

Risk Assessment in the Project of Planning and Launching the Production of Shahin Automobile Cylinder Block (Case of Saipa Malleable Company)

Mohammad Khalilzadeh¹ , Shahab Ziabakhsh Kolkhoran^{2*} ,
Mohammad Hossein Kashani³ 

1. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.
2. Master's degree, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.
3. Master's degree, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.

OPEN ACCESS

Article type: Research Article

***Correspondence:** Shahab Ziabakhsh Kolkhoran
shahab.ziabakhsh@gmail.com

Received: June 6, 2024

Accepted: September 13, 2024

Published: Summer 2024

Citation: Khalilzadeh, M., Ziabakhsh Kolkhoran, Sh., Kashani, M. H. (2024). Risk Assessment in the Project of Planning and Launching the Production of Shahin Automobile Cylinder Block (Case of Saipa Malleable Company). *Modern Studies in Management & Organization*, 1(2), 77-102.

Publisher's Note: JMSMO stays neutral with regard to jurisdictional claims in published material and institutional affiliations.



Copyright: Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by Research Center of Resource Management Studies and Knowledge-Based Business. This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Abstract: The purpose of the present study is to assess the risk in planning and launching the production of the cylinder block of the Shahin automobile. This research is exploratory, which seeks to determine the risk in planning and launching the production of the cylinder block of the Shahin automobile in the Saipa Company using the TOPSIS approach, risk matrix, and Monte Carlo expert system. For this purpose, by reviewing articles and interviewing experts, the conceptual model dimensions of economic benefit indicators, technology benefit indicators, and technology readiness indicators were identified, each of which had its sub-criteria. In this way, and using the TOPSIS method, rankings were given in each of the identified indicators. The results of the study showed that the most important criteria were obtained in the following order: comparative advantage, technological knowledge, top management support, certainty, profitability, security, rate of return on capital, necessary knowledge and skills, observability, compatibility, sufficient financial investment, IT standards, IT skills, complexity and technology infrastructure. Also, according to the results obtained from the sum of the coefficients in each dimension, the most important dimensions were identified, so that the order of the identified dimensions was technological benefits, organizational factors, economic benefits, and technological readiness. Furthermore, based on a Monte Carlo simulation, 11 different cases were examined, which showed the accuracy of the results about the severity of the identified risks.

Keywords: Risk Matrix, Monte Carlo Expert System, Risk Assessment, Production Planning and Launch Project.

DOI: [10.22034/jmsmo.2024.219767](https://doi.org/10.22034/jmsmo.2024.219767)

Extended Abstract

Introduction

As we enter the twenty-first century, organizations and individuals are experiencing new phenomena and events that may have been growing for years. The introduction of information technology in every field, the need for speed and responsiveness to customers, the increasing changes in the market and consumer needs, and the need for greater flexibility in organizations and production, are moving towards the concept of risk assessment in the organization. This concept, which arose from the needs of new organizations, is actually among the most important developments and new approaches in the field of management and organization in creating a network in the physical and virtual fields, eliminating waste in the organization (Koulinas et al., 2021).

Over the past two decades, risk management has emerged as one of the key factors in the competitiveness and success of organizations and has received great attention from researchers and experts in production and operations management (Wang et al., 2022). Risk assessment in the production supply chain, as a composite concept, has also attracted the attention of many managers and experts, and researchers are trying to present new angles on this emerging concept (Zhu et al., 2022). Although many people have presented components and indicators of supply chain risk assessment in less than a decade, in general, one group has focused on the main stages of risk in the supply chain, namely procurement, manufacturing, and distribution, and has proposed risk indicators, and another group has focused on the components affecting agility, namely drivers, capabilities, and enablers, and has tried to evaluate the indicators of the risk component in the supply chain (Cook & Mo, 2022).

The purpose of this research is to present and implement a multi-criteria TOPSIS decision-making model, risk matrix, and Monte Carlo expert system approach, using a multi-criteria decision-making approach to identify and assess project risks in planning and launching the production of Shahin automobile cylinder block products to achieve strategies, strategic goals (cost, time, scope, and quality of the project), strategic implementation, and ultimately the realization of the company's vision and macro goals, through which the organization's limited resources are focused on the main risks and projects and programs are prioritized in the face of risks.

Theoretical framework

One of the most important and challenging processes of a project is the project risk management process. This process has a direct impact on the cost, time, and complexity of the project. Risk identification creates the framework and foundation for risk management analysis. Therefore, it plays a major role in the initial stage of risk management. Given that the number of new industrial projects is increasing day by day and is developing, proper risk management is very important. In recent years, many researchers have studied project risk identification. Project risk management is a systematic process that includes identifying, analyzing, and responding to risks and aims to minimize the occurrence of dangerous events (Dey, 2010). Risk assessment is estimating the probability of an event occurring and examining its impact on the project (Dogan, 2021).

In their study entitled "Drivers of Green Supply Chain Management, Practices and Performance", Micheli et al. (2020) stated that, to date, very few studies have provided clear empirical evidence on the actual impact of green practices on the performance of companies, especially in the context of European manufacturing, and on the real impact of possible drivers on the implementation of these practices. Therefore, this study aimed to analyze the moderating factors that influence the

relationship between green supply chain and performance through a survey conducted in 169 Italian manufacturing companies belonging to a wide range of sectors. The analysis showed that indicators related to green supply chain management have an impact on the efficiency and competitiveness of the organization (Micheli et al., 2020). In a study conducted by Dubos and Vorsmarty (2019) entitled “Selection of suppliers based on their ability to innovate green using a data envelopment analysis approach”, they stated that supplier selection is one of the most important factors determining success in achieving the goal of adopting green practices. The issue of supply chain and its management has recently attracted the attention of industry managers. In the supply chain, organizations are viewed as a network of different companies that work together to create more added value for customers or end consumers. Increasing added value is possible by increasing quality while reducing costs. Different organizations require materials, equipment, facilities, and suppliers from other organizations to meet customer expectations, and the performance of an organization is affected by the activities of other organizations that form its supply chain. Given the importance of suppliers with green capabilities both in creating integration throughout the value chain and in capabilities and aligning with growing global environmental concerns, this study presented two phases of methodological research to determine the framework for supplier selection. The first phase includes defining and identifying supplier selection criteria based on their ability in green innovation. The second phase weighted the defined criteria and sub-criteria using the data envelopment analysis approach and determined their order of importance. The research result showed that the factor that was considered in supplier selection based on their ability in green innovation. The criterion is having green capabilities and competencies (Dobos & Vörösmarty, 2019).

Methodology

The present study is applied research in terms of its purpose, in which risk assessment is addressed in planning and launching the production of Shahin automobile cylinder block. The statistical population of the present study includes several senior managers, active, responsible experts of Saipa Malleabel Company, and university professors in the field of risk assessment, numbering 10 people. The data required for this study were collected in three ways: library, referring to documents, and field. In the field method, the data required for the study were collected using a questionnaire and distributed among the statistical population. The designed questionnaire was provided to all experts in the field of Saipa Malleabel Company's risk assessment who met the requirements of expertise, including at least 35 years of age, at least 10 years of experience, and at least a bachelor's degree. In this study, first, indicators were identified based on a literature review, then data were analyzed based on the identified indicators using the TOPSIS method, risk matrix, and Monte Carlo expert system to assess risk in the project of planning and launching the production of Shahin automobile cylinder block in the studied company, Malleabel Saipa.

Discussion and Results

The overall objective of this research is to assess the risk in planning and launching the production of Shahin automobile cylinder block in Malleabel Saipa Company using the TOPSIS approach, risk matrix, and Monte Carlo expert system. In carrying out this research, the researcher did not manipulate the variables and did not create conditions for the occurrence of events; rather, he simply examined and described the existing phenomena as they are. For this purpose, by reviewing articles and interviews with experts and confirming the validity and reliability based on the

conceptual model, the dimensions of economic benefit indicators, technology benefit indicators, and technology readiness indicators were identified, each of which had its sub-criteria. Thus, organizational factor indicators including necessary knowledge and skills, sufficient financial investment, top management support, economic indicators including certainty, profitability, and rate of return on investment, technology advantage indicators including comparative advantage, observability, security, complexity, and compatibility, technological readiness indicators including information technology standards, information technology skills, and technology infrastructure were identified, and thus, using the TOPSIS method, rankings were given for each of the identified indicators.

Conclusion

According to the results obtained from the TOPSIS technique, the most important criteria were, in order: comparative advantage, technological knowledge, top management support, certainty, profitability, security, rate of return on investment, necessary knowledge and skills, observability, compatibility, sufficient financial investment, IT standards, IT skills, complexity and technology infrastructure. Also, according to the results obtained from the sum of the coefficients in each dimension, the most important dimensions were identified, so that the order of the identified dimensions was technological advantages, organizational factors, economic advantages, and technological readiness.

The simulation results showed that only a few capacity constraints (86 cases) are potentially violated, because some capacities exist more than the need or the model has allocated less capacity for them, and therefore, fluctuations within the considered range do not affect them.

Contribution of authors

All authors have participated in this research in equal proportion.

Ethical approval

Written informed consent was obtained from the individuals for their anonymized information to be published in this article.

Conflict of interest

No conflicts of interest are declared by the authors.

مطالعات نوین در مدیریت و سازمان

سال اول، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳ - صفحه ۷۷-۱۰۲

Homepage: <https://www.jmsmo.ir>

ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین (شرکت مورد مطالعه: شرکت مالیل سایپا)

محمد خلیل زاده^۱، شهاب ضیاءبخش کلخوران^{۲*}، محمد حسین کاشانی^۳

۱. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران.

۲. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران.

۳. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران.

چکیده: هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین می‌باشد. این تحقیق از نظر ماهیت، اکتشافی بوده که به دنبال ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین در شرکت مالیل سایپا با رویکرد تاپسیس، ماتریس ریسک و سیستم خبره مونت کارلو می‌باشد. بدین منظور با بررسی مقاله‌ها و مصاحبه با خبرگان مدل مفهومی ابعاد شاخص‌های مزایای اقتصادی، شاخص‌های مزایای تکنولوژی، شاخص‌های آمادگی‌های تکنولوژی شناسایی شدند که هر یک دارای زیرمعیارهای مختص به خود بودند. بدین واسطه و با استفاده از روش تاپسیس به رتبه‌بندی در هر یک از شاخص‌های شناسایی شده پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که مهم‌ترین معیارها به ترتیب: مزیت نسبی، دانش تکنولوژیک، حمایت مدیریت عالی، قطعیت، سودآوری، امنیت، نرخ بازده سرمایه، دانش و مهارت‌های لازم، مشاهده‌پذیری، سازگاری، سرمایه‌گذاری مالی کافی، استانداردهای IT، مهارت‌های IT، پیچیدگی و زیرساخت‌های فناوری به دست آمدند. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده از جمع ضرایب در هر بُعد، مهم‌ترین ابعاد شناسایی شدند به طوری که ترتیب ابعاد شناسایی شده عبارت بودند از مزایای تکنولوژی، عوامل سازمانی، مزایای اقتصادی و آمادگی‌های تکنولوژی. همچنین، مبتنی بر شبیه‌سازی مونت کارلو ۱۱ حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان از صحت نتایج در ارتباط با شدت ریسک‌های شناسایی شده را نشان داد.

واژگان کلیدی: ماتریس ریسک، سیستم خبره مونت کارلو، ارزیابی ریسک، پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید.

DOI: [10.22034/jmsmo.2024.219767](https://doi.org/10.22034/jmsmo.2024.219767)

دسترسی آزاد

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

*نویسنده مسئول: شهاب ضیاءبخش کلخوران

shahab.ziabakhsh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۳

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۳

استناد: خلیل‌زاده، محمد و ضیاءبخش کلخوران، شهاب و کاشانی، محمد حسین. (۱۴۰۳). ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین (شرکت مورد مطالعه: شرکت مالیل سایپا). فصلنامه مطالعات نوین در مدیریت و سازمان، ۲(۱)، ۷۷-۱۰۲.

یادداشت ناشر: JMSMO درخصوص

ادعاهای قضایی در مطالب منتشر شده و

وابستگی‌های سازمانی بی‌طرف می‌ماند.



کپی‌رایت: نویسندگان حق نشر و حقوق کامل انتشار را برای خود محفوظ می‌دارند.

منتشر شده توسط مرکز پژوهشی مطالعات مدیریت منابع و کسب و کار دانش محور. این مقاله، یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت مجوز

[Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) منتشر شده است.

مقدمه

با ورود به قرن بیست و یکم، سازمان‌ها و افراد در حال تجربه پدیده‌ها و اتفاقات جدیدی هستند که شاید ریشه آن‌ها از سال‌ها قبل در حال رشد بوده است. ورود

عنصر فناوری اطلاعات در هر حوزه، لزوم سرعت عمل و پاسخگویی به مشتریان و تغییرات روزافزون بازار و نیازهای مصرف‌کنندگان، لزوم انعطاف هر چه بیشتر در سازمان‌ها و تولید، حرکت به سمت مفهوم ارزیابی ریسک در سازمان است. این مفهوم که برخاسته از نیاز سازمان‌های جدید است، در واقع در ایجاد شبکه در حوزه فیزیکی، مجازی، حذف اتلاف‌ها در سازمان از جمله مهم‌ترین تحولات و رویکردهای نوین در حوزه مدیریت و سازمان هستند (Koulinas et al., 2021).

در طی دو دهه اخیر، مدیریت ریسک به عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل رقابت و موفقیت سازمان‌ها مطرح گشته و مورد توجه زیاد محققین و صاحب‌نظران مدیریت تولید و عملیات بوده است (Wang et al., 2022). ارزیابی ریسک در زنجیره تأمین تولید نیز به عنوان یک مفهوم ترکیبی در حال حاضر توجه بسیاری از مدیران و صاحب‌نظران را معطوف به خود کرده و محققین درصدد ارائه زوایای جدیدی از این مفهوم نوظهور هستند (Zhu et al., 2022). علی‌رغم آنکه در کمتر از یک دهه اخیر افراد بسیاری به ارائه مؤلفه‌ها و شاخص‌های ارزیابی ریسک زنجیره تأمین پرداخته‌اند، اما به‌طور کلی گروهی مراحل اصلی ریسک در زنجیره تأمین یعنی تدارکات، ساخت و توزیع را محور قرار داده و شاخص‌های ریسک را مطرح ساخته‌اند و گروهی مؤلفه‌های مؤثر بر چابکی، یعنی محرک‌ها، توانمندی‌ها و توانمندسازها را محور قرار داده و سعی در ارزیابی شاخص‌های مؤلفه ریسک در زنجیره تأمین نموده‌اند (Cook & Mo, 2022).

هدف از انجام این تحقیق، ارائه و انجام رویکرد یک مدل TOPSIS تصمیم‌گیری چند شاخصه، ماتریس ریسک و سیستم خبره مونت کارلو، با بکارگیری رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره جهت شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین در راستای تحقق استراتژی‌ها، اهداف استراتژیک (هزینه زمان، محدوده و کیفیت پروژه)، اجرای استراتژیک و در نهایت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان شرکت می‌باشد که توسط آن منابع محدود سازمان بر روی ریسک‌های اصلی متمرکز و پروژه‌ها و برنامه‌ها در مواجهه با ریسک‌ها اولویت‌بندی می‌گردند. از روش مونت کارلو برای شبیه‌سازی ریسک‌هایی که عدم قطعیت زیادی در ورودی‌های آن‌ها وجود دارد نیز استفاده می‌کنیم. با توجه به مرحله تجزیه و تحلیل ریسک مقالات زیادی از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده کرده‌اند. شبیه‌سازی مونت کارلو یک روش استاندارد تحلیل ریسک کمی است که بیشتر برای تحلیل و تأیید عدم قطعیت استفاده می‌شود.

در زمان انجام این پژوهش شناسایی و ارزیابی ریسک پروژه‌های مهندسی در شرکت مالیبل سایپا به صورت سیستماتیک و بر اساس رویکردی ساخت یافته انجام نمی‌گردد و در برخی موارد به دلیل عدم شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های مهندسی در مراحل اجراء پروژه، برخی پروژه‌ها منجر به هدر رفت منابع گردیده و یا به شکست می‌انجامد و انجام پروژه‌ها اثر بخش نمی‌باشد. در شناسنامه پروژه‌های مهندسی، ریسک پروژه‌های مهندسی (ساخت، طراحی، باز طراحی و ...) شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی و اقدامات مرتبط در مواجهه با آن طبقه‌بندی و تحت کنترل به صورت رویکرد سیستماتیک تحت کنترل قرار ندارد و مالکین و ذینفعان پروژه‌ها از ریسک‌های پروژه‌ها اطلاع ندارند،

همچنین ارتباط مؤثری با فرایندهای مالی جهت تخصیص منابع مالی (تأمین مالی، مدیریت نقدینگی) و ریسک‌های مرتبط با آن وجود ندارد.

یکی از روش‌های مدل‌سازی تغییرات آینده یک سیستم اقتصادی، استفاده از روش شبیه‌سازی و تولید اعداد تصادفی برای پارامترهای دارای عدم قطعیت می‌باشد. اغلب سیستم‌های اقتصادی به حدی پیچیده هستند که نمی‌توان آن‌ها را در غالب مجموعه‌ای از روابط ریاضی بیان نمود. در چنین حالت‌هایی از شبیه‌سازی استفاده می‌شود. شبیه‌سازی بررسی واکنش‌های پیچیده یک سیستم اقتصادی را در برابر تغییرات محیط امکان‌پذیر می‌سازد. طراحی یک مدل شبیه‌سازی شده از یک سیستم اقتصادی، عموماً پیشنهاداتی را جهت تغییر و بهبود سیستم فراهم می‌آورد. تأثیر این تغییرات می‌تواند از طریق بکارگیری شبیه‌سازی، قبل از اجرای آن‌ها روی سیستم واقعی مورد آزمایش قرار گیرد. شبیه‌سازی می‌تواند به عنوان یک آزمون اولیه، قبل از اینکه ریسک اجرای سیستم واقعی انجام شود، مورد استفاده قرار گرفته تا سیاست‌ها و نقش تصمیم‌گیری‌ها در آینده یک سیستم عملیاتی بررسی شود. در واقع، شبیه‌سازی این امکان را فراهم می‌آورد که یک سیستم دینامیک را در زمان واقعی مطالعه نمود. برای تخمین طبقه‌بندی ریسک هر یک از فعالیت‌های پروژه از اصول ماتریس ریسک استفاده می‌شود. سپس، از روش چند معیاره TOPSIS برای رتبه‌بندی فعالیت‌ها با یک ترتیب نزولی از سطح عدم قطعیت که شامل آن‌ها است، به کار گرفته می‌شود. سپس از رتبه‌بندی به دست آمده برای تخصیص دامنه انحراف مدت به فعالیت‌ها و بیان کمی عدم قطعیت استفاده می‌شود. در روش TOPSIS علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک پروژه/ برنامه از نقطه ایدآل مثبت، فاصله آن از نقطه ایدآل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایدآل مثبت بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از راه حل ایدآل منفی می‌باشد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

یکی از مهم‌ترین و پر چالش‌ترین فرایندهای یک پروژه فرایند مدیریت ریسک پروژه می‌باشد. این فرایند تأثیر مستقیمی بر روی هزینه، زمان و پیچیدگی پروژه دارد. شناسایی ریسک چهارچوب و بنیان اصلی تجزیه و تحلیل مدیریت ریسک را ایجاد می‌کند. بنابراین، نقش زیادی در مرحله ابتدایی مدیریت ریسک دارد. با توجه به اینکه تعداد پروژه‌های جدید صنعتی در حال افزایش روز افزون می‌باشد و توسعه پیدا می‌کند، مدیریت صحیح ریسک بسیار مهم می‌باشد. در مطالعات سال‌های گذشته پژوهشگران زیادی به تحقیق در خصوص شناسایی ریسک پروژه‌ها پرداخته‌اند. مدیریت ریسک پروژه یک فرآیند سیستماتیک می‌باشد که شامل شناسایی، تجزیه و تحلیل و پاسخگویی ریسک‌ها می‌باشد و هدف آن به حداقل رساندن وقوع اتفاق‌های خطرناک می‌باشد (Dey, 2010). ارزیابی ریسک در واقع برآورد احتمال وقوع یک رویداد و بررسی تأثیر آن بر روی پروژه می‌باشد (Dogan, 2021). برای ارزیابی ریسک‌ها ابتدا ریسک‌های اصلی پروژه که تأثیر زیادی بر روی نتایج پروژه و فرایندها دارند شناسایی می‌شوند و پس از آن فراوانی وقوع و نتایج هر ریسک به

صورت دقیق ارزیابی می‌شود و بر اساس نتایج بدست آمده درجات ریسک‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. در این مرحله می‌توانیم ریسک‌ها را باهم مقایسه کنیم و برای پاسخ‌دهی به ریسک‌ها برنامه مناسبی تهیه کنیم.

میچلی^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، در تحقیق خود با عنوان «محرک‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز، شیوه‌ها و عملکرد» بیان داشتند که تاکنون، مطالعات بسیار کمی شواهد تجربی روشنی را در مورد تأثیر واقعی اقدامات سبز بر عملکرد شرکت‌ها، به خصوص در زمینه تولید اروپایی، و بر روی تأثیر واقعی محرک‌های احتمالی بر اجرای این اقدامات ارائه کرده‌اند. بنابراین، هدف از این مطالعه تجزیه و تحلیل عوامل تعدیل که بر روابط بین زنجیره تأمین سبز و عملکرد از طریق یک نظرسنجی انجام شده در ۱۶۹ شرکت تولیدی ایتالیایی متعلق به طیف وسیعی از بخش‌های مختلف تأثیر می‌گذارد را مورد بررسی قرار داده است. تجزیه و تحلیل نشان داد که شاخص‌های مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین سبز بر عملکرد کارایی و رقابت‌پذیری سازمان تأثیر گذار می‌باشد (Micheli et al., 2020). در تحقیقی که توسط دوبوس و وورس مارتی^۲ (۲۰۱۹) با عنوان «انتخاب تأمین‌کننده براساس توانایی آن‌ها در نوآوری سبز با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها» انجام گرفت، بیان داشته‌اند که انتخاب تأمین‌کننده یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده موفقیت در دستیابی به هدف پذیرش عملکردهای سبز است. موضوع زنجیره تأمین و مدیریت آن اخیراً توجه مدیران صنعت رابه خود جلب کرده است. در زنجیره تأمین به سازمان‌ها به صورت شبکه‌ای از شرکت‌های مختلف نگریسته می‌شود که با همکاری هم سعی می‌کنند ارزش افزوده بیشتری برای مشتریان یا مصرف‌کنندگان نهایی ایجاد کنند. افزایش ارزش افزوده به وسیله بالا بردن کیفیت به همراه کاهش دادن هزینه‌ها امکان‌پذیر است. سازمان‌های مختلف برای پاسخگویی به انتظارات مشتریان نیازمند مواد، تجهیزات، تسهیلات و تأمین‌کنندگانی از سازمان‌های دیگر هستند و عملکرد یک سازمان به وسیله فعالیت‌های سایر سازمان‌هایی که تشکیل زنجیره تأمین آن را می‌دهند، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت وجود تأمین‌کنندگان دارای توانایی‌های سبز هم در ایجاد یکپارچگی در طول زنجیره ارزش و هم در قابلیت‌ها و هم‌سو شدن با نگرانی‌های فزاینده زیست محیطی جهانی در این پژوهش دو فاز روش پژوهی را برای تعیین چارچوب انتخاب تأمین‌کننده ارایه شد. فاز اول شامل تعریف و شناسایی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده براساس توانایی آن‌ها در نوآوری سبز است. فاز دوم اقدام به وزن دهی معیارها و زیرمعیارهای تعریف شده با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و ترتیب اهمیت آن‌ها را معین شد. نتیجه پژوهش نشان داد عاملی که در گزینش تأمین‌کننده براساس توانایی آن‌ها در نوآوری سبز مورد توجه قرار گرفت. معیار قابلیت‌ها و صلاحیت‌های سبز داشتن است (Dobos & Vörösmarty, 2019). درخشانفر و همکاران (۲۰۱۹)، مفهوم ریسک تأخیر و طبقه‌بندی را با ترکیب داده‌ها به کمک مقالات زیادی و همچنین انجام تجزیه و تحلیل کیفی توسعه دادند (Derakhshanfar et al., 2019).

در تحقیقی که توسط بناییان و همکاران (۲۰۱۸) با عنوان «ارایه مدلی جهت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در صنایع غذایی» انجام گرفت به این موضوع اشاره داشته‌اند که امروزه با توجه به رشد جمعیت جهان، توسعه پایدار، گرم شدن

¹ Micheli

² Dobos & Vörösmarty

کره زمین و تخریب محیط در اثر فعالیت‌های صنایع مختلف موضوع محیط زیست در مباحث مدیریتی با اقبال زیادی مواجه شده است. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های سازمان که می‌تواند نقش موثری در بهبود این وضع داشته باشد، مدیریت زنجیره تأمین سبز می‌باشد. در واقع برای غلبه بر اثرات منفی زیست محیطی فرآیندهای صنعتی، انتخاب تأمین کننده به علت داشتن تأثیرات بلند مدت می‌تواند به عنوان بخش مهمی از مفهوم مدیریت زنجیره تأمین سبز قلمداد شود. با توجه به اهمیت این موضوع در این مطالعه تلاش شده است مدلی برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان سبز ارائه شود، به گونه‌ای که هم معیارهای سنتی و هم معیارهای سبز در آن لحاظ شود. برای این منظور ابتدا با بررسی ادبیات پژوهش و مصاحبه با خبرگان لیستی از مهم‌ترین معیارهای سبز و سنتی مؤثر در فرایند انتخاب تأمین کنندگان شناسایی شد و سپس با استفاده از روش دلفی به غربال‌سازی آن‌ها پرداخته شد. در گام بعد با استفاده از روش دیمتل به تجزیه و تحلیل روابط میان معیارهای سبز و سنتی پرداخته شد. در نهایت براساس نتایج بدست آمده، مدلی برای ارزیابی و انتخاب سازمان مورد مطالعه ارائه شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مدل ارائه شده می‌تواند به عنوان یک سیستم تصمیم‌گیر به سازمان‌ها و مدیران آن‌ها در فرایند ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان و شرکای تجاری خود کمک نماید؛ به نحوی که هم منافع سازمان و هم الزامات زیست محیطی در نظر گرفته شود (Banaeian et al., 2018). در تحقیقی که توسط یزدانی و همکاران (۲۰۱۷) انجام گرفت بیان می‌دارد که امروزه با توجه به افزایش سطح مصرف و اثرات مخرب تحولات صنعتی مفهوم زنجیره تأمین سبز تبدیل به یکی از مباحث حیاتی شده است. برای غلبه بر اثرات منفی فرآیندهای صنعتی، انتخاب تأمین کننده به علت داشتن تأثیرات بلند مدت می‌تواند به عنوان بخش مهمی از مفهوم مدیریت زنجیره تأمین سبز قلمداد شود. با توجه به اهمیت این موضوع در این مطالعه تلاش شده است تا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین کنندگان سبز پرداخته شود. بنابراین، در گام نخست با بررسی ادبیات پژوهش به شناسایی شاخص‌های مؤثر در انتخاب تأمین کنندگان پرداخته شد. در گام بعد با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی شاخص‌های شناسایی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از روش ویکور به ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش پرداخته شد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که از میان شاخص‌های پژوهش، شاخص‌های طراحی سبز، استفاده از مواد سبز، قیمت و کیفیت به ترتیب بیشترین اهمیت را کسب کرده‌اند (Yazdani et al., 2017).

مقالات متعددی نوشته شده است که در آن‌ها برای مرحله تجزیه و تحلیل ریسک، از رویکرد شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده می‌کنند. وانهوکه^۱ (۲۰۱۱)، در مقاله خود از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده کرد (Vanhoucke, 2011). انزرمس و کرتوپولس^۲ (۲۰۱۸)، رویکرد جدیدی را برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک آتش‌سوزی در پروژه‌های ساخت و ساز تونل زیرزمینی استفاده کردند (Ntzeremes & Kirytopoulos, 2018). کولیناس^۳ و همکاران (۲۰۲۰)،

¹ Vanhoucke

² Ntzeremes & Kirytopoulos

³ Koulinas

در مقاله خود از ترکیب شبیه‌سازی مونت کارلو با تجربه مدیر ریسک برای پیش‌بینی مدت‌زمان پروژه استفاده کردند (Koulinas et al., 2020). اسلام^۱ و همکاران (۲۰۱۳)، یک مدل چند معیاره را برای بررسی اثرات عوامل ریسک بر کیفیت آب در سیستم‌های توزیع آب ارائه دادند (Islam et al., 2013).

روش‌های چند معیاره در مطالعات زیادی برای ارزیابی خطرات در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. گراسی^۲ و همکاران (۲۰۰۹)، از Topsis فازی برای ارزیابی ریسک در محیط‌های کاری استفاده کردند (Grassi et al., 2009) و کریمی آذری و همکاران (۲۰۱۱) از روش Topsis برای ارزیابی مدل‌های تحلیل ریسک استفاده کردند (KarimiAzari et al., 2011). فولادگار و همکاران (۲۰۱۲)، روش Topsis را برای انجام ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساخت تونل‌های پیچیده به کار گرفتند (Fouladgar et al., 2012). سامودی^۳ و همکاران (۲۰۱۳)، برای ارزیابی ریسک در یک زنجیره تأمین در مطالعه خود از AHP فازی و Topsis فازی استفاده کردند (Samvedi et al., 2013). وحدانی و همکاران (۲۰۱۵)، روش FMEA و Topsis را برای ارزیابی ریسک در فرآیند تولید فولاد استفاده کردند (Vahdani et al., 2015).

وان^۴ و همکاران (۲۰۱۹)، از یک تکنیک مبتنی بر تاپسیس برای تجزیه و تحلیل و انجام ارزیابی ریسک در فرآیند تولید استفاده کردند (Wan et al., 2019). سونگ^۵ و همکاران (۲۰۲۰)، از یک روش Topsis توسعه یافته برای تجزیه و تحلیل ریسک تجارت پالایشگاه‌های نفت استفاده کردند (Song et al., 2020). فقیه روحی و همکاران (۲۰۲۰)، از یک رویکرد ترکیبی فازی Topsis برای مطالعه خود در خصوص انتخاب خطوط حمل و نقل برای محصولات دارویی استفاده کردند (Faghih-Roohi et al., 2020). کارآموزیان و وو^۶ (۲۰۲۰)، از FMEA برای ارزیابی ریسک‌ها استفاده کردند (Karamoozian & Wu, 2020). ژانگ^۷ و همکاران (۲۰۲۰)، در مطالعات خود از روش شبیه‌سازی مونت کارلو برای بررسی اثربخشی استفاده کردند (Zhang et al., 2020). کک و گورگون^۸ (۲۰۲۱)، از روش Topsis برای ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساخت و ساز استفاده کردند (Koc & Gurgun, 2021).

علاوه بر موارد یاد شده، مقالات بسیار متعددی از روش Topsis و شبیه‌سازی مونت کارلو برای تجزیه و تحلیل ریسک، استفاده کرده‌اند. ژو^۹ و همکاران (۲۰۱۸)، برای تجزیه و تحلیل عدم قطعیت از یک تجزیه و تحلیل چند معیاره تصادفی و مدل Topsis و از مونت کارلو برای اجرای آن استفاده کردند (Zhu et al., 2018). در مطالعه آدونجی^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۸)، Topsis برای تصمیم‌گیری در خصوص یک سیستم مناسب در کاربردهای نظامی استفاده کردند

¹ Islam

² Grassi

³ Samvedi

⁴ Wan

⁵ Song

⁶ Karamoozian & Wu

⁷ Zhang

⁸ Koc & Gurgun

⁹ Zhu

¹⁰ Adetunji

(Adetunji et al., 2018). وو^۱ و همکاران (۲۰۱۹)، یک روش مبتنی بر TOPSIS و MCS را برای ارزیابی عدم قطعیت در مطالعه خود استفاده کردند (Wu et al., 2019)، یسالو^۲ و همکاران (۲۰۲۰)، مدل فازی جدیدی از روش TOPSIS را معرفی کردند و مفهوم تحلیل پذیرش چند معیاره فازی FSOI را در آن اجرایی کردند (Yatsalo et al., 2020). با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در زمینه مدل‌های ریاضی ارایه شده برای زنجیره تأمین انعطاف‌پذیر و چابکی شبکه زنجیره، دریافتیم که خلاء وجود روشی بر اساس متغیرهای عدم قطعیت بسیار نمایان می‌باشد. در این تحقیق بر آن شدیم تا با تلفیق مدل بهینه‌سازی استوار با استفاده متغیرهای عدم قطعیت افزایش انعطاف‌پذیری و چابکی شبکه زنجیره تأمین به جهت چابکی و انعطاف در هریک از چهار مقوله خرید، سفارش، تولید و حمل‌ونقل طراحی و ارایه نماییم. در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با شناسایی ضعف‌ها و قوت‌های تحقیقات پیشین، ضعف‌ها پوشش داده و قوت‌ها تقویت گردند.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نظر هدف یک پژوهش کاربردی است که در آن ارزیابی ریسک در پروژه طرح ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین پرداخته شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل تعدادی از مدیران عالی، کارشناسان مسئول فعال شرکت مالیبل سایپا و اساتید دانشگاه در حوزه ارزیابی ریسک می‌باشد، که تعداد آن‌ها ۱۰ نفر است. جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای این پژوهش به سه صورت کتابخانه‌ای، مراجعه به اسناد و مدارک و میدانی است. در روش میدانی با استفاده از پرسشنامه و توزیع آن در بین جامعه آماری داده‌های مورد نیاز برای انجام پژوهش، جمع‌آوری شد. پرسشنامه طراحی شده در اختیار تمامی خبرگان در حوزه ارزیابی ریسک شرکت مالیبل سایپا که دارای شرایط خبرگی حداقل سن ۳۵ سال، حداقل سابقه ۱۰ سال و حداقل تحصیلات کارشناسی داشته باشند، قرار داده شده است. لازم به توضیح است اگر چه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند سنتی کمی سازی دیدگاه افراد، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با عبارات کلامی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در این پژوهش ابتدا به شناسایی شاخص‌ها براساس مرور ادبیات اقدام شد، سپس براساس شاخص‌های شناسایی شده با استفاده از روش تاپسیس، ماتریس ریسک و سیستم خبره مونت کارلو برای ارزیابی ریسک در پروژه طرح ریزی و راه اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین در شرکت مورد مطالعه مالیبل سایپا به تحلیل داده‌ها اقدام شد.

¹ Wu

² Yatsalo

در این پژوهش، با توجه به اینکه از ابتدا برای قدم برداشتن در مراحل تحقیق، پروتکل‌هایی تعریف می‌شود. بنابراین، دارای قابلیت اعتبار، تأیید است. همچنین، با توجه به اینکه کلیه مراحل تحقیق به روشنی معرفی و بیان شده‌اند، لذا قابل انتقال و تعمیم به پژوهش‌های دیگر نیز می‌باشد. سرانجام، با توجه به اینکه در طول تحقیق همواره سعی می‌شود تا مدلی در خور و مناسب تهیه و ساخته شود، محقق با مقایسه آن در مقابل مدل‌های موجود تلاش می‌کند تا از مدل ساخته شده در ذهن خواننده اطمینان ایجاد نماید.

یافته‌های پژوهش

گام اول: تعیین وزن معیارهای ارزیابی وضعیت

در گام اول روش تاپسیس فازی می‌بایست وزن معیارهای مسأله تعیین گردد. برای این منظور و در سوال اول پرسش‌نامه از صاحب‌نظران در این تحقیق خواسته شد تا طبق مقیاس‌های کلامی مشخص شده در جدول شماره ۱ میزان اهمیت هر معیار را مشخص کنند. پس از جمع‌آوری پاسخ‌های خبرگان در قالب پاره‌ای گویه‌های کلامی، لازم است پاسخ‌های مذکور به مقیاسی با قابلیت تجزیه و تحلیل برده شوند، زیرا انجام عملیات ریاضی بر روی متغیرهای بیانی کیفی غیرممکن است. بنابراین، متغیرهای بیانی باید به مقیاس‌های فازی تبدیل شوند.

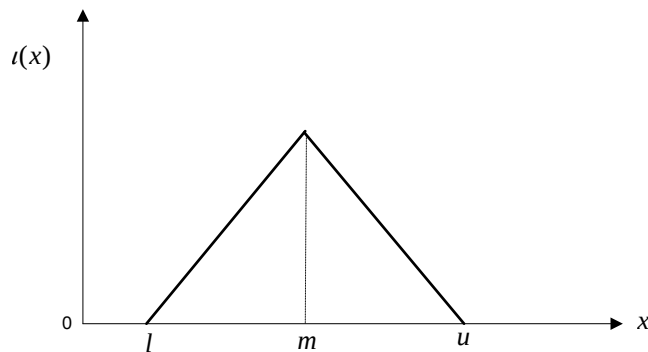
جدول ۱. مقیاس‌های کلامی و اعداد فازی متناظر برای تعیین اهمیت معیارها (Source: By author)

مقیاس‌های کلامی	اعداد فازی متناظر
خیلی کم (VL)	(0, 0, 0.1)
کم (L)	(0, 0.1, 0.3)
متوسط کم (ML)	(0.1, 0.3, 0.5)
متوسط (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
متوسط زیاد (MH)	(0.5, 0.7, 0.9)
زیاد (H)	(0.7, 0.9, 1)
خیلی زیاد (VH)	(0.9, 1, 1)

در این پروژه و تحقیق، از اعداد فازی مثلثی^۱ بعنوان توابع عضویت اعداد فازی استفاده می‌شود. نمودار تابع عضویت مثلثی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. دلیل استفاده از اعداد فازی مثلثی، کمک به تصمیم‌گیرنده در تصمیم‌گیری ساده‌تر است. تابع عضویت عدد فازی مثلثی آن بصورت معادله‌ی زیر می‌باشد و بصورت سه تایی (l, m, u) نشان داده می‌شود.

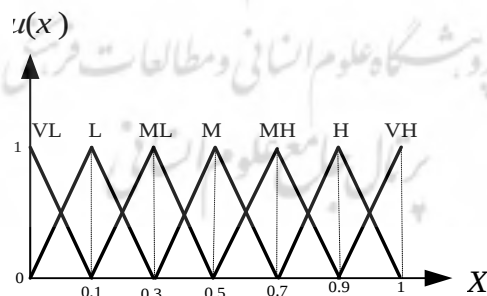
¹ Triangular Fuzzy number

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$



نمودار ۱. نمایش عدد فازی مثلثی (Source:By author)

پارامترهای Upper و Middle و Lower به ترتیب بیانگر کمترین ارزش ممکن، بیشترین ارزش محتمل و بیشترین ارزش ممکن می‌باشند. از آنجا که معیارهای استفاده شده در این تحقیق بیشتر جنبه کیفی دارند و قابل بیان به شکل یک عدد نمی‌باشند، می‌توان آنها را به صورت واژه‌های زبانی نظیر خیلی زیاد، زیاد، متوسط زیاد، متوسط، متوسط کم، کم و خیلی کم بیان نمود. در چنین حالتی به منظور تبدیل معیارهای کیفی به کمی و یافتن اعداد متناسب با واژه‌های مورد نظر می‌توان از نمودارهای فازی استفاده کرد. نمونه‌ای از طیف فازی مورد استفاده در این تحقیق در نمودار شماره ۲ آمده است.



نمودار ۲. اعداد فازی برای تعیین اهمیت معیارهای (Source:By author)

به عنوان مثال از داده‌های بدست آمده از پرسشنامه، نظر فرد اول را می‌توان به صورت جدول شماره ۲ استخراج نمود. بر طبق این جدول و به عنوان مثال اهمیت معیار از نظر فرد اول زیاد برآورده شده است. اهمیت زیاد بر طبق جدول شماره ۲ معادل عدد فازی مثلثی (۰.۷, ۰.۹, ۱) است.

جدول ۲. مقیاس های کلامی و اعداد فازی متناظر از نظرات فرد اول در مورد اهمیت معیارها (Source:By author)

معیارها	مقیاس کلامی	اعداد فازی متناظر
S	زیاد (H)	(0.7, 0.9, 1)
M	خیلی زیاد (VH)	(0.9, 1, 1)
A	زیاد (H)	(0.7, 0.9, 1)
R	خیلی زیاد (VH)	(0.9, 1, 1)
T	زیاد (H)	(0.7, 0.9, 1)

به همین ترتیب برای همه افراد شرکت کننده جداول مشابهی تشکیل شده و سپس میانگین نظرات کل افراد (میانگین عدد اول، میانگین عدد دوم و میانگین عدد سوم برای همه افراد و برای هر معیار جداگانه) محاسبه می گردد. این میانگین کل در حقیقت یک عدد فازی مثلثی مثبت است که اهمیت هر معیار را نشان می دهد.

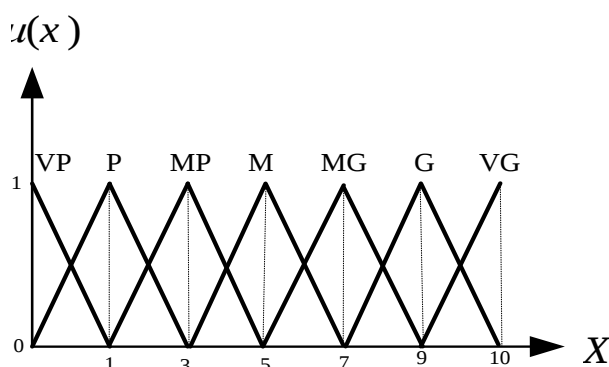
گام دوم: تشکیل ماتریس تصمیم گیری برای تعیین اهمیت هر شاخص با توجه به هر معیار

برای این منظور ابتدا لازم است که مقیاس مناسب فازی برای سنجش هر شاخص با توجه به هر معیار تعیین گردد. در این تحقیق از مقیاس های فازی به کار گرفته شده استفاده شده است. این مقیاس ها (مقیاس های کلامی) و نیز اعداد فازی متناظر را می توان در جدول شماره ۳ مشاهده کرد.

جدول ۳. مقیاس های کلامی و اعداد فازی متناظر برای میزان اهمیت هر شاخص (Source:By author)

مقیاس های کلامی	اعداد فازی متناظر
بسیار ضعیف (VP)	(0,0, 1)
ضعیف (P)	(0, 1, 3)
متوسط ضعیف (MP)	(1, 3, 5)
متوسط (M)	(3, 5, 7)
متوسط خوب (MG)	(5, 7, 9)
خوب (G)	(7, 9,10)
بسیار خوب (VG)	(9,10,10)

از آنجا که معیارهای استفاده شده برای تعیین میزان اهمیت هر شاخص بیشتر جنبه کیفی داشته و قابل بیان به شکل یک عدد نمی باشند، می توان آنها را به صورت واژه های زبانی نظیر بسیارخوب، خوب، متوسط خوب، متوسط، متوسط ضعیف، ضعیف و بسیار ضعیف بیان نمود. در چنین حالتی به منظور تبدیل معیارهای کیفی به کمی و یافتن اعداد متناسب با واژه های مورد نظر می توان از نمودارهای فازی استفاده کرد. نمونه ای از طیف فازی مورد استفاده در این تحقیق در نمودار شماره ۳ آمده است.



نمودار ۳. اعداد فازی برای تعیین میزان اهمیت هر شاخص (Source:By author)

به این ترتیب می‌بایست نظرات همه افراد را برای هر دسته از شاخص‌ها و با توجه به پنج معیار مساله به اعداد فازی مثلثی متناظر تبدیل کرده و در نهایت میانگین این نظرات را محاسبه کنیم. برای درک بهتر فرض کنید که ماتریس تصمیم‌گیری ذیل را داریم. که در آن k -امین x_{ij} اهمیت کلامی شاخص i ام با توجه به معیار j ام را از نظرات نفر k ام نشان می‌دهد.

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} (\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k) \quad \text{and} \quad \tilde{x}^k = (a_{ij}^k, b_{ij}^k, c_{ij}^k)$$

میانگین نظرات همه افراد، برای شاخص‌های ارزیابی ریسک در پروژه طرح ریزی و راه اندازی تولید محصول مورد مطالعه را می‌توان در جدول شماره ۴ مشاهده کرد.

جدول ۴. میانگین نظرات افراد در مورد اهمیت شاخص‌های ارزیابی ریسک در پروژه طرح ریزی و راه اندازی تولید محصول (مورد مطالعه):

بلوک سیلندر شاهین (Source:By author)

ردیف	شاخص‌ها	اعداد فازی متناظر
۱	دانش و مهارت های لازم	(۴.۸۵۷, ۶.۷۱۴, ۸.۲۸۶)
۲	سرمایه گذاری مالی کافی	(۴.۵۷۱, ۶.۴۷۶, ۸.۰۰۰)
۳	دانش تکنولوژیک	(۶.۴۲۹, ۸.۱۹۰, ۹.۳۳۳)
۴	حمایت مدیریت عالی	(۵.۵۲۴, ۷.۳۸۱, ۸.۸۵۷)
۵	قطعییت	(۵.۷۶۲, ۷.۳۸۱, ۸.۵۷۱)
۱	سودآوری	(۴.۹۵۲, ۶.۷۱۴, ۸.۲۳۸)
۲	نرخ بازده سرمایه	(۴.۸۵۷, ۶.۶۱۹, ۸.۰۴۸)
۳	مزیت نسبی	(۶.۴۷۶, ۸.۱۴۳, ۹.۱۹۰)
۴	مشاهده پذیری	(۴.۶۶۷, ۷.۳۸۱, ۷.۸۱۰)

ردیف	شاخص‌ها	اعداد فازی متناظر
۵	امنیت	(۵.۱۹۰، ۶.۹۵۲، ۸.۳۳۳)
۱	پیچیدگی	(۳.۲۳۸، ۵.۰۰۰، ۶.۷۶۲)
۲	سازگاری	(۳.۱۴۳، ۴.۷۱۴، ۶.۳۳۳)
۳	استانداردهای IT	(۴.۵۲۴، ۶.۲۳۸، ۷.۷۱۴)
۴	مهارت‌های IT	(۳.۲۸۶، ۵.۰۰۰، ۶.۶۶۷)
۵	زیرساخت‌های فناوری	(۳.۶۱۹، ۵.۲۸۶، ۶.۸۵۷)

گام سوم: محاسبه ماتریس تصمیم‌گیری موزون

در این گام باید هر کدام از اعداد فازی بدست آمده برای اهمیت هر معیار را در عنصر متناظر ماتریس تصمیم (یعنی اهمیت هر شاخص با توجه به هر معیار) ضرب کنیم. ماتریس موزون به شکل زیر تعریف می‌شود.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{a}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$$

در جدول شماره ۵ اهمیت معیارها مشخص شده است. بنابراین برای شاخص‌های ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه اندازی تولید محصول مورد مطالعه در تسریع فرآیند تأمین منابع و اجرای پروژه‌ها ماتریس تصمیم‌گیری موزون به شکل زیر بدست می‌آید.

جدول ۵. ماتریس تصمیم‌گیری موزون برای شاخص‌های ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه اندازی تولید محصول (مورد مطالعه):

بلوک سیلندر شاهین (Source: By author)

وزن	ردیف (شاخص‌ها)	میانگین نظرات افراد	ماتریس تصمیم‌گیری موزون
۰.۹۳۵ ۰.۸۲۸۶ ۰.۶۵۲۴	دانش و مهارت‌های لازم	۴.۸۵۷ ۶.۷۱۴ ۸.۲۸۶	۷.۷۴۷ ۵.۵۶۳ ۳.۱۶۹
۰.۹۵۲ ۰.۸۱۳ ۰.۶۲۷	سرمایه گذاری مالی کافی	۴.۵۷۱ ۶.۴۷۶ ۸.۰۰۰	۷.۴۸۰ ۵.۳۶۶ ۲.۹۸۲
۰.۹۵۲ ۰.۸۶۷ ۰.۶۴۵	دانش تکنولوژیک	۶.۴۲۹ ۸.۱۹۰ ۹.۳۳۳	۸.۷۲۷ ۶.۷۸۶ ۴.۱۹۸
۰.۹۱۰ ۰.۸۱۷ ۰.۶۶۸	حمایت مدیریت عالی	۵.۵۲۴ ۷.۳۸۱ ۸.۸۵۷	۸.۲۸۱ ۶.۱۱۶ ۳.۶۰۴
۰.۹۲۲ ۰.۸۹۱ ۰.۶۲۳	قطعییت	۵.۷۶۲ ۷.۳۸۱ ۸.۵۷۱	۸.۰۱۴ ۶.۱۱۶ ۳.۷۵۹
۰.۸۹۹ ۰.۸۶۷ ۰.۶۵۵	سودآوری	۴.۹۵۲ ۶.۷۱۴ ۸.۲۳۸	۷.۸۲۶ ۵.۷۲۳ ۳.۴۲۰
۰.۹۱۴ ۰.۸۵۶ ۰.۶۶۹	نرخ بازده سرمایه	۴.۸۵۷ ۶.۶۱۹ ۸.۰۴۸	۷.۶۴۵ ۵.۶۴۲ ۳.۳۵۴
۰.۹۵۴ ۰.۸۵۷ ۰.۶۶۳	مزیت نسبی	۶.۴۷۶ ۸.۱۴۳ ۹.۱۹۰	۸.۷۳۱ ۶.۹۴۱ ۴.۴۷۲
۰.۹۵۰ ۰.۸۵۲۴ ۰.۶۹۰۵	مشاهده پذیری	۴.۶۶۷ ۶.۳۸۱ ۷.۸۱۰	۷.۴۱۹ ۵.۴۳۹ ۳.۲۲۲
۰.۹۴۱ ۰.۸۲۴ ۰.۶۳۸	امنیت	۵.۱۹۰ ۶.۹۵۲ ۸.۳۳۳	۷.۹۱۷ ۵.۹۲۶ ۳.۵۸۴
۰.۹۴۴ ۰.۸۲۹ ۰.۶۸۷	پیچیدگی	۳.۲۳۸ ۵.۰۰۰ ۶.۷۶۲	۶.۳۹۰ ۴.۲۱۴ ۲.۲۳۶
۰.۹۰۰ ۰.۷۷۶۲ ۰.۶۰۴۸	سازگاری	۳.۱۴۳ ۴.۷۱۴ ۶.۳۳۳	۵.۹۸۵ ۳.۹۷۳ ۲.۱۷۰

وزن	ردیف (شاخص‌ها)	میانگین نظرات افراد	ماتریس تصمیم‌گیری موزون
۰.۶۹۰۵ ۰.۸۴۲۹ ۰.۹۴۵	استانداردهای IT	۴.۵۲۴ ۶.۲۳۸ ۷.۷۱۴	۳.۱۲۴ ۵.۲۸۵ ۷.۲۹۰
۰.۷۴۶ ۰.۷۹۶ ۰.۹۶۴	مهارت‌های IT	۳.۲۸۶ ۵.۰۰۰ ۶.۶۶۷	۲۰۲۶۹ ۴.۲۱۴ ۶.۳۰۰
۰.۶۶۱۰ ۰.۸۴۲ ۰.۹۴۴	زیرساخت‌های فناوری	۳.۶۱۹ ۵.۲۸۶ ۶.۸۵۷	۲.۴۹۹ ۴.۴۴۵ ۶.۴۸۰

در جدول شماره ۵ برای ردیف اول داریم:

$$[0.6524 \ 0.8286 \ 0.935] \begin{vmatrix} 4.857 \\ 6.714 \end{vmatrix} = [3.169 \ 5.563 \ 7.747]$$

گام چهارم: بدست آوردن ماتریس تصمیم نرمال شده

در مرحله بعدی جداول تصمیم‌گیری که از میانگین نظرات افراد بدست می‌آیند و تاکنون موزون شده‌اند را نرمال می‌کنیم. اگر فرض کنیم ماتریس فازی نرمال شده با $\tilde{R}$ نشان داده شود:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

این ماتریس از فرمول‌های زیر بدست می‌آید که در این فرمول‌ها B و C به ترتیب نشانگر مثبت و منفی بودن معیارهای مسأله است (وانگ و چانگ، ۲۰۰۷):

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \quad c_j^+ = \max_i c_{ij} \quad j \in B$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad j \in C$$

لازم به ذکر است که همگی معیارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر جنبه مثبت دارند و نتیجه نرمال کردن ماتریس تصمیم‌گیری موزون، ماتریسی فازی مثلثی با اعداد مثبت است.

با توجه به نظرات افراد و از پرسش‌نامه تکمیل شده می‌دانیم که بزرگترین مقدار عدد سوم (حد بالای اعداد فازی مثلثی C_j^+) برای تمامی معیارها عدد ۹.۳۳ است. از این رو ماتریس تصمیم نرمال شده موزون از نتایج جدول شماره ۶ به شکل زیر محاسبه می‌گردد.

جدول ۶. ماتریس تصمیم‌گیری نرمال موزون (Source: By author)

ردیف (شاخص‌ها)	میانگین نظرات افراد	ماتریس تصمیم‌گیری موزون
دانش و مهارت‌های لازم	۴.۸۵۷ ۶.۷۱۴ ۸.۲۸۶	۰.۳۴۰ ۰.۵۹۶ ۰.۸۳۰
سرمایه‌گذاری مالی کافی	۴.۵۷۱ ۶.۴۷۶ ۸.۰۰۰	۰.۳۲۰ ۰.۵۷۵ ۰.۸۰۱
دانش تکنولوژیک	۶.۴۲۹ ۸.۱۹۰ ۹.۳۳۳	۰.۴۴۹ ۰.۷۲۷ ۰.۹۳۵
حمایت مدیریت عالی	۵.۵۲۴ ۷.۳۸۱ ۸.۸۵۷	۰.۳۸۶ ۰.۶۵۵ ۰.۸۸۷
قطعیت	۵.۷۶۲ ۷.۳۸۱ ۸.۵۷۱	۰.۴۰۳ ۰.۶۵۵ ۰.۸۵۹

ردیف (شاخص‌ها)	میانگین نظرات افراد					ماتریس تصمیم‌گیری موزون
سودآوری	۴.۹۵۲	۶.۷۱۴	۸.۲۳۸	۰.۳۶۶	۰.۶۱۳	۰.۸۳۹
نرخ بازده سرمایه	۴.۸۵۷	۶.۶۱۹	۸.۰۴۸	۰.۳۵۹	۰.۶۰۴	۰.۸۱۹
مزیت نسبی	۶.۴۷۶	۸.۱۴۳	۹.۱۹۰	۰.۴۷۹	۰.۷۴۴	۰.۹۳۵
مشاهده پذیری	۴.۶۶۷	۶.۳۸۱	۷.۸۱۰	۰.۳۴۵	۰.۵۸۳	۰.۷۹۵
امنیت	۵.۱۹۰	۶.۹۵۲	۸.۳۳۳	۰.۳۸۴	۰.۶۳۵	۰.۸۴۸
پیچیدگی	۳.۲۳۸	۵.۰۰۰	۶.۷۶۲	۰.۲۴۰	۰.۴۵۲	۰.۶۸۵
سازگاری	۳.۱۴۳	۴.۷۱۴	۶.۳۳۳	۰.۲۳۳	۰.۴۲۶	۰.۶۴۱
IT استانداردهای	۴.۵۲۴	۶.۲۳۸	۷.۷۱۴	۰.۳۳۵	۰.۵۶۳	۰.۷۸۱
IT مهارت‌های	۳.۲۸۶	۵.۰۰۰	۶.۶۶۷	۰.۲۴۳	۰.۴۵۲	۰.۶۷۵
زیرساخت‌های فناوری	۳.۶۱۹	۵.۲۸۶	۶.۸۵۷	۰.۲۶۸	۰.۴۷۷	۰.۶۹۴

در جدول شماره ۶ و برای ردیف اول داریم:

$$[3.169 \ 5.563 \ 7.747] = [0.340 \ 0.596 \ 0.830]$$

$$\left| \frac{1}{9.33} \right|_1$$

اعداد ۷.۷۴۷، ۵.۵۶۳، ۳.۱۶۹ مربوط به جدول شماره ۶ هستند.

گام پنجم: تعیین پاسخ ایده‌آل مثبت و پاسخ ایده‌آل منفی فازی

تا کنون ماتریس تصمیم‌گیری موزون نرمال تشکیل شده است. در این گام پاسخ ایده‌آل مثبت و پاسخ ایده‌آل منفی فازی A^+ و A^- به شکل زیر تعریف می‌شوند:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+), A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-)$$

$$\tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1) \quad \text{and} \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0) \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

برای درک بهتر و با توجه به اینکه برای بخش شاخص‌های ارزیابی ریسک در پروژه طرح ریزی و راه اندازی تولید محصول مورد مطالعه در تسریع فرآیند تامین منابع و اجرای پروژه ها ۱۵ شاخص وجود دارد، می‌توان پاسخ ایده‌آل مثبت و پاسخ ایده‌آل منفی فازی را اینگونه تعریف کرد:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) = ((1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1))$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) = ((0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0))$$

گام ششم: محاسبه فاصله هر شاخص از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی فازی

فاصله (d_i^+, d_i^-) هر شاخص از A^+ و A^- به کمک رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$d^+_i = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), i = 1, 2, \dots, m;$$

$$d^-_i = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m;$$

که اگر $\tilde{v}_{ij} = (a, b, c)$ آنگاه :

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a-1)^2 + (b-1)^2 + (c-1)^2]} \text{ and } d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a-0)^2 + (b-0)^2 + (c-0)^2]}$$

از آنچه تا کنون گفته شد، برای جدول شماره ۶ می توان فاصله هر شاخص از ایده آل مثبت و ایده آل منفی فازی را برای شاخص اول از جدول شماره ۷ را اینگونه تعریف نمود:

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.340-1)^2 + (0.596-1)^2 + (0.830-1)^2]} = 0.458$$

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.340-0)^2 + (0.596-0)^2 + (0.830-0)^2]} = 0.622$$

جدول ۷. فاصله از ایده آل مثبت و منفی فازی (Source: By author)

شاخص	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی
دانش و مهارت های لازم	۰.۴۵۸	۰.۶۲۲
سرمایه گذاری مالی کافی	۰.۴۷۷	۰.۵۹۹
دانش تکنولوژیک	۰.۳۵۷	۰.۷۳۱
حمایت مدیریت عالی	۰.۴۱۲	۰.۶۷۵
قطعیت	۰.۴۰۶	۰.۶۶۶
سودآوری	۰.۴۳۹	۰.۶۳۶
نرخ بازده سرمایه	۰.۴۴۷	۰.۶۲۳
مزیت نسبی	۰.۳۳۷	۰.۷۴۳
مشاهده پذیری	۰.۴۶۴	۰.۶۰۳
امنیت	۰.۴۲۳	۰.۶۵۱
پیچیدگی	۰.۵۷۱	۰.۴۹۳
سازگاری	۰.۵۹۱	۰.۴۶۴
استانداردهای IT	۰.۴۷۷	۰.۵۸۹
مهارت های IT	۰.۵۷۱	۰.۴۸۹
زیرساخت های فناوری	۰.۵۴۹	۰.۵۱۰

گام هفتم: محاسبه ضریب نزدیکی^۱ و رتبه شاخص‌ها

CC_i یا ضریب نزدیکی پس از محاسبه d_i^+ و d_i^- به عنوان معیاری برای رتبه‌بندی شاخص‌ها تعریف می‌شود. CC_i ها را با استفاده از تفاضل فاصله از ایده‌آل مثبت و فاصله از ایده‌آل منفی به دست آورد، در جدول شماره ۸ خلاصه محاسبات جداول قبلی آورده شده است.

جدول ۸. خلاصه نتایج لازم برای محاسبه رتبه شاخص‌ها (Source:By author)

شاخص	میانگین		ماتریس موزون			ماتریس نرمال شده			فاصله از ایده آل منفی		فاصله از ایده آل مثبت
دانش و مهارت های لازم	4.857	6.714	8.286	3.169	5.563	7.747	0.340	0.596	0.830	0.622	0.458
سرمایه گذاری مالی	4.571	6.476	8.000	2.982	5.366	7.480	0.320	0.575	0.801	0.599	0.477
دانش تکنولوژیک	6.429	8.190	9.333	4.194	6.786	8.727	0.449	0.727	0.935	0.731	0.357
حمایت مدیریت عالی	5.524	7.381	8.857	3.604	6.116	8.281	0.386	0.655	0.887	0.675	0.412
قطعی	5.762	7.381	8.571	3.759	6.116	8.014	0.403	0.655	0.859	0.666	0.406
سودآوری	4.952	6.714	8.238	3.420	5.723	7.826	0.366	0.613	0.839	0.636	0.439
نرخ بازده سرمایه	4.857	6.619	8.048	3.354	5.642	7.645	0.359	0.604	0.819	0.623	0.447
مزیت نسبی	6.476	8.143	9.190	4.472	6.941	8.731	0.479	0.744	0.935	0.743	0.337
مشاهده پذیری	4.667	6.381	7.810	3.222	5.439	7.419	0.345	0.583	0.795	0.603	0.464
امنیت	5.190	6.952	8.333	3.584	5.926	7.917	0.384	0.635	0.848	0.651	0.423
پیچیدگی	3.238	5.000	6.762	2.236	4.214	6.390	0.240	0.452	0.685	0.493	0.571
سازگاری	3.143	4.714	6.333	2.170	3.973	5.985	0.233	0.426	0.641	0.464	0.591
استانداردهای IT	4.524	6.238	7.714	3.124	5.258	7.290	0.335	0.563	0.781	0.589	0.477
مهارت های IT	3.286	5.000	6.667	2.269	4.214	6.300	0.243	0.452	0.675	0.489	0.571
زیرساخت های فناوری	3.619	5.286	6.857	2.499	4.455	6.480	0.268	0.477	0.694	0.510	0.549
9.333											

بر طبق نتایج بدست آمده از جدول شماره ۸ می‌توان CC_i یا ضریب نزدیکی هر شاخص را محاسبه کرد. در این صورت با محاسبه قدر مطلق تفاضل مقادیر فاصله ایده آل منفی از ایده آل مثبت ضریب نزدیکی هر شاخص به منزله رتبه بندی هر عامل تعیین می‌شود که این نتایج در جدول شماره ۹ آورده شده است.

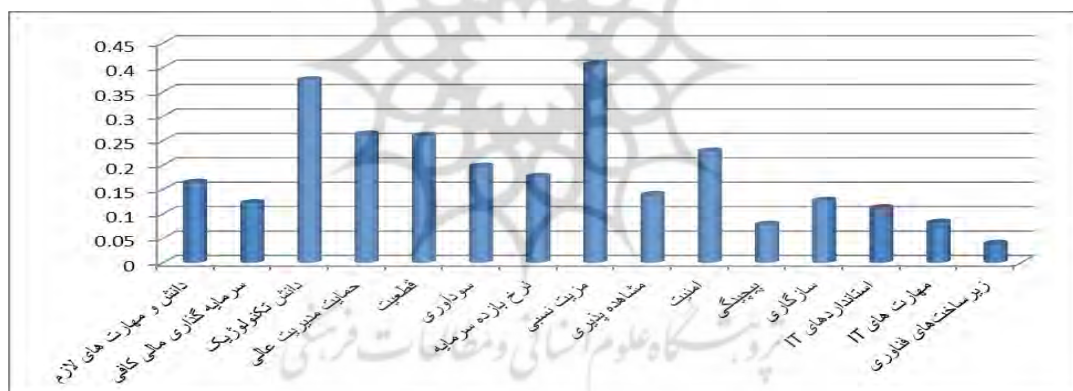
جدول ۹. ضریب نزدیکی عوامل (Source:By author)

شاخص	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی	ضریب نزدیکی
دانش و مهارت های لازم	۰.۴۵۸	۰.۶۲۲	۰.۱۶۴
سرمایه گذاری مالی کافی	۰.۴۷۷	۰.۵۹۹	۰.۱۲۲

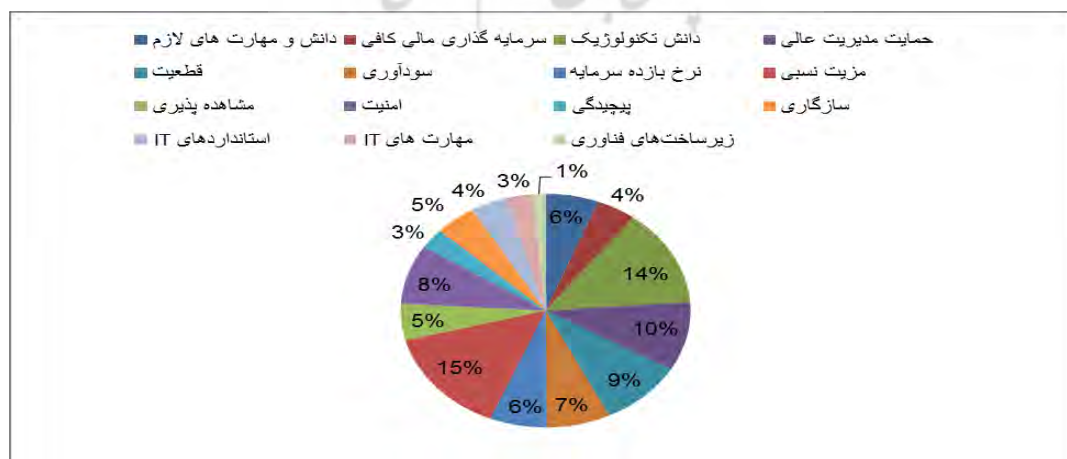
¹ Closeness Coefficient

شاخص	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی	ضریب نزدیکی
دانش تکنولوژیک	۰.۳۵۷	۰.۷۳۱	۰.۳۷۴
حمایت مدیریت عالی	۰.۴۱۲	۰.۶۷۵	۰.۲۶۳
قطعییت	۰.۴۰۶	۰.۶۶۶	۰.۲۶
سودآوری	۰.۴۳۹	۰.۶۳۶	۰.۱۹۷
نرخ بازده سرمایه	۰.۴۴۷	۰.۶۲۳	۰.۱۷۶
مزیت نسبی	۰.۳۳۷	۰.۷۴۳	۰.۴۰۶
مشاهده پذیری	۰.۴۶۴	۰.۶۰۳	۰.۱۳۹
امنیت	۰.۴۲۳	۰.۶۵۱	۰.۲۲۸
پیچیدگی	۰.۵۷۱	۰.۴۹۳	۰.۰۷۸
سازگاری	۰.۵۹۱	۰.۴۶۴	۰.۱۲۷
استانداردهای IT	۰.۴۷۷	۰.۵۸۹	۰.۱۱۲
مهارت های IT	۰.۵۷۱	۰.۴۸۹	۰.۰۸۲
زیرساخت های فناوری	۰.۵۴۹	۰.۵۱۰	۰.۰۳۹

در نمودارهای شماره ۴ و ۵ ضریب نزدیکی مؤلفه ها و درصد وزنی آن به ترتیب نشان داده شده اند.



نمودار ۴. ضرایب وزنی معیارها (Source: By author)



نمودار ۵. درصد ضرایب وزنی معیارها (Source: By author)

شبیه‌سازی

یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل سیستم‌ها، شبیه‌سازی است. به دلیل پیچیدگی بالای مدل از نظر تعداد متغیرها، محدودیت‌ها و داده‌ها، مدل در فضای مجموعه‌ها در نرم‌افزار لینگو (لینک شده با اکسل) برنامه‌نویسی شد تا داده‌های ورودی مدل از اکسل فراخوانی شود و بدین ترتیب، کارایی محاسباتی مدل افزایش یابد. در حین برنامه‌نویسی همواره سعی شد از تکنیک‌های ابتکاری برنامه‌نویسی استفاده شود تا از حجیم شدن بیهوده مدل خودداری شود. پس از اتمام برنامه‌نویسی، مدل شبیه‌سازی شده جهت تحلیل ریسک ۱۱ بار به ازای ۱۱ حالت سطح حفاظت حل گردید. پس از هر بار حل، مقادیر متغیرهای به‌دست آمده، ثابت در نظر گرفته شدند و پارامترهای نامطمئن در بازه در نظر گرفته شده، به‌طور تصادفی، در قالب تابع توزیع متقارن برای ۱۰۰۰۰ بار تولید و شبیه‌سازی شدند. در هر بار شبیه‌سازی مشخص شد چه تعداد از محدودیت‌ها نقض شده‌اند. به عبارتی، ریسک هر سطح حفاظت تعیین شد. خلاصه نتایج در جدول شماره ۱۰ آمده است.

جدول ۱۰. مقادیر تابع هدف برای هر یک از آرمان‌ها (Source: By author)

حالت	Γ_1	Γ_2	تابع هدف
۱	۰	۰	۸۱۹۱۲۲
۲	۳۹	۰/۱	۱۰۵۷۳۰۵
۳	۷۸	۰/۲	۱۲۸۸۷۸۸
۴	۱۱۷	۰/۳	۱۵۱۸۴۲۸
۵	۱۵۶	۰/۴	۱۷۴۴۶۳۰
۶	۱۹۵	۰/۵	۱۹۷۹۳۴۷
۷	۲۳۴	۰/۶	۲۲۰۴۱۱۶
۸	۲۷۳	۰/۷	۲۴۳۰۹۰۸
۹	۳۱۲	۰/۸	۲۶۶۲۵۶۲
۱۰	۳۵۱	۰/۹	۲۸۸۹۸۸۸
۱۱	۳۸۷	۱	۳۱۶۴۱۳۳

بحث و نتیجه‌گیری

هدف کلی از این پژوهش ارزیابی ریسک در پروژه طرح‌ریزی و راه‌اندازی تولید محصول بلوک سیلندر خودرو شاهین در شرکت مالیبل سایپا با رویکرد تاپسیس، ماتریس ریسک و سیستم خبره مونت کارلو می‌باشد. پژوهشگر در اجرای این تحقیق، متغیرها را دستکاری نکرده و برای وقوع رویدادها شرایطی را به‌وجود نیاورده؛ بلکه صرفاً پدیده‌های موجود را، آن‌طور که هست، مورد بررسی و توصیف قرار داده است. لذا، روش پژوهش بر اساس نحوه گردآوری داده‌ها، از نوع توصیفی می‌باشد. برای سنجش متغیرهای این پژوهش با انتخاب نمونه‌ای که معرف جامعه آماری است و با توزیع پرسشنامه به بررسی مفاهیم پرداخته شده است، بنابراین مطالعه حاضر از لحاظ دسته‌بندی پژوهش‌های توصیفی، از

نوع پیمایشی به‌شمار می‌آید. همچنین، این پژوهش که قصد توسعه دانش برای به‌کارگیری در یک زمینه خاص را دارد، از نوع کاربردی به‌شمار می‌آید. هدف این نوع تحقیق آزمون مفاهیم نظری در موقعیت‌های مسائل واقعی و حل مشکلات ملموس است و نتایج این تحقیق عینی و مشخص می‌باشد. در این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌های قبلی (داده‌هایی که برای موضوعات دیگری به جزء موضوع در دست بررسی تهیه شده‌اند) کمک مؤثری در تعریف مسئله و روش رویکرد به مسئله ایجاد می‌نماید. همچنین قبل از آنکه طرح تحقیق برای جمع‌آوری داده‌های اولیه کاملاً مشخص شود، محقق به تجزیه و تحلیل داده‌های قبلی نیازمند است. ریشه اصلی یک سری رفتارها و بازخوردها، شناسایی می‌گردد. بدین منظور تحقیق حاضر از نظر ماهیت، اکتشافی است. بدین منظور با بررسی مقالات و مصاحبه با خبرگان و تأیید روایی و پایایی براساس مدل مفهومی ابعاد شاخص‌های مزایای اقتصادی، شاخص‌های مزایای تکنولوژی، شاخص‌های آمادگی‌های تکنولوژی شناسایی شدند که هر یک دارای زیرمعیارهای مختص به خود بودند. بدین صورت که شاخص‌های عوامل سازمانی شامل دانش و مهارت‌های لازم، سرمایه‌گذاری مالی کافی، حمایت مدیریت عالی، شاخص‌های اقتصادی شامل قطعیت، سودآوری و نرخ بازده سرمایه، شاخص‌های مزایای تکنولوژی شامل مزیت نسبی، مشاهده پذیری، امنیت، پیچیدگی و سازگاری، شاخص‌های آمادگی تکنولوژیکی شامل استانداردهای فناوری اطلاعات، مهارت‌های فناوری اطلاعات و زیرساخت‌های فناوری شناسایی شدند که بدین واسطه و با استفاده از روش تاپسیس به رتبه‌بندی در هر یک از شاخص‌های شناسایی شده پرداخته شد.

با توجه به نتایج به دست آمده از تکنیک تاپسیس مهم‌ترین معیارها به ترتیب عبارت بودند از: مزیت نسبی، دانش تکنولوژیک، حمایت مدیریت عالی، قطعیت، سودآوری، امنیت، نرخ بازده سرمایه، دانش و مهارت‌های لازم، مشاهده‌پذیری، سازگاری، سرمایه‌گذاری مالی کافی، استانداردهای IT، مهارت‌های IT، پیچیدگی و زیرساخت‌های فناوری.

همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده از جمع ضرایب در هر بُعد، مهم‌ترین ابعاد شناسایی شدند به طوری که ترتیب ابعاد شناسایی شده عبارت بودند از مزایای تکنولوژی، عوامل سازمانی، مزایای اقتصادی و آمادگی‌های تکنولوژی. جدول ۱۰، میزان ریسک (احتمال نقض محدودیت‌ها) را نشان می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی مشخص کرد که تنها تعدادی از محدودیت‌های ظرفیت (۸۶ مورد) امکان نقض‌پذیری دارند، زیرا برخی از ظرفیت‌ها بیشتر از نیاز وجود دارند یا مدل، تخصیصی کمتر از ظرفیت را برای آنها لحاظ کرده است و لذا نوسان در بازه لحاظ شده، اثری بر آنها ندارد. با توجه به این توضیحات، در مجموع، دو شاخص برای محاسبه سطوح ریسک لحاظ گردید:

- شاخص ۱: تقسیم تعداد کل حالت‌های نقض شده بر تعداد کل حالت‌های ممکن
- شاخص ۲: تقسیم تعداد کل حالت‌های نقض شده بر تعداد کل حالت‌های وابسته به محدودیت‌هایی که امکان نقض شدن دارند.

۱) شاخص ۲، سختگیرانه‌تر است و در حالت کلی، شاخص ۱، منطقی‌تر است. در جدول ۱۰، حالت‌های ۱ و ۱۱، به ترتیب، خوشبینانه‌ترین و بدبینانه‌ترین حالت‌ها هستند. از جدول ۱۰ استنباط است که با کاهش ریسک

پذیری (افزایش سطوح حفاظت)، تابع هدف (از نوع کمینه‌سازی) بدتر شده است. در واقع، هرچه سطح حفاظت افزایش یافته است، مدل مقادیر متغیرها را به نحو سختگیرانه‌تری در بازه مجاز انتخاب کرده است، به نحوی که احتمال نقض محدودیت‌ها کمتر شده و نهایتاً جواب تابع هدف، بدتر شده است. این خود می‌تواند دلیلی بر صحت مدل‌سازی استوار و صحت عملکرد مدل باشد.

۲) از جدول ۱۰ قابل استنباط است که تغییر سطح ریسک یا سطح محافظه‌کاری، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش شیب خط مقادیر تابع هدف داشته است. به عبارتی، استوارسازی مدل در راستای کاهش ریسک تصمیم‌گیری، بسیار ضروری و اثرگذار است.

۳) با توجه به جدول ۱۰، انحراف از آرمان اول که دارای بالاترین ضریب اهمیت است، توانسته است بسیار زیاد به صفر نزدیک شود. از طرفی، این آرمان در قیاس با سایر آرمان‌ها کمترین درصد انحراف را دارد که نشان‌دهنده عملکرد درست مدل در حضور آرمان‌های متعدد و گاه متناقض است.

۴) با توجه به جدول ۱۰ و ضرایب اهمیت آرمان‌ها بر اساس روش تاپسیس، انحراف از شاخص‌های با اهمیت بالا، قابل توجه است.

۵) اعداد جدول ۱۰، حاصل شبیه‌سازی هستند و نشان می‌دهند که با افزایش سطح حفاظت، این اعداد کاهش می‌یابد. این روند، نشان‌دهنده عملکرد درست مدل شبیه‌سازی انجام شده است.

در ارتباط با تحقیقات آتی می‌توان مواردی همچون ارائه روش‌های جدید و فرا ابتکاری برای حل مدل‌هایی با متغیرهای کلامی و بکارگیری مدل ارائه شده در یک مطالعه واقعی برای دسترسی به خروجی واقعی را در نظر گرفت.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان به نسبت سهم برابر در این پژوهش مشارکت داشته‌اند.

تأیید اخلاقی

رضایت کتبی آگاهانه از افراد برای انتشار اطلاعات ناشناس آنها در این مقاله اخذ شده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References

- Adetunji, O., Bischoff, J., & Willy, C. J. (2018). Managing system obsolescence via multicriteria decision making. *Systems Engineering*, 21(4), 307-321.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., & Omid, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers & Operations Research*, 89, 337-347. [In Persian]
- Cook, M. C., & Mo, J. P. (2022). Architectural approach for analysing and managing innovation in complex system design projects. *Product: Management and Development*, 20(1).
- Derakhshanfar, H., Ochoa, J. J., Kirytopoulos, K., Mayer, W., & Tam, V. W. (2019). Construction delay risk taxonomy, associations and regional contexts: A systematic review and meta-analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*. [In Persian]
- Dey, P. K. (2010). Managing project risk using combined analytic hierarchy process and risk map. *Applied Soft Computing*, 10(4), 990-1000.
- Dobos, I., & Vörösmarty, G. (2019). Inventory-related costs in green supplier selection problems with Data Envelopment Analysis (DEA). *International Journal of Production Economics*, 209, 374-380.
- Dogan, O. (2021). Process mining technology selection with spherical fuzzy AHP and sensitivity analysis. *Expert Systems with Applications*, 178, 114999.
- Faghih-Roohi, S., Akcay, A., Zhang, Y., Shekarian, E., & de Jong, E. (2020). A group risk assessment approach for the selection of pharmaceutical product shipping lanes. *International Journal of Production Economics*, 229, 107774. [In Persian]
- Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., & Zavadskas, E. K. (2012). Risk evaluation of tunneling projects. *Archives of civil and mechanical engineering*, 12(1), 1-12. [In Persian]
- Grassi, A., Gamberini, R., Mora, C., & Rimini, B. (2009). A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces. *Safety science*, 47(5), 707-716.
- Islam, M. S., Sadiq, R., Rodriguez, M. J., Najjaran, H., Francisque, A., & Hoorfar, M. (2013). Evaluating water quality failure potential in water distribution systems: a fuzzy-TOPSIS-OWA-based methodology. *Water resources management*, 27(7), 2195-2216.
- Karamoozian, A., & Wu, D. (2020). A hybrid risk prioritization approach in construction projects using failure mode and effective analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(9), 2661-2686.
- KarimiAzari, A., Mousavi, N., Mousavi, S. F., & Hosseini, S. (2011). Risk assessment model selection in construction industry. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9105-9111. [In Persian]
- Koc, K., & Gurgun, A. P. (2021). Ambiguity factors in construction contracts entailing conflicts. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(5). <https://doi.org/http://doi.org/10.1108/ecam-04-2020-0254>
- Koulinas, G. K., Demesouka, O. E., Sidas, K. A., & Koulouriotis, D. E. (2021). A TOPSIS—risk matrix and Monte Carlo expert system for risk assessment in engineering projects. *Sustainability*, 13(20), 11277.
- Koulinas, G. K., Xanthopoulos, A. S., Tsilipiras, T. T., & Koulouriotis, D. E. (2020). Schedule delay risk analysis in construction projects with a simulation-based expert system. *Buildings*, 10(8), 134.
- Micheli, G. J., Cagno, E., Mustillo, G., & Trianni, A. (2020). Green supply chain management drivers, practices and performance: A comprehensive study on the moderators. *Journal of Cleaner Production*, 259, 121024.
- Ntzeremes, P., & Kirytopoulos, K. (2018). Applying a stochastic-based approach for developing a quantitative risk assessment method on the fire safety of underground road tunnels. *Tunnelling and underground space technology*, 81, 619-631.
- Samvedi, A., Jain, V., & Chan, F. T. (2013). Quantifying risks in a supply chain through integration of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *International Journal of Production Research*, 51(8), 2433-2442.

- Song, W., Zhu, J., Wang, H., & Chang, A. (2020). Multistage risk assessment of direct delivery business from local oil refineries in Sinopec Group based on normal cloud model. *International Journal of Production Research*, 58(18), 5624-5650.
- Vahdani, B., Salimi, M., & Charkhchian, M. (2015). A new FMEA method by integrating fuzzy belief structure and TOPSIS to improve risk evaluation process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(1), 357-368. [In Persian]
- Vanhoucke, M. (2011). On the dynamic use of project performance and schedule risk information during project tracking. *Omega*, 39(4), 416-426.
- Wan, N., Li, L., Ye, C., & Wang, B. (2019). Risk assessment in intelligent manufacturing process: a case study of an optical cable automatic arranging robot. *Ieee Access*, 7, 105892-105901.
- Wang, W., Zhou, L., Chen, W., & Wu, C. (2022). Research on the coordination characteristics and interaction between the innovation-driven development and green development of the Yangtze River Economic Belt in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 22952-22969.
- Wu, L. Z., Li, S. H., Zhang, M., & Zhang, L. M. (2019). A new method for classifying rock mass quality based on MCS and TOPSIS. *Environmental earth sciences*, 78(6), 1-11.
- Yatsalo, B., Korobov, A., Öztayşi, B., Kahraman, C., & Martínez, L. (2020). A general approach to fuzzy TOPSIS based on the concept of fuzzy multicriteria acceptability analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(1), 979-995.
- Yazdani, M., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K., & Zolfani, S. H. (2017). Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3728-3740. [In Persian]
- Zhang, L., Dai, G., Zou, X., & Qi, J. (2020). Robustness-based multi-objective optimization for repetitive projects under work continuity uncertainty. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(10), 3095-3113.
- Zhu, F., Hu, H., & Xu, F. (2022). Risk assessment model for international construction projects considering risk interdependence using the DEMATEL method. *PLoS ONE*, 17(5), e0265972.
- Zhu, F., Zhong, P. A., & Sun, Y. (2018). Multi-criteria group decision making under uncertainty: Application in reservoir flood control operation. *Environmental Modelling & Software*, 100, 236-251.