.645
D*L	1	4.133	4.133	4.53	0.038
D*M	1	2.820	2.820	3.09	0.084
E*F	1	3.445	3.445	3.78	0.057
E*G	1	0.008	0.008	0.01	0.927
E*H	1	0.070	0.070	0.08	0.782
E*J	1	0.633	0.633	0.69	0.409
E*K	1	1.320	1.320	1.45	0.234
E*L	1	0.008	0.008	0.01	0.927
E*M	1	1.758	1.758	1.93	0.171
F*G	1	2.820	2.820	3.09	0.084
F*H	1	0.945	0.945	1.04	0.313
F*J	1	0.195	0.195	0.21	0.645
F*K	1	0.945	0.945	1.04	0.313
F*L	1	0.633	0.633	0.69	0.409
F*M	1	0.070	0.070	0.08	0.782
G*K	1	2.820	2.820	3.09	0.084
G*L	1	0.008	0.008	0.01	0.927
G*M	1	4.883	4.883	5.36	0.025
H*K	1	1.758	1.758	1.93	0.171
H*L	1	0.070	0.070	0.08	0.782
H*M	1	0.633	0.633	0.69	0.409
J*K	1	0.945	0.945	1.04	0.313
J*L	1	0.383	0.383	0.42	0.520
J*M	1	8.508	8.508	9.33	0.004
K*L	1	0.008	0.008	0.01	0.927
K*M	1	8.508	8.508	9.33	0.004
L*M	1	0.633	0.633	0.69	0.409
Error	52	47.406	0.912		
Total	127	512.992			

شکل ۸: تجزیه و تحلیل واریانس

Figure8: Analysis of variance

در صورت رد فرض صفر، شاخص "شدت اثر" مورد استفاده قرار می گیرد، به وسیله این شاخص میزان تأثیر عامل بر روی میانگین متغیر پاسخ مشخص می شود، هرچه اثر عامل بزرگ تر باشد، تغییر سطوح آن عامل تأثیر بیشتری بر میانگین متغیر پاسخ دارد. طبق روابط ۱ و ۲ اثر عوامل با روش کوهن محاسبه می گردد.

$$\eta_p^2 = \frac{Adj\ ss_{\text{عفل}}}{Adj\ ss_{\text{عفل}} + Adj\ ss_{\text{خطا}} \text{ (مربع اتای جزئی)}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Effect} = \sqrt{\frac{\eta_p^2}{1 - \eta_p^2}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

درازای کاهش تعداد آزمایش ها به ۶۴ آزمایش با درنظر گرفتن طرح جداسازی ۴، اثرات مستعار در مدل به وجود می آید، به طوریکه هر اثر دارای یک هم اثر می شود، آثار اصلی با آثار متقابل از درجه ۳ و آثار متقابل از درجه ۲ با آثار متقابل درجه ۲ هم اثر هستند و تفکیک نحوه اثرگذاری این متغیرها بر متغیر پاسخ قابل تفکیک نمی باشد و ترکیب خطی این اثرات، مطابق با شکل ۹ در نظر گرفته می شود.

I	BK + AJL + CDF + CEG + HJM
A + BCH + HLM	BL + CM + ADG + AEF + AJK
B + ACH + CLM	BM + CL + DGH + EFH + HJK
C + ABH + BLM	CD + AGM + BEJ + BFK + GHL
D + EFG + GJK	CE + AFM + BDJ + BCK + FHL
E + DFG + FJK	CF + AEM + BDK + BGJ + EHL
F + DEG + EJK	CG + ADM + BEK + BFJ + DHL
G + DEF + DJK	CJ + AKM + BDE + BFG + HKL
H + ABC + ALM	CK + AJM + BDF + BEG + HJL
J + DGK + EFK	DE + FG + AHJ + BCJ + JLM
K + DGJ + EFJ	DF + EG + AHK + BCK + KLM
L + AHM + BCM	DG + EF + JK + ABL + ACM + BHM + CHL
M + AHL + BCL	DH + AEJ + AFK + BGM + CGL
AB + CH + DGL + EFL + JKL	DJ + GK + AEH + BCE + ELM
AC + BH + DGM + EFM + JKM	DK + GJ + AFH + BCF + FLM
AD + BGL + CGM + EHJ + FHK	DL + ABG + CGH + EJM + FKM
AE + BFL + CFM + DHJ + GHK	DM + ACG + BGH + EIL + FKL
AF + BEL + CEM + DHK + GHJ	EH + ADJ + AGK + BFM + CFL
AG + BDL + CDM + EHK + FHJ	EJ + FK + ADH + BCD + DLM
AH + BC + LM + DEJ + DFK + EGK + FGJ	EK + FJ + AGH + BCG + GLM
AJ + BKL + CKM + DEH + FGH	EL + ABF + CFH + DJM + GKM
AK + BJL + CJM + DFH + EGH	EM + ACF + BFH + DJL + GKL
AL + HM + BDG + BEF + BJK	FH + ADK + AGJ + BEM + CEL
AM + HL + CDG + CEF + CJK	FL + ABE + CEH + DKM + GJM
BD + AGL + CEJ + CFK + GHM	FM + ACE + BEH + DKL + GJL
BE + AFL + CDJ + CGK + FHM	GH + AEK + AFJ + BDM + CDL
BF + AEL + CDK + CGJ + EHM	GL + ABD + CDH + EKM + FJM
BG + ADL + CEK + CFJ + DHM	GM + ACD + BDH + EKL + FJL
BJ + AKL + CDE + CFG + HKM	HJ + ADE + AFG + BKM + CKL
	HK + ADF + AEG + BJM + CJL
	JL + ABK + CHK + DEM + FGM
	JM + ACK + BHK + DEL + FGL
	KL + ABJ + CHJ + DFM + EGM
	KM + ACJ + BHJ + DFL + EGL
	ABM + ACL + BHL + CHM + DEK + DFJ + EGJ + FGK

شکل ۹: اثرات مستعار

Figure9: Aliase Effects

اگر قدر مطلق مقدار Effect برابر ۰,۱ یا حدود آن باشد، اثر عامل کم است، اگر برابر ۰,۲۵ یا حدود آن باشد، اثر عامل متوسط است و اگر برابر ۰,۴ و بیشتر باشد، اثر عامل زیاد است (گرافید، ۱۴۰۱). با مقایسه T-Value در شکل ۱۰ با مقدار بحرانی $T_{52,0/05} = 1.67$ ضرایب آن متغیری که مقدار قدر مطلق T-Value از ۱,۶۷ بزرگتر باشد، معنادار است. ضرایب متغیرها از تقسیم مقدار اثر عامل بر عدد دو به دست می‌آید. به این ترتیب، معادله رگرسیونی به شرح رابطه ۳ به دست می‌آید.

رابطه (۳)

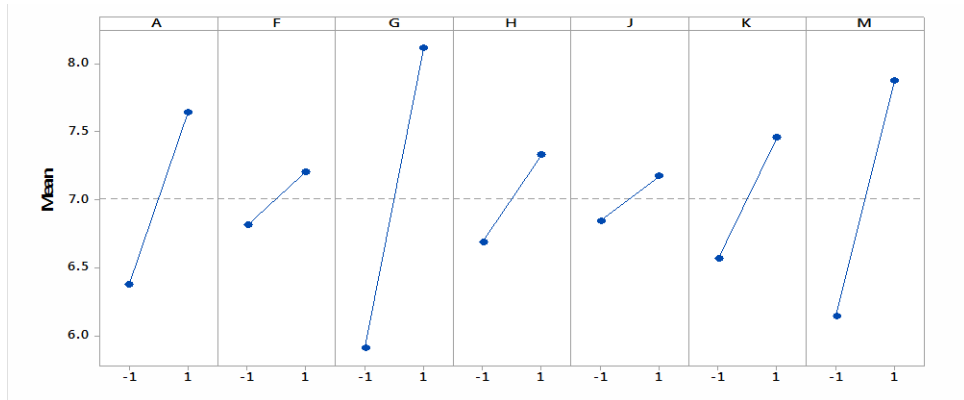
$$Y = 7/0078 + 0/6328 A + 0/1953 F + 1/1016 G + 0/3203 H + 0/1641 J + 0/4453 K + 0/8672 M - 0/2109 AB - 0/4297 AG + 0/1953 CD + 0/1797 DL - 0/1953 GM - 0/2578 JM - 0/2578 KM$$

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		7.0078	0.0844	83.04	0.000	
A	1.2656	0.6328	0.0844	7.50	0.000	1.00
B	0.1406	0.0703	0.0844	0.83	0.409	1.00
C	0.2656	0.1328	0.0844	1.57	0.122	1.00
D	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
E	0.2344	0.1172	0.0844	1.39	0.171	1.00
F	0.3906	0.1953	0.0844	2.31	0.025	1.00
G	2.2031	1.1016	0.0844	13.05	0.000	1.00
H	0.6406	0.3203	0.0844	3.80	0.000	1.00
J	0.3281	0.1641	0.0844	1.94	0.057	1.00
K	0.8906	0.4453	0.0844	5.28	0.000	1.00
L	-0.3281	-0.1641	0.0844	-1.94	0.057	1.00
M	1.7344	0.8672	0.0844	10.28	0.000	1.00
A*B	-0.4219	-0.2109	0.0844	-2.50	0.016	1.00
A*C	-0.2969	-0.1484	0.0844	-1.76	0.084	1.00
A*D	0.0781	0.0391	0.0844	0.46	0.645	1.00
A*E	-0.0781	-0.0391	0.0844	-0.46	0.645	1.00
A*F	-0.1719	-0.0859	0.0844	-1.02	0.313	1.00
A*G	-0.8594	-0.4297	0.0844	-5.09	0.000	1.00
A*H	0.0781	0.0391	0.0844	0.46	0.645	1.00
A*J	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
A*K	0.0156	0.0078	0.0844	0.09	0.927	1.00
A*L	-0.1406	-0.0703	0.0844	-0.83	0.409	1.00
A*M	-0.0156	-0.0078	0.0844	-0.09	0.927	1.00
B*C	0.1406	0.0703	0.0844	0.83	0.409	1.00
B*D	0.0156	0.0078	0.0844	0.09	0.927	1.00
B*E	-0.0781	-0.0391	0.0844	-0.46	0.645	1.00
B*F	0.0781	0.0391	0.0844	0.46	0.645	1.00
B*G	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
B*H	0.1406	0.0703	0.0844	0.83	0.409	1.00
B*J	-0.2344	-0.1172	0.0844	-1.39	0.171	1.00
B*K	0.2656	0.1328	0.0844	1.57	0.122	1.00
B*L	0.1719	0.0859	0.0844	1.02	0.313	1.00
B*M	-0.1406	-0.0703	0.0844	-0.83	0.409	1.00
C*D	0.3906	0.1953	0.0844	2.31	0.025	1.00
C*E	-0.1406	-0.0703	0.0844	-0.83	0.409	1.00
C*F	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
C*G	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
C*H	0.0156	0.0078	0.0844	0.09	0.927	1.00
C*J	0.1406	0.0703	0.0844	0.83	0.409	1.00
C*K	-0.0469	-0.0234	0.0844	-0.28	0.782	1.00
C*L	0.2969	0.1484	0.0844	1.76	0.084	1.00
C*M	0.2344	0.1172	0.0844	1.39	0.171	1.00
D*E	0.1719	0.0859	0.0844	1.02	0.313	1.00
D*F	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
D*G	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
D*H	0.2656	0.1328	0.0844	1.57	0.122	1.00
D*J	-0.1094	-0.0547	0.0844	-0.65	0.520	1.00
D*K	0.0781	0.0391	0.0844	0.46	0.645	1.00
D*L	0.3594	0.1797	0.0844	2.13	0.038	1.00
D*M	0.2969	0.1484	0.0844	1.76	0.084	1.00
E*F	-0.3281	-0.1641	0.0844	-1.94	0.057	1.00
E*G	-0.0156	-0.0078	0.0844	-0.09	0.927	1.00
E*H	0.0469	0.0234	0.0844	0.28	0.782	1.00
E*J	-0.1406	-0.0703	0.0844	-0.83	0.409	1.00
E*K	-0.2031	-0.1016	0.0844	-1.20	0.234	1.00
E*L	0.0156	0.0078	0.0844	0.09	0.927	1.00
E*M	-0.2344	-0.1172	0.0844	-1.39	0.171	1.00
F*G	-0.2969	-0.1484	0.0844	-1.76	0.084	1.00
F*H	-0.1719	-0.0859	0.0844	-1.02	0.313	1.00
F*J	0.0781	0.0391	0.0844	0.46	0.645	1.00
F*K	-0.1719	-0.0859	0.0844	-1.02	0.313	1.00
F*L	-0.1406	-0.0703	0.0844	-0.83	0.409	1.00
F*M	0.0469	0.0234	0.0844	0.28	0.782	1.00
G*K	-0.2969	-0.1484	0.0844	-1.76	0.084	1.00
G*L	-0.0156	-0.0078	0.0844	-0.09	0.927	1.00
G*M	-0.3906	-0.1953	0.0844	-2.31	0.025	1.00
H*K	-0.2344	-0.1172	0.0844	-1.39	0.171	1.00
H*L	0.0469	0.0234	0.0844	0.28	0.782	1.00
H*M	-0.1406	-0.0703	0.0844	-0.83	0.409	1.00
J*K	-0.1719	-0.0859	0.0844	-1.02	0.313	1.00
J*L	0.1094	0.0547	0.0844	0.65	0.520	1.00
J*M	-0.5156	-0.2578	0.0844	-3.05	0.004	1.00
K*L	-0.0156	-0.0078	0.0844	-0.09	0.927	1.00
K*M	-0.5156	-0.2578	0.0844	-3.05	0.004	1.00
L*M	0.1406	0.0703	0.0844	0.83	0.409	1.00

شکل ۱۰: آزمون معنی‌داری ضرایب رگرسیونی

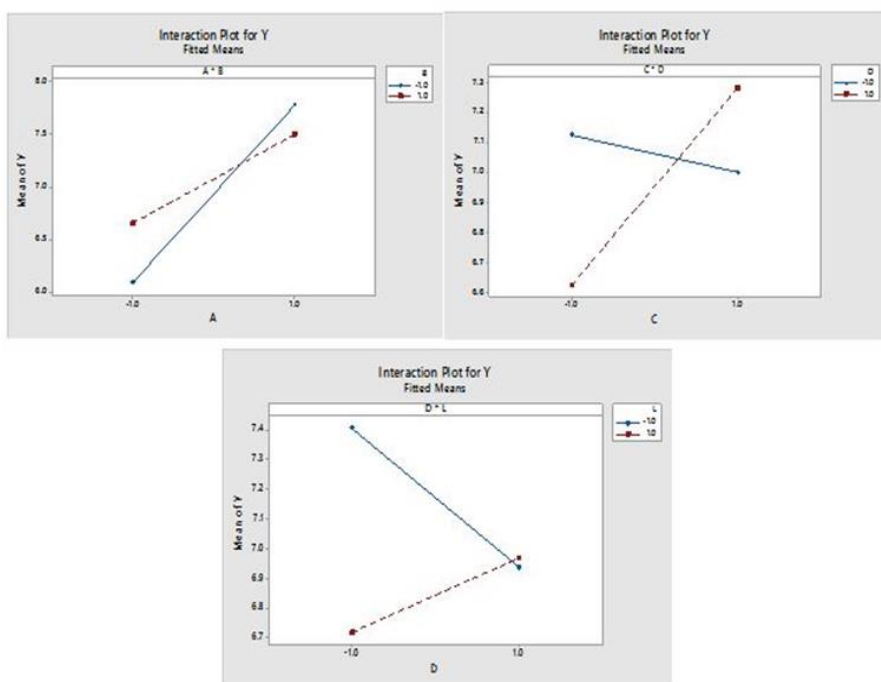
Figure10: Regression coefficients significance test

با مقایسه اثر عوامل معنادار طبق شکل ۱۱ با حدود تعریف شده، اثر عوامل A, G, K و M زیاد است، اثر عامل H متوسط است و اثر عوامل F و J کم هست.



شکل ۱۱: نمودار اثرات اصلی
Figure11: Diagram of Main effects

تحت تأثیر بودن عوامل با یکدیگر تحت عنوان اثرات متقابل در شکل ۱۲ رسم شده است. اثر متقابل B (روش پیشنهاد قیمت) و A (تعدیل) نشان می‌دهد، اگر پروژه‌ای تعدیل ندارد برای کاهش ریسک شکست مناقصه روش پیشنهاد قیمت تفصیلی کمک می‌کند تا ریسک شکست مناقصه کمتر شود. اثر متقابل C (دانش فنی) و D (مکان پروژه) نشان می‌دهد، اگر پیمانکار برای بار اول قصد حضور در مکان پروژه را دارد با کسب دانش فنی بالا، ریسک شکست مناقصه کاهش می‌یابد. اثر متقابل D (مکان پروژه) و L (رقبای شرکت کننده) نشان می‌دهد، اگر رتبه شرکت نسبت به سایر رقبای پایین تر باشد، با کسب اطلاعات از شرایط مکانی پروژه، ریسک شکست مناقصه کاهش می‌یابد.



شکل ۱۲: نمودار اثرات متقابل

Figure12: Diagram of mutual effects

ب-برآورد ریسک شکست در مناقصه با استفاده از روش سیستم استنتاج فازی: در مرحله فازی‌سازی با استفاده از نظر خبرگان، توابع تعلقی برای متغیرهای ورودی و خروجی تعریف می‌کند (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱، ۱). از ترکیب حالت متغیرها، قوانین به دست می‌آید و با استفاده از قواعد استنتاج فازی به تابع درجه عضویت تبدیل می‌شوند (آبخشک و همکاران، ۲۰۱۰، ۲). قوانین پس از اجرا شدن، فازی‌زدایی می‌شوند (خوش‌دست و همکاران، ۲۰۱۹، ۳). پس از مصاحبه با خبرگان، بر اساس میزان تعلق‌پذیری یک عنصر به یک مجموعه به صورت کم‌ترین (l)، محتمل‌ترین (m) و بیش‌ترین (u) مقدار، عدد فازی مثلثی به صورت (l,m,u) برای متغیرها مطابق با جدول ۸ در نظر گرفته می‌شود. درجه عضویت عدد فازی مثلثی طبق رابطه ۴ به دست می‌آید (جعفرزاده گوشچی و همکاران، ۲۰۲۰، ۴).

1. Esmailzadeh etal
2. Abkhoshk etal
3. Khoshdast etal
4. Jafarzadeh Ghouschi etal

$$\mu_x = \begin{cases} 0 & x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad \text{رابطه (۴)}$$

جدول ۸: درجه عضویت متغیرهای ورودی و خروجی

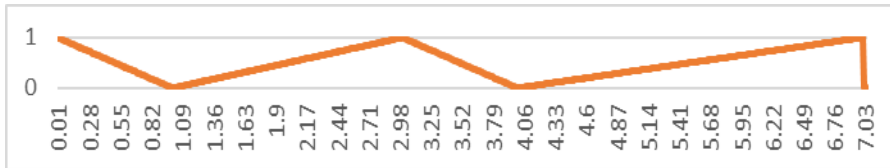
Table8: degree of membership of input & output variables

عدد فازی Fuzzy Number	معیار Criteria	متغیر زبانی Linguistic variable	نام Name	متغیر Variable
(0,0,1)	اختلاف قیمت 0 تا 1 نوع از مصالح در زمان اجرا با زمان مناقصه پرداخته شده.	کم	تعدیل	A
(1,3,4)	اختلاف قیمت 1 تا 4 نوع از مصالح در زمان اجرا با زمان مناقصه پرداخته شده.	متوسط		
(4,7,7)	اختلاف بیشتر از 4 نوع از مصالح در زمان اجرا با زمان مناقصه پرداخته شده.	زیاد		
(0,0,1,0,2)	پیشنهاد قیمت از طریق استعمال از پیمانکاران بازاری هست.	کم	پیشنهاد قیمت روشن	B
0.2,0.3,0.4	پیشنهاد قیمت از طریق بررسی تجارب کاری گذشته هست.	متوسط		
(0.4,0.7,1)	پیشنهاد قیمت از طریق بررسی تجارب گذشته و اخذ استعمال هست.	زیاد		
(0,0,1)	تعداد پروژه مرتبط اجرا شده با موضوع مناقصه کمتر از 1 عدد است.	کم	داشت فنی	C
(1,2,5)	تعداد پروژه مرتبط اجرا شده با موضوع مناقصه بین 1 تا 5 عدد است.	متوسط		
(5,8,15)	تعداد پروژه مرتبط اجرا شده با موضوع مناقصه بیشتر از 5 عدد است	زیاد		
(0,0,1)	تعداد پروژه اجرا شده در مکان احتمالی کمتر از 1 عدد است.	بد	مکان پروژه	D
(1,3,4)	تعداد پروژه اجرا شده در مکان احتمالی بین 1 تا 3 عدد هست.	خوب		
(3,5,6)	تعداد پروژه اجرا شده در مکان احتمالی بیشتر از 3 عدد هست.	عالی		
(0,0,5,1)	زمان سپری شده جهت بازدید از منطقه کمتر از 1 ساعت است.	بد	محل پروژه بازدید از	E
(1,3,6)	زمان سپری شده جهت بازدید از منطقه بین 1 تا 5 ساعت است.	خوب		
(5,8,12)	زمان سپری شده جهت بازدید از منطقه بیشتر از 5 ساعت است	عالی		
(0,0,1,0,2)	تمام استعداد ماشین آلات مورد نیاز استیجاری است.	کم	ماشین آلات و تجهیزات	F
(0.2,0.3,0.4)	کمتر از نیمی از استعداد ماشین آلات مورد نیاز ملکی است.	متوسط		
(0.4,0.5,1)	بیشتر از نیمی از استعداد ماشین آلات مورد نیاز ملکی است.	زیاد		
(15,60,100)	زمان پرداخت کارفرما به پیمانکار بیشتر از 40 روز است.	بد	وضعیت مالی کارفرما	G
(5,10,15)	زمان پرداخت کارفرما به پیمانکار بین 20 تا 40 روز است.	خوب		
(0,2,7)	زمان پرداخت کارفرما به پیمانکار کمتر از 20 روز است.	عالی		

Variable	متغیر	Name	نام	Linguistic variable	متغیر زبانی	Criteria	معیار	Fuzzy Number	عدد فازی
H	پیش‌پرداخت			کم	کم	تا 5٪ کل قرارداد در ابتدای کار در اختیار پیمانکار است.		0,0.03,0.05	
				متوسط	متوسط	از 5 تا 15٪ کل قرارداد در ابتدای کار در اختیار پیمانکار است.		0.04,0.1,0.15	
				زیاد	زیاد	از 15 تا 25٪ کل قرارداد در ابتدای کار در اختیار پیمانکار است.		(0.15,0.25,0.25)	
J	کنسرسیوم اعضا			بد	بد	اعضا کنسرسیوم در هیچ پروژه باهم در کنسرسیوم نبوده‌اند.		(0,0,1)	
				خوب	خوب	اعضا کنسرسیوم در کمتر از 2 پروژه باهم مشارکت داشته‌اند.		(1,1,2)	
				عالی	عالی	اعضا کنسرسیوم در بیشتر از 2 پروژه باهم مشارکت داشته‌اند.		(2,5,8)	
K	دامین مالی			کم	کم	0 تا 10٪ کل قرارداد نقد است.		(0,0.05,0.1)	
				متوسط	متوسط	10 تا 40٪ کل قرارداد نقد است.		(0.1,0.2,0.4)	
				زیاد	زیاد	بیشتر از 40٪ کل قرارداد نقد است.		(0.4,1,1)	
L	نسبت ارزش			پائین‌تر	پائین‌تر	نسبت ارزش ریالی پروژه‌های اجراشده رقیب به پیمانکار کمتر از 1 باشد.		(0,0.5,1)	
				هم‌سطح	هم‌سطح	نسبت ارزش ریالی پروژه‌های اجراشده رقیب به پیمانکار برابر 1 باشد.		(0.8,1,1.1)	
				بالا‌تر	بالا‌تر	نسبت ارزش ریالی پروژه‌های اجراشده رقیب به پیمانکار بیشتر از 1 باشد.		(1,1.8,3)	
M	پیمانکار توان مالی			کم	کم	توان مالی عددی منفی تا صفر باشد.		(-2,0,0.1)	
				متوسط	متوسط	توان مالی بین 0 تا 5 برابر کل قرارداد پروژه باشد.		(0,2,5)	
				زیاد	زیاد	توان مالی بیشتر از 5 برابر کل قرارداد پروژه باشد.		(4,6,10)	
Y	ریسک شکست مناقصه			خیلی کم	خیلی کم	ریسک شکست مناقصه بین 0٪ تا 5٪ است.		(0,1,1.8)	
				خیلی کم تا کم	خیلی کم تا کم	ریسک شکست مناقصه بین 5٪ تا 10٪ است.		(1.8,2,2.8)	
				کم	کم	ریسک شکست مناقصه بین 10٪ تا 25٪ است.		(2.8,3,3.8)	
				کم تا متوسط	کم تا متوسط	ریسک شکست مناقصه بین 25٪ تا 45٪ است.		(3.8,4,4.8)	
				متوسط	متوسط	ریسک شکست مناقصه بین 45٪ تا 55٪ است.		(4.8,5,5.8)	
				متوسط تا زیاد	متوسط تا زیاد	ریسک شکست مناقصه بین 55٪ تا 65٪ است.		(5.8,6,6.8)	
				زیاد	زیاد	ریسک شکست مناقصه بین 65٪ تا 75٪ است.		(6.8,7,7.8)	
				زیاد تا خیلی زیاد	زیاد تا خیلی زیاد	ریسک شکست مناقصه بین 75٪ تا 85٪ است.		(7.8,8,8.8)	
				خیلی زیاد	خیلی زیاد	ریسک شکست مناقصه بین 85٪ تا 100٪ است.		(8,8,9.9)	

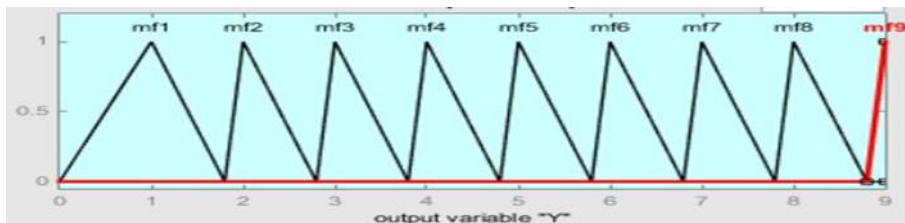
عدد (۰,۰,۱) برای تعدیل کم معادل این است که کم و محتمل‌ترین مصالحی که اختلاف قیمت آن در اجرا با زمان مناقصه پرداخت می‌شود صفر و بیش‌ترین مصالحی که اختلاف قیمت آن در اجرا با زمان مناقصه پرداخت می‌شود ۱ عدد است،

تابع عضویت تعدیل کم، متوسط و زیاد با عددهای فازی $(0, 0, 1)$ ، $(1, 3, 4)$ و $(4, 7, 7)$ در شکل ۱۳ رسم شده است. در شکل ۱۴ تابع عضویت متغیر خروجی نمایش داده شده است.



شکل ۱۳: تابع عضویت برای متغیر تعدیل

Figure13: Membership function adjustment variable



شکل ۱۴: تابع عضویت متغیر خروجی

Figure14: Membership function for output variable

در این مطالعه از عملگر استلزام ممدانی استفاده شده است و برای اجرای قوانین در برنامه متلب از رابطه ۵ استفاده شده. به جای عبارت‌های $A, B, \dots, M$ مقدار متغیرها طبق جدول ۸ جای گذاری می‌شود و در نهایت خروجی قوانین با استفاده از روش مرکز ثقل فازی زدایی شده است.

$$\text{Output} = \text{evalfis}([A \ B \ C \ \dots \ M], \text{File name}) \quad \text{رابطه (۵)}$$

یافته‌ها

مقدار ریسک واقعی (Y) و برآوردی ($\hat{Y}$) از هر دو مدل در جدول ۹ ثبت شده است.

جدول ۹. مقدار واقعی و برازش ریسک

Table9. The actual and adjusted values of the risk

استنتاج فازی	رگرسیون	Y	اجرا	استنتاج فازی	رگرسیون	Y	اجرا
5	4	5	33	8	9	9	1
9	8	9	34	8	7	7	2
8	8	9	35	7	9	9	3
9	9	6	36	7	6	6	4
9	9	6	37	5	5	5	5
8	9	9	38	7	9	9	6
7	8	5	39	7	6	6	7
8	7	8	40	7	8	8	8
8	8	9	41	8	9	9	9
5	5	7	42	7	7	7	10
6	6	6	43	6	7	7	11
4	5	5	44	6	5	5	12
8	9	6	45	5	5	6	13
8	9	8	46	8	7	8	14
4	5	5	47	6	5	5	15
8	8	9	48	8	9	9	16
۸	8	8	49	7	7	7	17
9	9	8	50	8	8	8	18
6	6	9	51	8	8	8	19
8	8	7	52	7	7	7	20
5	4	6	53	6	6	6	21
2	3	9	54	9	9	9	22
8	8	7	55	7	7	7	23
8	8	7	56	7	8	8	24
7	8	6	57	6	6	6	25
6	7	9	58	9	9	9	26
9	9	9	59	9	9	9	27
6	6	7	60	7	6	6	28
6	6	8	61	7	8	8	29
2	2	9	62	9	9	9	30
4	5	2	63	2	2	2	31
1	1	9	64	8	9	9	32

اعتبار مدل‌ها با استفاده از معیار (RMSE)^۱ طبق رابطه ۶ سنجش شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{64} (O_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

مقدار RMSE مدل رگرسیونی برابر با ۰,۵۷ و استنتاج فازی برابر با ۰,۷۵ هست و مقدار ضریب تعیین تعدیل شده مدل رگرسیونی طبق شکل ۷ برابر با ۹۱,۰۵ درصد هست، می توان نتیجه گرفت که اختلاف کمتری بین خروجی تخمینی و خروجی واقعی وجود دارد و عملکرد روش رگرسیون نسبت به استنتاج فازی بهتر هست.

بحث و نتیجه گیری

در مطالعات گذشته با استفاده از روش پرسشنامه و بررسی اسنادی، عوامل مؤثر ارزیابی پیمانکاران در مناقصه شناسایی شده است، این در حالی است که در مطالعه حاضر شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک شکست مناقصه با استفاده از بررسی اسنادی و روش طراحی آزمایش ها انجام شده است. با بررسی پیشینه تحقیق مشخص می شود که مطالعات گذشته یک یا ترکیبی از عواملی را که در این مطالعه مؤثر بر ریسک شناسایی شده است گزارش کرده اند و عوامل مؤثر بر ریسک رتبه بندی شده اند، این در حالی است که در این مطالعه علاوه بر رتبه بندی متغیرهای تأثیرگذار بر ریسک، شدت اثر آن عوامل، به صورت کم، متوسط و زیاد نیز دسته بندی شده است و رابطه رگرسیونی بین متغیرها با در نظرگیری عوامل اصلی و روابط متقابل بین عوامل نیز گزارش شده است که این موارد در مطالعات گذشته دیده نشده است. همچنین در مطالعات گذشته برای تحلیل ریسک از روش هایی مانند تحلیل درخت خطا و... استفاده شده ولی در این مطالعه با استفاده از مدل رگرسیونی و سیستم استنتاج فازی، تحلیل ریسک انجام شده است. با استفاده از معیار RMSE اعتبار این مدل ها مورد بررسی قرار گرفته شده است. مقدار RMSE مدل رگرسیونی برابر با ۰,۵۷ و برای مدل استنتاج فازی برابر با ۰,۷۵ هست، معیار RMSE برای مدل رگرسیونی کم تر از سیستم استنتاج فازی هست، لذا نتایج مدل رگرسیون نسبت به استنتاج فازی بهتر هست. متغیرهای وضعیت مالی کارفرما با ضریب ۱,۱۰۱۶، توان مالی پیمانکار با ضریب ۰,۸۶۷۲، تعدیل با ضریب ۰,۶۳۲۸، روش تأمین مالی پروژه با ضریب ۰,۴۴۵۳، پیش پرداخت با ضریب ۰,۳۲۰۳، استعداد ماشین آلات و تجهیزات با ضریب ۰,۱۹۵۳ و اعضای کنسرسیوم با ضریب ۰,۱۶۴۱ بر روی ریسک شکست مناقصه مؤثر می باشند و از میان این عوامل متغیرهای توان مالی پیمانکار، تعدیل، وضعیت مالی کارفرما و روش تأمین مالی دارای شدت اثر زیاد، متغیر پیش پرداخت دارای شدت اثر متوسط و متغیر اعضا کنسرسیوم و وضعیت ماشین آلات و تجهیزات دارای شدت اثر کم بر روی ریسک می باشند، پیشنهاد می شود در مطالعات

آتی، نتایج مدل طراحی آزمایش‌ها برای متغیرها باحالت‌های بیشتر از دو نیز بررسی شود و نتایج سیستم استنتاج فازی در حالت‌های مختلف تابع عضویت متغیرها و کشف روابط بین متغیرها با استفاده از روش‌های مختلف داده‌کاوی موردبررسی قرار بگیرد و نتایج آن با روش طراحی آزمایش‌ها مقایسه شود تا یک رویکرد منطبق با واقعیت حاصل گردد. ازجمله محدودیت‌های تحقیق به این موضوع اشاره می‌شود که در طراحی مدل با روش طراحی آزمایش‌ها، تمام عوامل با دو سطح در نظر گرفته شده است و برخی عوامل می‌توانند حالت‌های بیشتری داشته باشد که به دلیل اقتصادی بودن به دوسطحی بودن تمام عوامل اکتفا شده است. همچنین وقتی که تعداد عوامل زیاد باشد، اجرای کامل تمام آزمایش‌ها مقرون به صرفه نیست و کسری از آزمایش‌ها انجام می‌شود. همچنین دقت مدل‌های استنتاج فازی متأثر از نوع تابع عضویت متغیرها و نوع قواعد استنتاج فازی است. در این مطالعه برای سادگی مدل از تابع عضویت مثلثی و قواعد استنتاج ممدانی استفاده شده است.

تعارض منافع: نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

Reference

- Abkhoshk, E., Kor, M., & Rezai, B. (2010). A study on the effect of particle size on coal flotation kinetics using fuzzy logic. *Expert Systems with applications*, 37(7), 5201-5207. DOI: **doi:10.1016/j.eswa.2009.12.071**
- Alsaedi, M., Assaf, S., Hassanain, M. A., & Abdallah, A. (2019). Factors affecting contractors' bidding decisions for construction projects in Saudi Arabia. *Buildings*, 9(2), 1-13. **doi:10.3390/buildings9020033**
- Atashgar, K. (2019). Design of Experiment and Taguchi Method (DOE). Malek Ashtar University of Technology, 1, 1-436. [In Persian].
- Azimian, M., Karbasian, M., & Atashgar, K. (2021). Designing a multi-objective mathematical model for determinining the reliable suppliers of one-shot systems based on risk assessment. *Production & Operations Management*, 12(2), 47-70. [In Persian]. **doi:10.22108/jpom.2021.130857.1401**
- Bakhtiyari Dadgar, A., & Godarzi, M. (2016). Study on approaches and kinds multi-factor constructing in term of technical, financial and the way of paying. 3rd. international conference on modern research in civil engineering, architectural & urban development, 1-15. [In Persian]. **SID.https://sid.ir/paper/853995/fa**
- Barati, F., & Nourollah, A. (2012). Generalized Resolution and Minimum Aberration for Nonregular Fractional Factorial Designs. *Andishe-ye Amari*, 16(2), 15-24. [In Persian]. **https://andisheyeamari.irstat.ir/article-1-126-en.html**
- Binshakir, O., AlGhanim, L., Fathaq, A., AlHarith, A. M., Ahmed, S., & El-Sayegh, S. (2023). Factors Affecting the Bidding Decision in Sustainable Construction. *Sustainability*, 15(19), 1-15. **doi.org/10.3390/su151914225**
- Esmaeilzadeh, M., Olfat, L., & Raeesi Vanai, I. (2021). Designing and regulating supplier development systems using ANFIS and meta-heuristic algorithms in the automotive industry. *Production and operation management*, 12(3), 93-117. **doi:10.22108/jpom.2021.129317.1383**
- Esmailzadeh, N., & Ramezani, SH. (2021). A criterion for selecting a two level fractional factorial design. *Journal of Advance Mathematical Modeling*, 11(1), 61-68. [In Persian]. **doi: 10.22055/jamm.2021.29978.1731**

- GraphPad Statistics (2022). Effect Size in mean comparison analyzes using SPSS software. Statistical tutorials and software guides. Retrieved 01, 13, 2023. <https://graphpad.ir/effect-sizes-compare-means-spss.php>
- Hematiyan, H., Sarreshtedar, M., & Hadipour, H. (2011). Application of RSM, F- Regression and GA for evaluating of effective factors in vehicle brake drum assembling process. *Industrial management studies*, 9(23), 163-186. [In Persian]. **doi:20.1001.1.22518029.1390.9.23.7.8**
- Jafarzadeh Ghouschi, S., Ab Rahman, M. N., Raeisi, D., Osgooei, E., & Jafarzadeh Ghousji, M. (2020). Integrated decision-making approach based on SWARA and GRA methods for the prioritization of failures in solar panel systems under Z-information. *Symmetry*, 12(2), 310. **doi:10.3390/sym12020310**
- Kameli, M. (2014). A review of the reasons for the price fluctuations offered by bidders in order to reduce the range of price changes. The first national congress of construction engineering and evaluation of construction projects, 52-60. [In Persian]. **doi:10.22054/jiee.2016.1882**
- Khazaeni, G., & Khazaeni, A. (2022). Successful Tendering in Public Private Partnership, Cost Opportunity Analysis. *Amirkabir Civil Engineering Journal*, 54(2), 395-412. [In Persian]. **doi:10.22060/ceej.2021.18845.6977**
- Khoshdast, H., Soflaeian, A., & Shojaei, V. (2019). Coupled fuzzy logic and experimental design application for simulation of a coal classifier in an industrial environment. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 55(2), 504-515. **doi:10.5277/ppmp18161**
- Mohammadzadeh, A., & Eskandari, Y. (2012). Analysis of the the barriers in the Public Sector Tenders. *Quantitative Researches in Management*, 3(2), 101-120. [In Persian]. SID.<https://sid.ir/paper/191971/en>
- Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments. John wiley & sons, 1-688.
- Niewerth, S., Vogt, P., & Thewes, M. (2020). Tender evaluation through efficiency analysis for public construction contracts. *Frontiers of Engineering Management*, 1-11. **doi:10.1007/s42524-020-0119-z**
- Obodo, C. E., Xie, Z., Cobbinah, B. B., & Yari, K. D. Y. (2021). Evaluating the factors affecting contractors tender for project construction: an

- empirical study of small scale indigenous contractors in awka, Nigeria. Open Journal of Social Sciences, 9(7), 381-397. **doi:10.4236/jss.2021.97028**
- Oo, B. L., Lim, B. T. H., & Runeson, G. (2023). Mark-up on construction projects: what have we learnt in the last 20 years?. Engineering, Construction and Architectural Management, 30(9), 4319-4338. **doi:10.1108/ECAM-01-2022-0070**
- Rahimi, H., & Alizade, S. (2017). Essence of Price adjustment in Construction Contracts in Iran and Fidic. Private law research, 6(21), 147-175. [In Persian]. DOI: <https://doi.org/10.22054/jplr.2018.8139>
- Saffari, H., Atashgar, K., Abbasi, M. (2021). Robust Optimization Model for Forward/Revers Logistics Network Using Experiment Design. Journal of Strategic Management in Industrial System, 16(56), 139-160 [In Persian]. **doi:10.30495/imj.2021.684245**
- Sarker, S., Chowdury, M. S. U., & Deb, P. (2012). Study of influencing factors of tender evaluation: an evidential reasoning approach. International Journal of Research in Computer Science, 2(5), 15-30. **doi:10.7815/ijorcs.25.2012.043**
- Zanjirchi, S.M., Azizi, F., & Amani, M. (2017). Developing a Model for Forcasting the Success of Construction Projects Integration Taguchi Design (DOE) and TAXONOMY. Amirkabir Civil Engineering Journal, 49(1), 185-196. [In Persian]. **doi:10.22060/ceej.2016.703**
- Zhang, Y. (2020). Construction of bid evaluation index system in government public project green procurement in China based on DS evidence theory. Sustainability, 12(2), 1-15. **doi:10.3390/su12020651**

