Journal of Health and Safety at Work 2023; 12(4): 820-841

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Study of the Role of key risks in the trip gas sweetening unit by using Structural Equation Modeling: A case study in the Gas Refinery

Alireza Askarian, Mahnaz Mirza Ebrahim Tehrani*, Seyed Mohammad Taghi Sadatipour, Seyed Ali Jozi, Reza Marandi

Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.

Received: 2020-03-26 Accepted: 2022-09-18

ABSTRACT

Introduction: Unit risk management is a critical component of gas refining management, as risks that are not well-managed may lead to trip production failures. The present study aimed to provide a structural model for investigating the role and effect of different variables on stopping the gas production process in the gas refinery.

Material and Methods: This study was a retrospective cross-sectional and systematic analysis, which was carried out on key risks in the trip gas sweetening unit in a gas refinery industry located in Asaluyeh, Iran. The systems analysis was applied by using Fishbone Diagram, and then data modeling was prepared by Structural Equation Modeling (SEM) for an incident that occurred during gas sweetening production. Tools for the data analysis included the SPSS 24 and Smart PLS 2 software.

Results: Results of this research indicate that "Environment Risk" with a path coefficient of 0.943 and T- Value of 103.791; "Cost Risk" with a path coefficient of 0.937 and T- Value of 95.168; "Implementation of management system Risk" with a path coefficient of 0.847 and T- Value of 35.23; "Accident Risk" with path coefficient of 0.577 and T- Value of 25.410; "Time Risk" with path coefficient of 0.758 and T- Value of 15.121; "Human Error Risk" with path coefficient of 0.712 and T- Value of 11.215 had the most important coefficients of the paths respectively, that are effective in stopping production concerning other risks. Also, by comparing the path coefficients of the risks we can see that the impact of each of the risks on stopping production is different.

Conclusion: The findings of the present study revealed that a combination of variables can affect stopping production in the gas industry. Therefore, the role of these risks in losses in the refinery system should be investigated.

Keywords: *Gas sweetening, Risks, Structure Equation Modeling, Maintenance system.*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Askarian A, Mirza Ebrahim Tehrani M, Taghi Sadatipour SM, Jozi SA, Marandi R. Study of the Role of key risks in the trip gas sweetening unit by using Structural Equation Modeling: A case study in the Gas Refinery, J Health Saf Work. 2023; 12(4): 820-841.

* Corresponding Author Email: *tehrani.mah@gmail.com*

Copyright © 2023 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

1. INTRODUCTION

Stopping production processes and extraction of gas will cause huge losses in the refinery industry and a large part of the national capital will be lost. Given that the risks of the refining process occur in different groups and affect production, it is critically important to identify and categorize them in order to detect the situations where errors occur. On the other hand, it is of great importance in the risk management process to make decisions on risk elimination or reduction with the help of appropriate interventions in terms of the awareness of risk levels and types, and can increase the effectiveness of the potential to reduce errors in the system.

Identifying and analyzing cause-and-effect relationships between risks is not performed in common risk assessment methods due to the latent effects of some certain risks on the others. In addition, in risk control decision-making methods, the effect of risk reduction, which may lead to the reduction or increase of other risks, is not analyzed either. Structural equation modeling (SEM) provides a structure to regulate risk identification and enhance the complex relationships between variables, the effectiveness and quality of the risk identification process.

Considering the relationship between risk management (RM) and refining management of sour gas extraction, the present study aimed to analyze and model risk variables and the impact of the factors on the production cessation index in the gas-sweetening unit.

2. MATERIAL AND METHODS

The research method was descriptive-correlational and variance matrix analysis. Using a SEM, the researchers examined the research hypotheses on the relationships between the variables and their effects on cessation of production through a comprehensive statistical approach. The complex relationships between the variables and the various factors that were directly or indirectly, and covertly or explicitly involved in the occurrence of incidents were analyzed using the SEM method analysis. The conceptual model of cessation of the gas extraction system including the research hypotheses is presented in Fig. 1.

The SPSS-24 statistical software was used to analyze the data, and the partial least squares (PLS) method as well as the smart PLS software were used to analyze the hypotheses and the model.

The data weighting was performed using the triangular fuzzy analytic hierarchy process (FAHP), in which the probability of occurrence of each cause and the percentage of impact on the occurrence of the main incident were calculated, and finally, suggestions on improvement strategies were provided. Finally impact rate (IR) was converted to probability using Equations (1) and (2).

$$probability\ of\ IR = \begin{cases} 1/10^{k} & IR \neq 0 \\ 0 & IR = 0 \end{cases}$$

$$k = 2.301 \times [(1 - IR)/IR]^{1/3} \qquad \text{(Eq. 1 and 2)}$$

Based on the consensus of the experts, 128 most likely causes of the cessation of the gas sweetening unit were identified. They were the items of the questionnaire that was provided to 65 managers and heads of different units as well as the supervisors and deputy of the repair contractor, unit supervisor, operators, and technicians.

The reliability and validity in the PLS method were examined in two sections: a) the section dealing with the measurement model, which included index reliability, convergent validity, and divergent validity; b) the section addressing the structural model, in which the research hypotheses were examined. The significance T-Value was used to test the hypotheses. If the absolute value of these numbers exceeded 1.96, there would be correct relationships between the structures and thus, the research hypotheses would be confirmed at the 95% confidence level (Fig. 2).

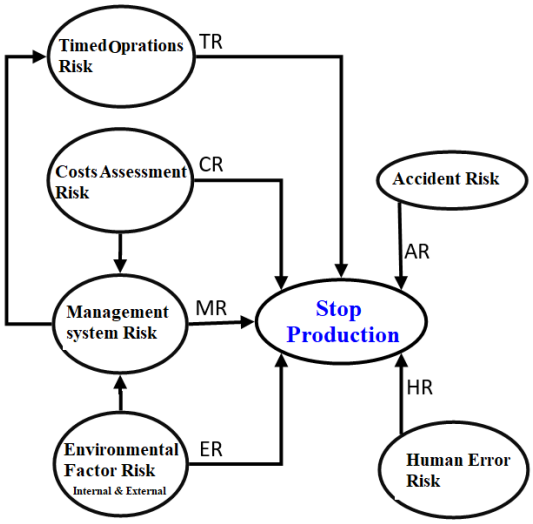


Fig. 1: Conceptual framework of study

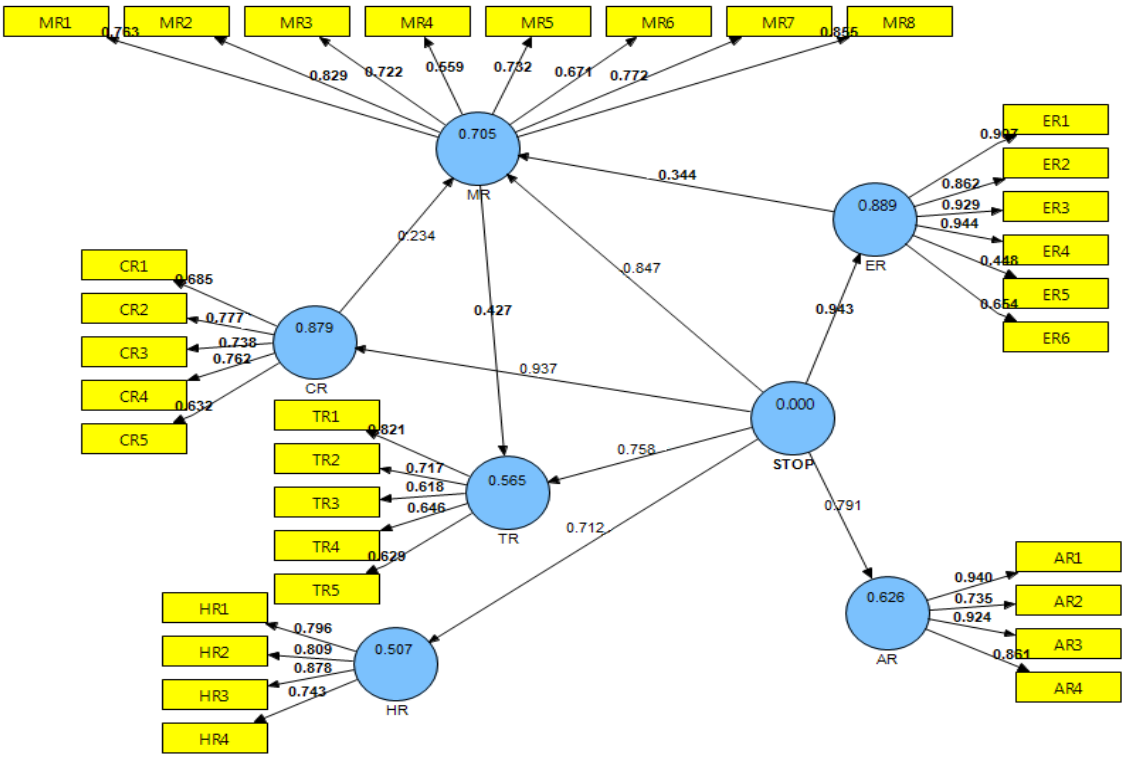


Fig. 2: Estimation of research model with standard coefficients

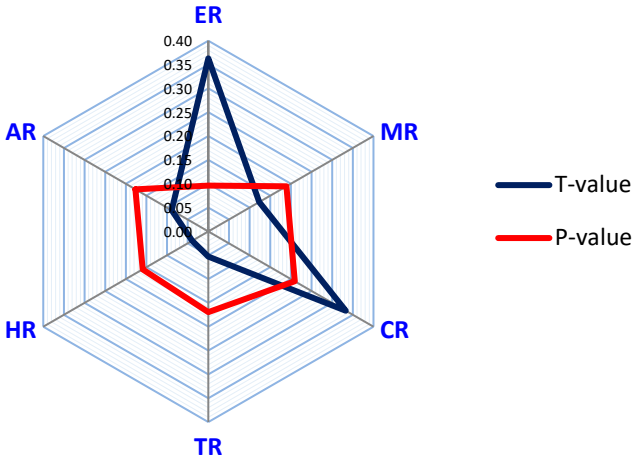


Fig. 3: The T-Value and the significance level of each risk

The value of T-student statistics corresponding to each coefficient was used to measure the significance of the estimated paths, which are reported in Table 1.

Table 2 presents the fit of the structural model for the path significance coefficients and the T-values on the paths of the dependent variables.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The T-Value and the significance level of each risk on the unit stop are shown in Figure 3; as observed, each risk had a different impact on the unit stop.

The data analysis showed that the risk associated with the ER environment variable had the greatest

Table 1: Regression weights in the parameters of the structural equation model

Risk	Path (β)	T-Value	Priority
Environmental Factor Risk (ER)	0.43	103.791	1
Management System Risk (MR)	0.847	35.236	3
Costs Assessment Risk (CR)	0.937	95.168	2
Timed Operation Risk (TR)	0.758	15.121	5
Human Error Risk (HR)	0.712	11.215	6
Accident Risk (AR)	0.791	25.41	4

Table 2: Results of Structural Model Dependent Variables

Dependent variables	Path (β)	T-Value	Result
ER to MR	0.344	3.886	OK
CR to MR	0.234	2.613	OK
MR to TR	0.427	4.079	OK

impact on stopping the gas-sweetening unit, the root causes of which were the lack of access to the main piece and the management's decision to use the consumable piece in accordance with vendor's instructions. The supply of major and minor pieces and warehousing them had the greatest impact on saving the costs of supplying the pieces, justifying the formation of a committee for the purchase of essential pieces and warehousing at the refinery as a long-term investment.

The control room operator's error and emergency stop of the pump (reading motor consumption voltage, output line pressure), inadequate supervision of the employer on installing the pieces, and the technical inspector's error in approving the repaired piece (not repaired correctly) were the root causes of human error risks with the least effect on stopping the unit. Therefore, employee perception and awareness could be an important indicator of their proper performance, because understanding the risks could help employees to learn the right way to work in advance and in fact, take preventive measures.

4. CONCLUSIONS

The findings of the present study showed that this type of incident was a multi-causal phenomenon caused by various factors and variables at different levels and perspectives of the system, and the causal analysis of its occurrence was well reflected. It was found in the structural model fit that the impact of each risk to the cessation of production was different from the others, and the risks associated with the environment variable and the one associated with the supply of pieces and the cost had the greatest impact on stopping the unit. According to the results, it is suggested to use this type of tools and methods to analyze system management issues and to design and develop a robust structure for collecting and recording all the data related to incidents and other incomes of refining gas extraction in the workplace in order to achieve the ultimate goal of improving productivity and reducing costs in all workplaces, especially oil and gas industries and projects, through systematic analysis of occupational safety and health.

بررسی نقش ریسک‌های کلیدی در توقف استحصال گاز ترش با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری (مطالعه موردی صنعت پالایشگاه گاز)

علیرضا عسکریان، مهناز میرزا ابراهیم طهرانی*، سید محمدتقی ساداتی‌پور، سید علی جوزی، رضا مرندی

گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۷

چکیده

مقدمه: مدیریت ریسک واحد، یک جزء حیاتی از مدیریت پالایش گاز محسوب می‌شود که اگر به‌خوبی مدیریت نشود ممکن است به توقف تولید منجر شود. هدف از این مطالعه ارائه یک مدل ساختاری برای واکاوی نقش و تأثیرگذاری متغیرها بر توقف فرآیند تولید گاز در پالایشگاه گاز می‌باشد.

روش کار: این مطالعه به‌منظور بررسی ریسک‌های کلیدی در توقف استحصال گاز ترش در واحد شیرین‌سازی گاز پالایشگاه گاز واقع در عسلویه به‌صورت توصیفی-تحلیلی انجام گرفت.

جهت تجزیه‌وتحلیل ریسک‌های واحد، ابتدا از روش نمودار استخوان ماهی استفاده شده و سپس مدل سازی داده‌ها برای حادثه توقف تولید استحصال گازترش پالایشگاه با استفاده از مدل یابی معادلات ساختاری انجام گرفت. جهت مدل‌سازی و تحلیل از نرم‌افزارهای SPSS 24 و Smart PLS 2 استفاده گردید.

یافته ها: نتایج مطالعه نشان داد که «ریسک مرتبط با متغیر محیط» با ضریب مسیر ۰/۹۴۳ و آماره تی ۱۰۳/۷۹۱، «ریسک مرتبط با تأمین هزینه» با ضریب مسیر ۰/۹۳۷ و آماره تی ۹۵/۱۶۸، «ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی» با ضریب مسیر ۰/۸۴۷ و آماره تی ۳۵/۲۳۶، «ریسک حوادث» با ضریب مسیر ۰/۷۹۱ و آماره تی ۲۵/۴۱۰، «ریسک مرتبط با زمان» با ضریب مسیر ۰/۷۵۸ و آماره تی ۱۵/۱۲۱ و ریسک مرتبط با خطای انسانی با ضریب مسیر ۰/۷۱۲ و آماره تی ۱۱/۲۱۵ به ترتیب با ضریب اهمیت مسیر بیشتر نسبت به سایر ریسک ها بر ریسک توقف تولید مؤثر می‌باشند. همچنین با مقایسه ضرایب مسیر مربوط به ریسک‌ها می‌توان دریافت که تأثیر هر یک از ریسک‌ها نسبت به توقف تولید با یکدیگر متفاوت است.

نتیجه گیری: باتوجه‌به یافته‌های پژوهش، متغیرها و مؤلفه‌های قابل‌ردیابی مختلفی روی شاخص توقف تولید در صنعت گاز تأثیرگذار می‌باشد؛ بنابراین لازم است نقش این ریسک‌ها در وقوع رویداد بررسی گردد و برنامه‌ریزی مناسبی جهت پیشگیری از خسارت به پالایشگاه گاز اتخاذ گردد.

کلمات کلیدی: *شیرین‌سازی گاز، ریسک، مدل معادلات ساختاری، سیستم نگهداری و تعمیرات*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *Tehrani.mah@gmail.com*

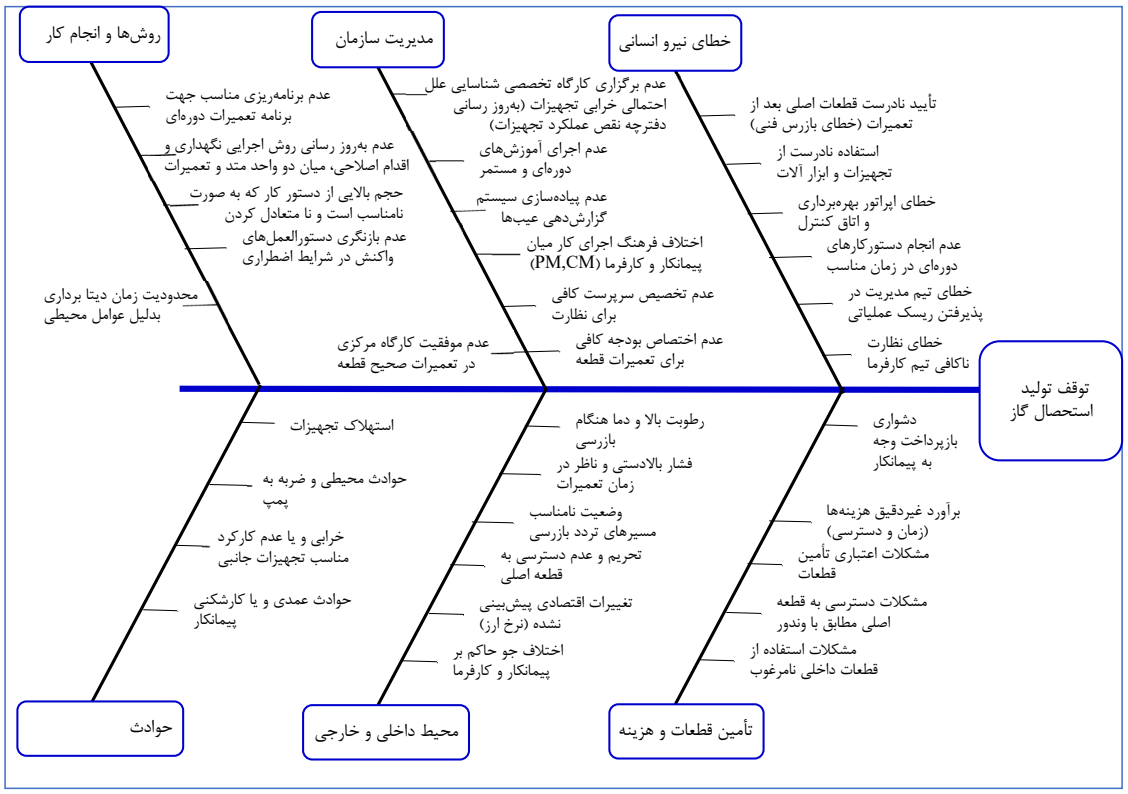
مقدمه

صنایع گاز یکی از مهم‌ترین قطب‌های اقتصادی و درآمدی کشور می‌باشند که وقوع حوادث در آن‌ها و عدم استحصال گاز سبب ضرر و زیان بسیار زیادی خواهد شد (۱). وقوع حوادث در چنین صنایعی موجب آسیب و خسارت به تولید، نیروی انسانی، مواد شیمیایی، تجهیزات و در نتیجه ازبین‌رفتن بخش بزرگی از سرمایه‌های ملی می شود (۲). این حوادث صرفاً یک اشتباه بزرگ بوده و معمولاً به‌واسطه سلسله‌ای از خطاهای اغلب جزئی و کم‌اهمیت ایجادشده توسط فرد و یا تجهیزات و یا ترکیبی از آن‌ها رخ می‌دهند (۳). شناسایی ریسک‌های سازمان و ارزیابی آن‌ها، اولین گام در افزایش سطح بهره‌وری و جلوگیری از تکرار آن‌ها در صنایع فرآیندی خواهد بود (۲). داشتن یک نظام مناسب برای مدیریت سیستم تولید و شیوه تصمیم‌گیری در خصوص کنترل ریسک از چالش‌هایی مهم مدیران است (۴). مدیریت بهره‌وری و پالایش استحصال گاز در پالایشگاه، مجموعه‌ای از فعالیت‌های فنی، نظارتی و مدیریتی در چرخه عمر سیستم است که به‌منظور استفاده بهینه از منابع و افزایش بهره‌وری سیستم انجام می‌گیرد (۳). خطا در برنامه‌ریزی، اجرا یا نظارت بر انجام عملیات روتین، خطای انسانی، وقوع حوادث و یا تعمیر و نگهداری مناسب می‌تواند سبب نقص سیستم شود (۵) و در نتیجه در توقف عملیات واحد نقش به سزایی داشته باشد؛ این موارد جزء ریسک‌های سیستم می‌باشند (۳). ریسک‌ها نتیجه عدم اطمینان‌ها و تغییرات هستند (۶). ازآنجاکه ریسک‌های فرآیند پالایش در گروه‌های مختلفی اتفاق می‌افتد و تولید محصول را متأثر می‌کند، شناسایی و دسته‌بندی آن‌ها به‌منظور شناسایی موقعیت‌هایی که خطا در آن‌ها رخ می‌دهد اهمیت بسیار بالایی دارد (۷). از طرفی در فرایند مدیریت ریسک، آگاهی از سطح و نوع درجه اهمیت ریسک‌ها بسیار حیاتی است زیرا می‌تواند باعث افزایش اثربخشی پتانسیل کاهش خطا در اتخاذ تصمیماتی جهت حذف و یا کاهش ریسک سیستم شود (۹). در نتیجه لازم است صنایع نفت و گاز کشور ریسک‌های تهدیدکننده بر تولید محصول را مدیریت کنند. دانستن چگونگی مواجهه با ریسک برای مهندسین، مدیران و کارکنان مستقیم صنعت مهم است. چراکه اگر دیدگاه کارکنان پالایش نسبت به مدیریت ریسک روشن شود، استراتژی پاسخ به ریسک با توجه به شرایط تصمیم‌گیری کارکنان در سطوح مختلف سازمان به نحو مطلوب قابل طراحی است. مطالعه‌ای در صنعت فولاد کشور جهت شناسایی ریسک‌های واحد انجام شده است که در آن ۱۵۸ حادثه مربوط به صنایع فولاد اهواز با روش SEM آنالیز گردید. نتایج نشان داد که بیشترین ریسک‌های مؤثر در وقوع حوادث در سطح ۱، خطای مبتنی بر مهارت؛ در سطح ۲، محیط فیزیکی؛ در سطح ۳، نظارت ناکافی و در سطح ۴، مدیریت منابع است. این تحقیق نشان داد که علل اصلی و ریشه‌ای حوادث را می‌توان شناسایی کرد و با برنامه‌ریزی سیستماتیک از تکرار این حوادث و عواملی که منجر به بروز حادثه می‌شوند، جلوگیری نمود. همچنین از نتایج حاصل از آنالیز این روش می‌توان به‌منظور تدوین و پی‌ریزی استراتژی‌های پیشگیری حوادث در آینده در صنعت مذکور استفاده کرد (۸). به‌هرحال فهرستی ساده از منشأهای ریسک اگر تنها تا یک سطح نفوذ کند، همه مزایای شکست ریسک را در پی نخواهد داشت. برای شناسایی اکثر ریسک‌های مدیریت تولید، لازم است سطوح جزئی‌تر بررسی شود تا نواحیِ درمعرض‌ریسک به‌صورت کامل مشخص گردد. در حال حاضر مدیریت ریسک به یک فاکتور حیاتی برای موفقیت مدیریت پالایش پالایشگاه تبدیل شده است؛ چرا که واحدهای صنعتی امروزی به‌مراتب پیچیده‌تر بوده و همچنین میزان رقابت بین سازمان‌ها به‌شدت افزایش یافته است (۱۰). ازآنجاکه ریسک‌ها توسط اثر بالقوه‌شان بر اهداف تولید محصول پالایشگاه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که ارتباط مستقیمی میان مدیریت ریسک کارا و موفقیت پالایش و استحصال گاز وجود دارد (۶). این ریسک‌ها می‌توانند اثرات مثبت یا منفی داشته و موجب انحراف پالایش گاز از اهداف از پیش تعیین‌شده شود (۱۰).

از مهم‌ترین مسائل در مدیریت سیستم تولید، درک

دقیق میزان ریسک توقف پالایش و چگونگی کنترل و کاهش ریسک را از طریق بررسی و افزایش قابلیت اطمینان سیستم است (۱۱)؛ اما عواملی چون فرآیندهای پیچیده، محیط پرتنش، پیچیدگی تکنولوژی و سازمانی و دامنه وسیع تضاد در منافع ذینفعان در چرخه عمر سیستم باعث به وجود آمدن ریسک‌ها و عدم اطمینان‌های پیچیده و ساختارمند در فرآیندهای مختلف تولید محصول در یک سازمان می‌شود که شناسایی و تحلیل ریسک را دشوار می‌کند (۱۲)؛ زیرا شناسایی و تحلیل روابط علت و معلولی بین ریسک‌ها به دلیل تأثیرات پنهان یک ریسک مشخص بر ریسک دیگر در روش‌های معمول ارزیابی ریسک انجام نمی‌شود (۱۳) و همچنین در روش‌های تصمیم‌گیری کنترل ریسک عامل تأثیر کاهش ریسک که خود ممکن است به کاهش یا افزایش دیگر ریسک‌ها بینجامد، تحلیل نمی‌گردد (۶). مدل‌یابی معادلات ساختاری (SEM)، ساختاری فراهم می‌آورد تا شناسایی ریسک‌ها ضابطه‌مند شود و ارتباطات پیچیده بین متغیرها، اثربخشی و کیفیت فرایند شناسایی ریسک ارتقا یابد (۱۴). SEM برای درک ارتباطات پیچیده بین متغیرها و عوامل مختلفی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم، پنهان و آشکار در بروز حوادث دخیل هستند، بسیار سودمند می‌باشد زیرا ماهیت این‌گونه موضوعات، چند متغیره بوده و نمی‌توان آن‌ها را با شیوه دو متغیری (که هر بار تنها یک متغیر مستقل با یک متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود) حل نمود. تجزیه‌وتحلیل ساختارهای کوواریانس یا مدل‌سازی علّی یا مدل معادلات ساختاری یکی از اصلی‌ترین روش‌های تجزیه‌وتحلیل ساختار داده‌های پیچیده است (۱۵).

مطالعه‌ی دی با ارائه یک مدل در پروژه ساخت خط لوله نفت در کشور هند به پیاده‌سازی یک چهارچوب مفهومی برای مدیریت ریسک سیستم پرداخت که با ترکیب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و نقشه ریسک مشخص گردید نقش کلیدی استراتژی ها و سیاست‌های کاهش ریسک در هر فعالیت، فراهم کردن جهت و سمت‌و سو برای مدیریت سیستماتیک کنترل ریسک پروژه است (۱۷). در پژوهش شی‌ای و همکاران، الگوریتمی تطبیق‌پذیر برای مدیریت ریسک دینامیک برای سرمایه‌گذاری در صنعت پتروشیمی معرفی شد. در این مطالعه محققین از روش‌های ارزیابی ریسک جهت شناسایی طرح‌ها استفاده کردند و سپس برای انتخاب پروژه‌هایی که کمترین ریسک را دارا بودند از یک مدل تصمیم‌گیری چند هدفِ بهره بردند (۱۶). در شرکت ایدکوپرس با استفاده از تحلیل سلسه‌مراتبی فازی و متد کپراس (COPRAS)، بر روی چهار استراتژی پاسخ به ریسک تعمیرات و نگهداری به‌صورت پیش‌گویانه، اصلاحی، مبتنی بر زمان و مبتنی بر شرایط به‌صورت توزیع پرسش‌نامه بین خبرگان مطالعه‌ای صورت گرفت که مشخص شد استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر زمان برای شرکت دارای اولویت بیشتری می‌باشد (۱۸). علاوه بر این، در مطالعه‌ای که با هدف شناسایی احتمال ریسک‌های مؤثر بر پروژه ساخت در پروژه‌های مصر انجام شد، مشخص گردید مدیریت ریسک تأثیر مثبتی بر روی کیفیت اجرای پروژه‌ها دارد. در این مطالعه ابتدا متغیرهای تأثیرگذار مورد ارزیابی ریسک قرار گرفت و از روش تجزیه‌وتحلیل آماری برای شناسایی مهم‌ترین عوامل ریسک در پروژه‌های ساخت‌وساز استفاده شد (۱۹)؛ بنابراین ازآنجایی‌که در تحقیق حاضر متغیرهای مستقل مختلفی وجود دارد که می‌بایستی اثر آن‌ها بر روی متغیر یا متغیرهای وابسته موردبررسی قرار گیرد استفاده از مدل معادلات ساختاری ضروری می‌باشد (۲۰). با توجه به‌مرور پیشینه مطالعات صورت گرفته، تاکنون مطالعات اندکی جهت ارائه مدل مفهومی برای مدیریت ریسک پالایش گاز در صنایع نفت و گاز ایران با استفاده از مدل معادلات ساختاری (SEM) انجام شده است و در تعدادی دیگر از مطالعات تنها تعدادی از شاخص‌ها لیست شده‌اند که این شکاف در مطالعه حاضر موردبررسی قرار می‌گیرد. بنا بر اهمیت این موضوع و با توجه به ارتباط مدیریت ریسک و مدیریت پالایش استحصال گازترش، این مطالعه با هدف تجزیه‌وتحلیل و مدل سازی متغیرهای ریسک و همچنین بررسی نقش و تأثیرگذاری فاکتورها و متغیرهای مختلف بر شاخص توقف سیستم تولید در واحد شیرین‌سازی گاز انجام شده است؛ به‌عبارت‌دیگر، نتایج این پژوهش تعیین



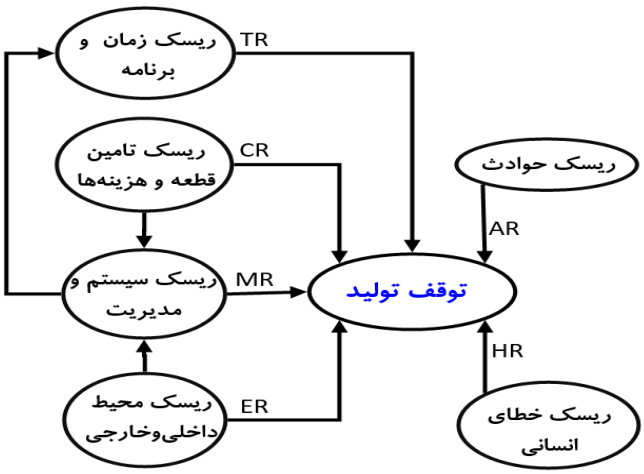
شکل ۱. نمودار علت و معلول استخوان ماهی حادثه توقف واحد

می‌کنند که چگونه این فاکتورها در سطوح بالای مدیریت و در قالب زیرگروه‌ها در سطوح عملیاتی تأثیر می‌گذارند.

روش کار

جهت شناسایی متغیرهای ریسک، یک تیم متشکل از ۶ نفر از مدیران و مهندسان ارشد واحد (افراد خبره) تشکیل و داده‌های موردنیاز از طریق طوفان فکری و مصاحبه با کارشناسان و تکنسین‌های واحد، جمع‌آوری گردید. علل ریشه‌ای، مستقیم و غیرمستقیم در حادثه توقف تولید بر اساس روش و دستورالعمل نمودار علت و معلول استخوان ماهی (Fishbone Diagram) تحلیل و شناسایی گردید. سپس عوامل حادثه به۶ دسته مدیریت، نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات، روش‌ها، مواد و محیط تقسیم‌شده (۲۱) و برای توقف واحد شیرین‌سازی گاز۱۲ نمودار علت و معلول ترسیم شد. بدین ترتیب ۳۴۹ متغیر ریسک شناسایی گردید (شکل ۱). در روش استخوان ماهی برخی از علل ریشه‌ای در هر نمودار تکرار می‌گردند که باعث افزایش فراوانی تعداد علل شناسایی‌شده می‌شود (۲۲). درنهایت، با اجماع نظر خبرگان علت‌هایی که بیشترین تأثیر و فراوانی را در توقف تولید در واحد شیرین سازی گاز دارند، شناسایی گردید.

با استفاده از یک روش تحلیل ساختار و یک رویکرد آماری جامع، فرضیه‌های این پژوهش که بررسی روابط بین متغیرها و تأثیر آن‌ها بر توقف تولید است مورد آزمون قرار می‌گیرد. مدل یابی معادلات ساختار (SEM) یک تکنیک تحلیل چند متغیری بسیار کلی و نیرومند از خانوادهٔ رگرسیون چند متغیری است که به پژوهشگر امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون را به‌صورت هم‌زمان مورد آزمون قرار دهد. این روش یک رویکرد آماری جامع برای آزمون فرضیه‌هایی درباره روابط بین متغیرها است (۲۳). این روش به پژوهشگر این امکان را می‌دهد تا یک فرضیه را به یک مدل آزمایشی تبدیل کند (۲۴).



شکل ۲. مدل مفهومی توقف سیستم تولید گاز

مدل‌سازی علی یا مدل معادلات ساختاری یکی از اصلی‌ترین روش‌های تجزیه‌وتحلیل ساختار داده‌های پیچیده است (۲۳) و روش SEM ارتباطات پیچیده بین متغیرها و مشارکت عوامل مختلفی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم، پنهان و آشکار در بروز حوادث دخیل می‌باشند را تجزیه‌وتحلیل می‌نماید (۲۵). ازآنجایی‌که در تحقیق حاضر متغیرهای مستقل مختلفی وجود دارد که می‌بایستی اثر آن‌ها بر روی متغیر یا متغیرهای وابسته موردبررسی قرار گیرد. مدل مفهومی توقف سیستم استحصال گاز در شکل ۲ نمایش داده شده است.

جهت آزمون فرضیه‌ها و تحلیل مدل از روش حداقل مربعات جزئی (PLS[1]) استفاده شد. روش حداقل مربعات جزئی یکی از تکنیک‌های چند متغیره آماری است که برخلاف وجود محدودیت‌هایی مانند ناشناخته بودن نوع توزیع متغیرها، کم بودن حجم نمونه و وجود همبستگی میان متغیرهای مستقل که در روش‌های رگرسیونی و معادلات ساختاری لازم به رعایت بودند، می‌تواند مدل‌هایی را با چند متغیر مستقل و وابسته برازش کند (۲۱). به عبارتی ابتدا با استفاده از روش تحلیل حداقل مربعات جزئی، مدل سنجش [2]روابط میان عوامل و ابعاد بررسی‌شده و در مرحله دوم، با استفاده از روش تحلیل حداقل مربعات جزئی، مدل ساختاری[3] روابط میان ابعاد مدل بررسی شده است (۲۴).

وزن‌دهی داده‌ها با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل سلسه‌مراتبی FAHP فازی مثلثی انجام گرفت. بدین ترتیب احتمال رخداد هر یک از علت‌ها و درصد تأثیر بر وقوع رویداد اصلی محاسبه گردید. درنهایت نیز پیشنهادهایی برای استراتژی بهبود ارائه شد. این تئوری قادر است بسیاری از مفاهیم و عبارت را با زبان ریاضی بیان کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (۲۸).

انتخاب خبرگان و تعین وزن آن‌ها: در زمان عدم وجود داده‌ها از نظر خبرگان استفاده می‌شود (۲۹)؛ بنابراین در این مطالعه شش خبره جهت تعیین وزن انتخاب گردید. در این مطالعه خبره به کسی گفته شد که دارای اطلاعات کافی از سیستم مورد ارزیابی بوده و با روش تجزیه‌وتحلیل سیستم آشنا بوده است. برای تعیین وزن اهمیت متخصصان از روش ارائه‌شده توسط لاواشی در سال ۲۰۱۱ استفاده گردید. در جدول ۱ شیوه امتیازدهی و اهمیت وزنی شش خبره نشان داده شده است (۲۹).

1 Partial Least Squares
2 Measurement Model
3 Structural Model

جدول ۱. شیوه امتیازدهی و اهمیت وزنی خبرگان

	کد	عنوان شغل	سن	مدرک	تجربه	اهمیت وزنی
گروه خبرگان	E۱	سرپرست تعمیرات پالایشگاه	۵۰	کارشناسی ارشد	۲۷	۰/۲۰۵
	E۲	سرپرست مهندسی پالایشگاه	۴۴	کارشناسی ارشد	۱۶	۰/۱۷
	E۳	سرپرست شیفت پالایشگاه	۴۰	کارشناسی ارشد	۱۲	۰/۱۷
	E۴	سایت من ارشد سایت شیرین‌سازی گاز	۳۴	کارشناس	۸	۰/۱۲۵
	E۵	سرپرست شیفت واحد الکتریکال تعمیرات	۳۶	دکتری	۱۰	۰/۱۵۹
	E۶	سرپرست پیمانکار تعمیرات نگهداری	۵۱	کارشناسی ارشد	۲۶	۰/۱۷

اجماع نظر خبرگان

محاسبه درجه تشابه (درجه توافق): $S_{UV}(\widetilde{R_U}.\widetilde{R_V})$ به‌عنوان عقاید (درجه توافق) بین هر یک از متخصصان E_u و E_v تعریف شده است. با توجه به این، در نظر گرفتن $S_{UV}(\widetilde{R_U}.\widetilde{R_V})$ و $\widetilde{A}=(a_1.a_2.a_3)$ و $\widetilde{B}=(b_1.b_2.b_3)$ دو عدد فازی مثلثی استاندارد و درجه عملکرد توافق S با استفاده از رابطه ۱ تعریف شده است (۳۰).

رابطه ۱ $$S\left(\tilde{A},\tilde{B}\right)=1-\frac{1}{J=4}\sum_{i=1}^{4}\left|a_i-b_i\right| i=1,2,3$$

زمانی که $\left(\tilde{A}.\tilde{B}\right)\in[0.1]$، مقدار آن بیشتر از $S\left(\tilde{A}.\tilde{B}\right)$ است از نظر تعداد کارشناسان با توجه به اعداد فازی، A و B شباهت بالاتری دارد. بر این اساس، برای دو عدد فازی ذوزنقه‌ای، در معادله فوق محاسبه میانگین نظرات AA درجه (Eu) نظرات کارشناسان با استفاده از رابطه ۲ قابل انجام است (۳۰).

رابطه ۲ $$AA\left(E_U\right)=\frac{1}{m-1}\sum_{\substack{u\neq v\\ v=1}}^{J}S\left(\tilde{R}u,\tilde{R}v\right)$$

از RA (Eu) محاسبه درجه توافق نسبی همه کارشناسان مطابق با رابطه ۳ قابل انجام است (۳۰).

رابطه ۳ $$E_u\left(u=1,2,\ldots,m\right)as\ RA\left(E_u\right)=\frac{AA\left(E_u\right)}{\sum_{u=1}^{m}AA\left(E_u\right)}$$

فازی و دفازی کردن نظر خبرگان: برآورد درجه ضریب اجماع (CC)، $CC\ (E_u)$ مطابق با نظرات کارشناسان، $E_u(u=0,1,2,\ldots,j)$ با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید (۳۰).

رابطه ۴ $$CC\left(E_u\right)=\beta.w\left(E_u\right)+\left(1-\beta\right).RA\left(E_u\right)$$

نتیجه جمع‌بندی شده از داوری متخصصان $\widetilde{R_{AG}}$، با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردید (۳۰).

رابطه ۵ $$\tilde{R}_{AG}=CC(E_1)\times\tilde{R}_2+CC(E_2)\times\tilde{R}_2+\ldots+CC(E_m)\times\tilde{R}_M$$

سرانجام، نرخ تأثیر (IR) با استفاده از رابطه‌های ۶ و ۷ پیشنهادشده توسط اونیزاوا[1] به احتمال تبدیل شد (۳۱).

رابطه ۶ $$\text{Probability of IR}=\begin{cases}1/10^{K} & IR\neq 0\\ 0 & IR=0\end{cases}$$

رابطه ۷ $$k=2.301*\left[(1-IR)/IR\right]^{1/3}$$

در بخش سؤالات عملیاتی پرسشنامه از خبرگان خواسته شد تا بر اساس طیف لیکرت (از خیلی کم تا خیلی زیاد) به سؤالات پاسخ دهند. روش تحقیق در این پژوهش

1 Onisawa

نیز توصیفی-همبستگی و از نوع تحلیل ماتریس واریانسی بود. در جدول ۲ احتمال رخداد علت‌های ریشه‌ای در هر یک از زیرگروه‌های ریسک نشان داده شده است. در این جدول از میان ۱۲۸ علت شناسایی‌شده، علت‌هایی که بیشترین احتمال رخداد بر توقف واحد شیرین سازی گاز را داشتند بر اساس اجماع نظر خبرگان نمایش داده

جدول ۲. گویه‌های پرسش‌نامه در توقف واحد شیرین سازی گاز

ریسک‌های اصلی	کد	توضیحات علت‌های ریشه‌ای (گویه های پرسش‌نامه)	نظرات خبرگان واحد						احتمال رخداد علت	درصد تأثیر بر رخداد حادثه
			E1	E2	E3	E4	E5	E6		
ریسک مرتبط با متغیر محیط ER	ER-1	رطوبت بالا و دمای بالا برای بازرسی و بررسی قطعات و پر کردن چک‌لیست	H	L	M	VL	H	L	۰/۰۰۳۲۲۷	۱/۵۷
	ER-2	وضعیت نامناسب مسیرهای تردد جهت دسترسی به کلیه نقاط برای بازرسی	M	M	VH	H	H	L	۰/۰۱۳۰۰۰۲	۵/۰۴
	ER-3	تحریم و عدم دسترسی به قطعه مناسب مطابق با وندور	H	VH	L	M	H	VH	۰/۰۱۸۳۹۸	۹/۰۰
	ER-4	تغییرات اقتصادی پیش‌بینی‌نشده (مانند تغییر نرخ ارز، تغییر نرخ مالیات)	L	H	VL	H	L	H	۰/۰۰۴۰۳۶۶	۱/۹۷
	ER-5	فشار بالادستی و پذیرش ریسک توسط مدیریت برای تعمیر قطعه با کیفیت پایین	VH	H	M	H	M	M	۰/۰۱۶۱۵۱	۶/۶۶
	ER-6	اختلاف فرهنگ کار میان کارفرما و پیمانکار	VH	M	VH	M	VH	L	۰/۰۱۶۷۱۳۲	۸/۱۷
ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی MR	MR-1	ضعف مدیریت در اختصاص تعداد مناسب از سرپرستان ارشد	M	H	VL	H	H	VL	۰/۰۰۴۸۶۱۸	۲/۳۸
	MR-2	برنامه مدیریتی پیمانکار برای اقدامات PM، CA مناسب نیست	VH	VL	VH	L	VL	H	۰/۰۰۵۵۶۲۷	۲/۷۲
	MR-3	عدم درنظرگرفتن هزینه کافی برای انجام تعمیرات اساسی	H	M	H	L	L	M	۰/۰۰۵۴۱۵۱	۲/۶۵
	MR-4	ضعف در تعهد و پایبندی پیمانکار برای اجرای کار	H	VL	H	VL	H	L	۰/۰۰۳۸۱۸۱	۱/۸۷
	MR-5	روش اجرایی گزارش‌دهی پیمانکار برای مشخص کردن عیب‌های قطعات مناسب نیست	H	L	H	L	VL	VH	۰/۰۰۵۴۵۱۳	۲/۶۷
	MR-6	عدم موفقیت تیم تعمیرات کارگاه مرکزی مجتمع در تعمیرات صحیح قطعه	H	VL	H	VL	H	VH	۰/۰۰۹۶۱۶۲	۴/۷۰
	MR-7	تخصصی بودن برای عیب‌یابی و یا تعمیر تخصصی عیب (به‌روزرسانی دفترچه نقص عملکرد تجهیزات)	M	H	VL	H	VL	H	۰/۰۰۵۰۱۷۱	۲/۴۵
	MR-8	عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان	L	H	VL	H	L	H	۰/۰۰۴۰۳۶۶	۱/۹۷
ریسک مرتبط با تأمین قطعات و	CR-1	دشواری بازپرداخت وجه به پیمانکار	VL	VL	VH	H	L	H	۰/۰۰۳۷۰۵۴	۱/۴۵
	CR-2	برآورد غیردقیق هزینه‌ها (تخمین اشتباه زمان و دسترسی به قطعات)	L	H	L	H	VL	H	۰/۰۰۴۰۶۵۲	۱/۶۰
	CR-3	مشکلات اعتباری تأمین قطعات	H	L	H	VL	H	L	۰/۰۰۴۶۹۹۷	۱/۸۴

شده است که همان گویه‌های پرسش‌نامه است. در این میان، ۶ شاخص مرتبط با متغیر ریسک محیط، ۸ شاخص مرتبط با متغیر ریسک پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی، ۵ شاخص مرتبط با خطای انسانی و ۴ شاخص مرتبط با متغیر ریسک حوادث، شناسایی شد که در جدول ۲ ارائه شده است. این ۴۴ شاخص، ابعاد عملیاتی مدل (ریسک واحد شیرین‌سازی گاز) را تشکیل می‌دهند که با استفاده از مطالعات متعدد شناسایی شده‌اند (۹، ۷، ۵، ۱۰، ۱۱).

برای ارزیابی پایایی ابزار سنجش از روش آلفای کرون باخ شد که برای نمونه پیش‌آزمون معادل ۰/۹۲۸ به دست آمد. ازآنجایی‌که عدد، بالای ۷۰ درصد می‌باشد، پرسشنامه مورداستفاده از قابلیت اعتماد یا پایایی لازم برخوردار است. پرسشنامه بین خبرگان صنعت پالایشگاه و در قسمت‌های مختلف مهندسی، تعمیرات و نگهداری، پالایش، فروش و تعمیرگاه مرکزی بین ۶۵ نفر از متخصصان شامل مدیران واحد، سرپرست‌های واحدهای مختلف و سرپرست و جانشین پیمانکار تعمیرات، سایت‌من‌های واحد، اپراتورها و تکنسین‌های پیمانکار واحد شیرین‌سازی گاز توزیع گردید. سؤالات نیازمند دانش سیستمی و مدیریتی از سیستم مدیریت جاری در واحد شیرین‌سازی گاز بود؛ لذا این پرسش‌نامه بین کارکنان با سمت‌های اداری پایین در واحدها توزیع نشد و کارشناسان، کارگرها، استادکارها و مکانیک‌های پایه در این مطالعه وارد نشدند. درنهایت با استفاده از روش تحلیل عاملی و مدل‌سازی معادلات ساختاری، مدل مفهومی پیشنهادی تحقیق مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. یافته‌های توصیفی در خصوص مشخصات پاسخ‌دهندگان نشان می‌دهد که اکثریت شرکت‌کنندگان از نظر سن بین ۴۱ تا ۵۵ سال (۵۸٪) و دارای سطح تحصیلات کارشناسی (۶۹٪) بوده‌اند که متناسب با نیاز این مطالعه می‌باشد. جزئیات مشخصات پاسخ‌دهندگان در جدول ۳ ارائه شده است.

پس از تکمیل و اطمینان از صحت اطلاعات، برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های گردآوری‌شده این مطالعه از نرم‌افزار آماری SPSS-24 و برای تجزیه‌وتحلیل و مدل یابی معادلات ساختاری شاخص‌های ریسک‌های واحد از نرم‌افزار SMART PlS-2 استفاده شد.

پایایی و روایی در روش PLS: پایایی و روایی در روش PLS در دو بخش بررسی شدد: الف) بخش مربوط به مدل اندازه‌گیری، ب) بخش مربوط به مدل ساختاری (۲۳). برای بررسی برازش بخش اول یعنی برازش مدل‌های اندازه‌گیری، سه مورد، استفاده شد: پایایی شاخص، روایی همگرا و روایی واگرا (۲۴). پایایی شاخص نیز خود توسط سه معیار موردسنجش واقع گردید: ۱) آلفای کرون باخ ۲) پایایی ترکیبی و ۳) ضرایب بار عاملی.

برازش مدل اندازه‌گیری

۱) پایایی شاخص

آلفای کرون باخ: معیاری کلاسیک برای سنجش پایایی و سنجه‌ای مناسب برای ارزیابی پایداری درونی (سازگاری درونی) محسوب می‌شود. مقدار آلفای بالاتر از ۰/۷ بیانگر پایایی قابل‌قبول است (۲۴). هرچند هایر و همکاران در مورد متغیرهایی با تعداد سؤالات اندک، مقدار ۰/۶ را به‌عنوان سرحد ضریب آلفای کرون باخ معرفی کرده‌اند (۲۶). بر این اساس، با توجه به جدول ۴ مقادیر آلفای کرون باخ برای تمامی متغیرها از مقدار ۰/۷ بیشتر می‌باشد که بیانگر پایایی قابل‌قبول متغیرها است.

پایایی ترکیبی: معیار آلفای کرون باخ یک معیار سنتی برای تعیین پایایی سازه‌ها است. روش PLS معیار مدرن‌تری نسبت به آلفا بوده و با نام پایایی ترکیبی بکار می‌رود (۳۱). درصورتی‌که مقدار پایایی ترکیبی برای هر سازه بالای ۰/۷ شود نشان از پایداری درونی مناسب برای مدل‌های اندازه‌گیری دارد. شایان‌ذکر است که معیار پایایی ترکیبی در مدل‌سازی معادلات ساختاری معیار بهتری از آلفای کرون باخ به شمار می‌رود (۳۱). با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۴، مقدار تمامی متغیرها بیش از ۰/۷ است و برازش مناسب مدل‌های اندازه‌گیری تأیید می‌شود.

سنجش بارهای عاملی: بارهای عاملی از طریق محاسبه مقدار همبستگی شاخص‌های یک سازه با آن سازه محاسبه می‌شوند که اگر این مقدار برابر و یا بیشتر

جدول ۳. مشخصات جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان

ریسک‌های اصلی	کد	توضیحات علت‌های ریشه‌ای (گویه های پرسش‌نامه)	نظرات خبرگان واحد						احتمال رخداد علت	درصد تأثیر بر رخداد حادثه
			E1	E2	E3	E4	E5	E6		
هزینه CR	CR-4	مشکلات دسترسی به قطعات اصلی مطابق با وندور	L	H	L	H	VL	H	۰/۰۰۴۰۶۵۲	۱/۶۰
	CR-5	مشکلات استفاده از قطعات داخلی به‌جای قطعات خارجی	H	L	H	VL	H	L	۰/۰۰۴۶۹۹۷	۱/۸۴
ریسک مرتبط با زمان TR	TR-1	برنامه زمان‌بندی برای انجام تعمیرات برنامه‌ریزی ناکافی است (برنامه زمان‌بندی برای تعمیرات دوره‌ای)	H	VL	H	VH	VL	H	۰/۰۰۸۷۱۳۴	۴/۲۶
	TR-2	عدم به‌روزرسانی روش اجرایی نگهداری و اقدام اصلاحی، میان دو واحد متد و تعمیرات	H	L	H	L	M	L	۰/۰۰۳۷۵۵۷	۱/۸۴
	TR-3	حجم بالایی از دستور کار که به‌صورت نامناسب است و متعادل کردن کارها در طی دو شیفت کاری متوالی صورت نگرفته.	H	VL	H	VL	H	VH	۰/۰۰۹۶۱۶۲	۴/۷۰
	TR-4	عدم بازنگری دستورالعمل‌های واکنش در شرایط اضطراری در اتاق کنترل و برای سایت من	VL	H	L	H	L	H	۰/۰۰۳۹۵۱۸	۱/۹۳
	TR-5	محدودیت زمان دیتا برداری به دلیل عوامل محیطی	H	VL	H	L	H	L	۰/۰۰۴۵۷۲۶	۲/۲۴
ریسک مرتبط با خطای انسانی HR	HR-1	خطای اپراتور اتاق کنترل و توقف اضطراری پمپ (خواندن ولتاژ مصرفی موتور، فشار لاین خروجی)	H	VL	H	VH	VL	H	۰/۰۰۸۷۱۳۴	۴/۲۶
	HR-2	خطای نظارت ناکافی کارفرما در انجام کار نصب	H	L	M	L	L	H	۰/۰۰۳۸۰۷۲	۱/۸۶
	HR-3	خطای بازرس فنی در تأیید قطعه تعمیر شده (قطعه صحیح تعمیر نشده است)	H	L	M	L	L	H	۰/۰۰۴۱۰۲۵	۲/۰۵
	HR-4	خطای مدیریت در قبول ریسک قطعات تعمیر شده	H	VL	H	L	H	VL	۰/۰۰۳۶۹۴۷	۱/۸۱
ریسک حوادث AR	AR-1	استهلاک تجهیزات (خرابی قطعات داخلی، کارکرد زیاد تجهیزات، PM انجام‌نشده)	L	H	H	VL	H	M	۰/۰۰۶۳۴۸۵	۳/۰۱
	AR-2	حوادث محیطی و ضربه به پمپ	H	VL	H	VH	VL	H	۰/۰۰۸۷۱۳۴	۴/۲۶
	AR-3	خرابی و یا عدم کارکرد مناسب تجهیزات جانبی پمپ و توقف پمپ	H	L	M	L	L	H	۰/۰۰۳۸۰۷۲	۱/۸۶
	AR-4	حوادث عمدی و کارشکنی پیمانکار در تعمیر	VL	VL	VH	H	L	H	۰/۰۰۳۷۰۵۴	۱/۸۱

جدول ۴. شاخص آماری توصیفی و نتایج تجربی مدل‌های محاسبه‌ای

		تعداد پاسخ‌دهندگان	درصد
مدرک تحصیلی	کارشناسی	۱۴	۲۱
	کارشناسی ارشد	۴۵	۶۹
	دکترا	۶	۹
	مجموع	۶۵	۱۰۰
سن (سال)	۳۱-۴۰	۲۷	۴۱
	۴۱-۵۵	۳۸	۵۸
	مجموع	۶۵	۱۰۰

از مقدار ۰/۴ شود مؤید این مطلب است که واریانس بین سازه و شاخص‌های آن از واریانس خطای اندازه‌گیری آن سازه بیشتر بوده و پایایی در مورد آن مدل قابل‌قبول است (۳۵). با توجه به جدول ۴ مقادیر بارهای عاملی تمامی گویه‌ها بیش از ۰/۵ است. در نتیجه پایایی مدل از هر نظر مورد تأیید قرار گرفته است.

۲) روایی همگرا

روایی همگرا دومین معیاری است که برای برازش مدل‌های اندازه‌گیری در روش حداقل مربعات جزئی بکار برده می‌شود. معیار میانگین واریانس استخراج‌شده نشان‌دهنده میانگین واریانس به اشتراک گذاشته‌شده بین هر سازه با شاخص‌های خود است. به بیان ساده‌تر میانگین واریانس استخراج‌شده، میزان همبستگی یک سازه با شاخص‌های خود را نشان می‌دهد که هر چه این همبستگی بیشتر باشد، برازش نیز بیشتر است (۳۶). فورنل و لارکر معیار میانگین واریانس استخراج‌شده را برای سنجش روایی همگرا معرفی و مقدار بحرانی را عدد ۰/۵ بیان داشتند؛ به این صورت که مقدار میانگین واریانس استخراج‌شده بالای ۰/۵ روایی همگرای قابل‌قبول را نشان می‌دهد. با توجه به موارد گفته‌شده و جدول ۲، مقادیر تمامی میانگین واریانس‌های استخراج‌شده از ۰/۵ بیشتر بوده و در نتیجه مدل آورده شده در این پژوهش از روایی همگرایی مناسبی برخوردار است (۳۷).

۳) روایی واگرا

روش سنجش روایی واگرایی این پژوهش، از طریق سنجش مقایسه جذر میانگین واریانس استخراج‌شده AVE با همبستگی بین متغیرهای مکنون است. برای هرکدام از سازه‌های انعکاسی، جذر AVE باید بیشتر از همبستگی آن سازه با سایر سازه‌ها در مدل باشد. در این روش چنانچه همبستگی بین شاخص‌های یک سازه با سایر سازه ها بیشتر از میزان همبستگی آن شاخص با سازهٔ مربوطه باشد، روایی واگرایی مدل زیر سؤال می‌رود (۳۷). بر اساس خروجی نرم‌افزار، مقدار همبستگی میان شاخص‌ها با سازه‌های مربوط به خود از همبستگی میان آن‌ها و سایر سازه‌ها بیشتر است که این مطلب گواه روایی واگرایی مناسب مدل است. با توجه به اینکه داده‌های حاصل از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها از نوع داده‌های رتبه‌ای است، اما متغیرهای ناشی از آن‌ها که از میانگین داده‌های رتبه‌ای به دست می‌آید ماهیت کمی پیدا می‌کند از همبستگی پیرسون استفاده می‌شود. ضریب همبستگی پیرسون، مشهورترین ضریب همبستگی بوده و به‌گونه‌ای تعریف شده است که مقادیر بین ۱- و ۱+ را می‌گیرد. هر چه قدر مطلق این ضریب بزرگ‌تر باشد، شدت رابطه بیشتر است و علامت آن نیز جهت رابطه را نشان می‌دهد. ضریب مثبت نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین دو متغیر و ضریب منفی نشان‌دهنده رابطه عکس بین دو متغیر می‌باشد. جدول ۵ و روی قطر اصلی این ماتریس ریشه

جدول ۵. ماتریس همبستگی و بررسی روایی واگرا به روش فورنل و لارکر (۱۹۸۱)

ریسک‌های واحد	آلفای کرون باخ	ضریب پایایی ترکیبی (CR)	بار عاملی	میانگین واریانس استخراج‌شده
ریسک مرتبط با حوادث (AR)	۰/۸۸۸	۰/۸۵۱	۰/۶۲۶	۰/۷۵۴
ریسک مرتبط با تأمین هزینه (CR)	۰/۷۷۰	۰/۷۰۵	۰/۸۷۹	۰/۵۱۹
ریسک مرتبط با متغیر محیط (ER)	۰/۸۸۱	۰/۸۸۸	۰/۸۸۹	۰/۶۵۷
ریسک مرتبط با خطای انسانی (HR)	۰/۸۲۱	۰/۷۱۷	۰/۵۰۷	۰/۶۵۲
ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR)	۰/۸۸۲	۰/۹۰۳	۰/۷۰۵	۰/۵۵۱
ریسک مرتبط با زمان (TR)	۰/۷۳۳	۰/۹۰۳	۰/۵۶۵	۰/۵۱۰

دوم میانگین واریانس تبیین شده (AVE) را نشان می‌دهد. لازمه تأیید روایی منفک، بیشتر بودن مقدار ریشه دوم میانگین واریانس تبیین شده (AVE) از تمامی ضرایب همبستگی متغیر مربوط به باقی متغیرها است.

همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، مقدار ریشه دوم شاخص میانگین واریانس برای تمامی متغیرها، زیر قطر اصلی ضرایب همبستگی پیرسون نشان داده شده‌اند. تمامی ضرایب در سطح خطای کمتر از ۰/۰۱ معنادار شده‌اند. این امر در مورد تمام سازه‌های پژوهش صدق می‌کند و نشان از تأیید روایی واگرا دارد. بر اساس نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار Smart PLS در جداول ۲ و ۳ مدل‌های اندازه‌گیری از روایی (همگرا و واگرا) و پایایی (بار عاملی، ضریب پایایی ترکیبی و ضریب آلفای کرون باخ) مناسب برخوردار می‌باشد.

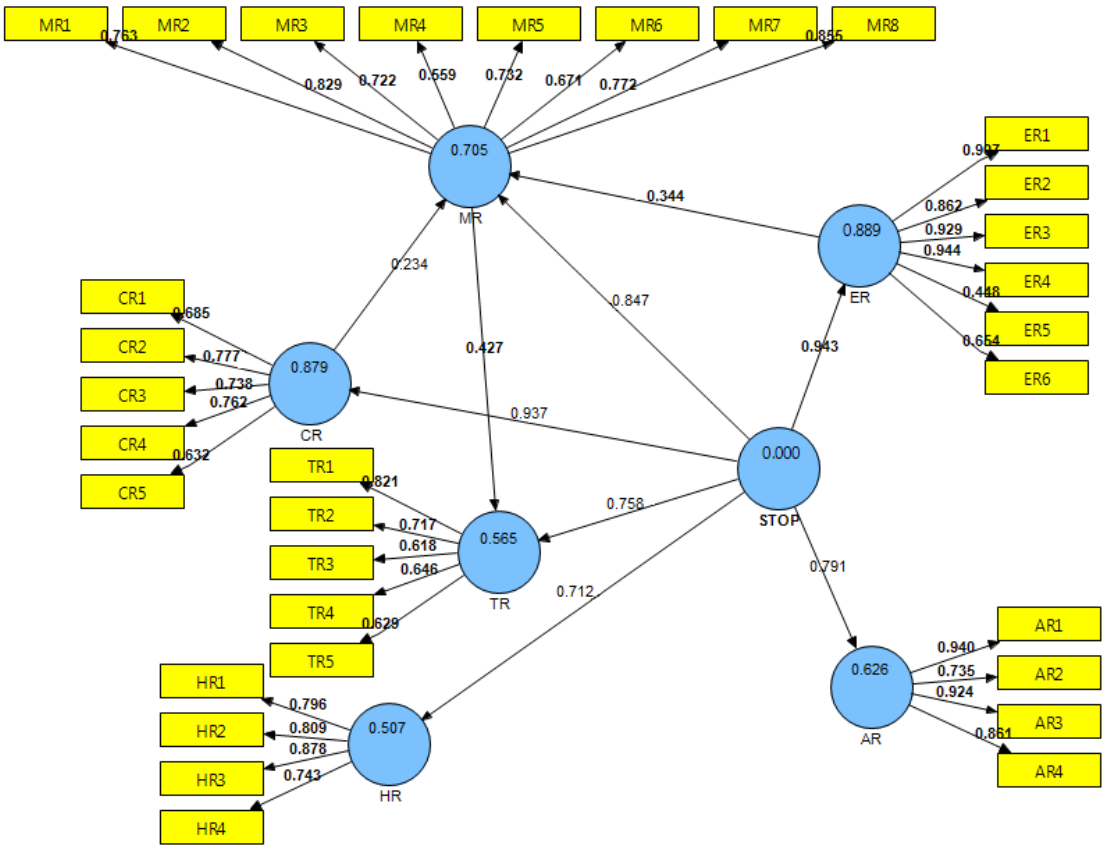
یافته ها

برای آزمون فرضیه‌ها از مدل‌سازی معادلات ساختاری منحصراً نرم‌افزار Smart PLS و اعداد معناداری تی (T-Value)استفاده شده است. درصورتی‌که مقدار قدر مطلق این اعداد از ۱/۹۶ بیشتر شود، نشان از صحت رابطهٔ بین سازه‌ها و در نتیجه تأیید فرضیه‌های پژوهش در سطح اطمینان ۹۵٪ است (شکل ۳).

در جدول ۶ نتایج آزمون فرضیات را نشان می‌دهد و همان‌طور که در این جدول مشخص است، ضرایب مربوط به مسیر از ۱/۹۶ بیشتر است که معنادار بودن این مسیر و مناسب بودن مدل ساختاری را نشان می‌دهد.

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که ریسک مرتبط با متغیر محیط (ER)، دارای ضریب مسیر ۰/۹۴۳ و آماره تی ۱۰۳/۷۹۱، ریسک مرتبط با تأمین هزینه (CR) دارای ضریب مسیر ۰/۹۳۷ و آماره تی ۹۵/۱۶۸، ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR) دارای ضریب مسیر ۰/۸۴۷ و آماره تی ۳۵/۲۳۶، ریسک حوادث (AR) دارای ضریب مسیر ۰/۷۹۱ و آماره تی ۲۵/۴۱۰، ریسک مرتبط با زمان (TR) دارای ضریب مسیر ۰/۷۵۸ و آماره تی ۱۵/۱۲۱ و ریسک مرتبط با خطای انسانی دارای ضریب مسیر ۰/۷۱۲ و آماره تی ۱۱/۲۱۵ به ترتیب دارای بیشترین ضریب اهمیت مسیر نسبت به سایر ریسک‌ها می‌باشد. همچنین با مقایسه ضرایب مسیر مربوط به ریسک‌ها می‌توان دریافت که تأثیر هر یک از ریسک‌ها نسبت به توقف تولید با یکدیگر متفاوت است.

در شکل ۴ آماره تی اجزاء هر یک از ریسک‌های تأثیرگذار بر توقف واحد نشان داده شده است. در ریسک مرتبط با متغیر محیط (ER)، زیرمجموعه تغییرات اقتصادی پیش‌بینی‌نشده (مانند تغییر نرخ ارز، تغییر نرخ

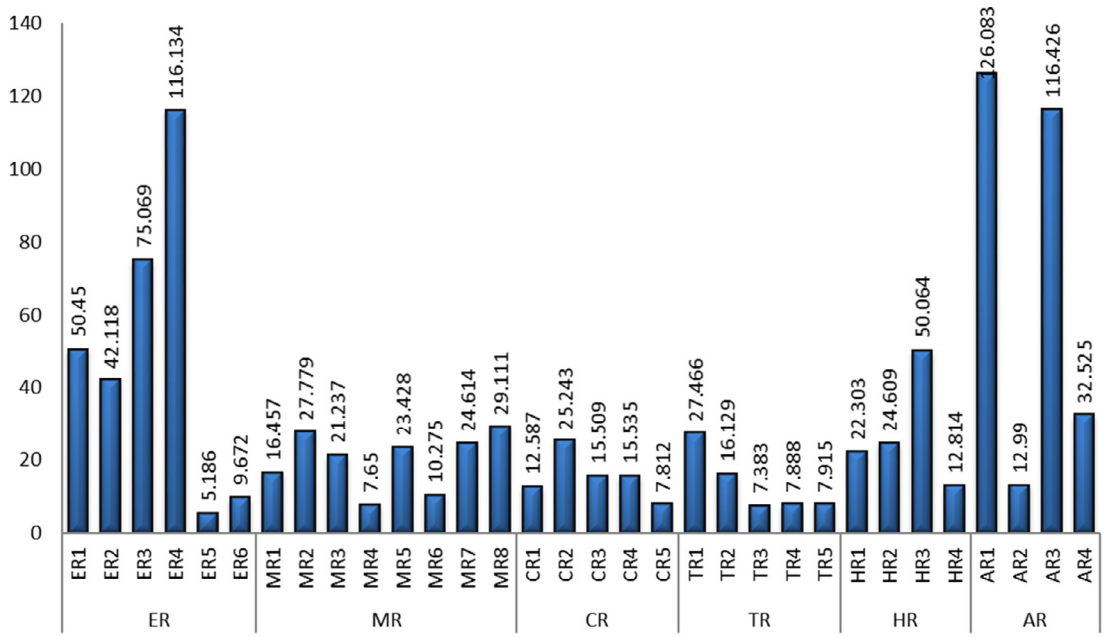


شکل ۳. نتایج مقادیر ضرایب مسیر حاصل از خروجی نرم‌افزار

جدول ۶. آزمون فرضیه‌ها (ضرایب مسیر)

RISKS	AR	CR	ER	HR	MR	TR
AR	۰/۸۶۸۶					
CR	۰/۷۴۶۴۵۳	۰/۷۲۰۶				
ER	۰/۷۲۵۵۳۱	۰/۶۵۱۵۴۹	۰/۸۱۱۱			
HR	۰/۷۱۱۰۶۵	۰/۵۹۰۲۵۱	۰/۶۸۸۵۳۱	۰/۸۰۸۰		
MR	۰/۷۹۴۵۳۲	۰/۶۶۸۷۲۰	۰/۶۵۳۰۶۹	۰/۶۱۹۰۷۹	۰/۷۴۲۹	
TR	۰/۶۶۳۲۲۳۶	۰/۶۰۰۳۹۵	۰/۶۳۵۶۳۴	۰/۶۵۵۰۱۷	۰/۶۴۰۶۰۴	۰/۷۱۴۶

مالیات) (ER4=۱۱۶/۱۳۹)، علت تحریم و عدم دسترسی به قطعه مناسب مطابق با وندور (ER3=۷۵/۰۶۹)، علت رطوبت بالا و دمای بالا برای بازرسی و بررسی قطعات و پر کردن چک‌لیست (ER2=۴۲/۱۱۸) و علت وضعیت نامناسب مسیرهای تردد جهت دسترسی به کلیه نقاط برای بازرسی (ER1=۵۰/۴۵) به ترتیب بیشترین اولویت‌ها در این ریسک هستند. در ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR) علت عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان (MR8=۲۹/۱۱) و علت عدم برنامه مدیریتی مناسب پیمانکار برای اقدامات PM, CA (MR2=۵۰/۴۵) به ترتیب دارای بیشترین اولویت‌ها می‌باشند. در ریسک



شکل ۴. آماره تی زیرمجموعه‌های ریسک‌های سازمانی

جدول ۷. نتایج بررسی مسیرهای متغیرهای وابسته مدل ساختاری

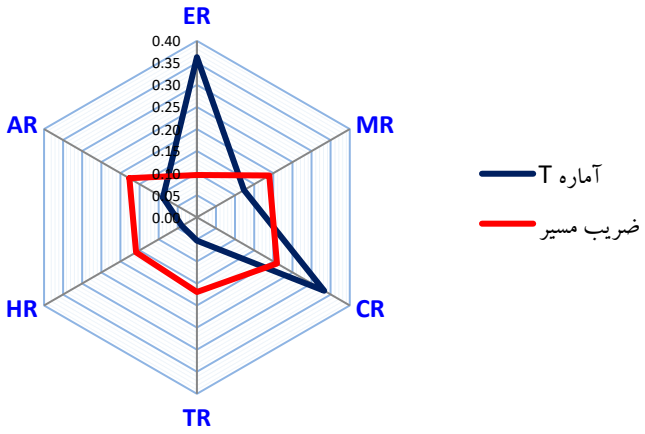
ریسک	ضریب مسیر	آماره تی	اولویت
ریسک مرتبط با متغیر محیط (ER)	۰/۴۳	۱۰۳/۷۹۱	رتبه اول
ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR)	۰/۸۴۷	۳۵/۲۳۶	رتبه سوم
ریسک مرتبط با تأمین هزینه (CR)	۰/۹۳۷	۹۵/۱۶۸	رتبه دوم
ریسک مرتبط با زمان (TR)	۰/۷۵۸	۱۵/۱۲۱	رتبه پنجم
ریسک مرتبط با خطای انسانی (HR)	۰/۷۱۲	۱۱/۲۱۵	رتبه ششم
ریسک مرتبط با حوادث (AR)	۰/۷۹۱	۲۵/۴۱۰	رتبه چهارم

مرتبط با تأمین قطعات و هزینه (CR)، علت برآورد غیردقیق هزینه‌ها (CR2=۲۵/۲۴۳) دارای بیشترین اولویت می‌باشد. در ریسک مرتبط با زمان (TR)، زمان‌بندی نامناسب در هنگام برنامه‌ریزی قبل از اجرای تعمیرات (TR1=۲۷/۴۶) دارای بیشترین اولویت می‌باشد. در ریسک مرتبط با خطای انسانی (HR)، علت خطای بازرس فنی در تأیید قطعه تعمیر شده (قطعه صحیح تعمیر نشده است) (ER3=۵۰/۰۶) و ریسک حوادث (AR) علت استهلاک تجهیزات (AR1=۱۲۶/۰۸) دارای بیشترین اولویت می‌باشد.

رابطه متغیرهای آشکار

در جدول ۷ برازش مدل ساختاری پژوهش برای معیار ضرایب معناداری مسیر و مقادیر T-value در مسیرهای متغیرهای وابسته ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول ۷ با توجه به اینکه نسبت آماره تی مربوط به مسیر ریسک مرتبط با متغیر محیط (ER) به ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR) برابر ۳/۸۸۶ و بیشتر از ۱/۹۶ است نتیجه می‌گیریم که ER بر MR تأثیر معنی داری دارد و ضریب مسیر ۰/۳۴۴ نشان‌دهنده تأثیر متوسط این متغیر است. بر اساس نتایج



شکل ۵. ضرایب T و سطح معناداری هر یک از ریسک‌ها

جدول فوق با توجه به اینکه نسبت آماره تی مربوط به مسیر ریسک مرتبط با تأمین هزینه (CR) به ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR) برابر ۲/۶۱۳ و بیشتر از ۱/۹۶ است نتیجه می‌گیریم که CR بر MR تأثیر معنی‌داری دارد و ضریب مسیر ۰/۲۳۴ نشان‌دهنده تأثیر ضعیف این متغیر است. بر اساس نتایج جدول فوق با توجه به اینکه نسبت آماره تی مربوط به مسیر ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی (MR) به ریسک مرتبط با زمان(TR) برابر ۴/۰۷۹ و بیشتر از ۱/۹۶ است نتیجه می‌گیریم که MR بر TR تأثیر معنی‌داری دارد و ضریب مسیر ۰/۴۲۷ نشان‌دهنده تأثیر متوسط این متغیر است.

بحث

اگر از به وقوع پیوستن علت‌های یک ریسک به‌خوبی جلوگیری گردد، می‌تواند منافع زیادی را عاید سازمان سازد که از جمله این فواید می‌توان به کاهش هزینه‌ها، کاهش توقف‌ها و درنتیجه رضایت بیش‌تر، افزایش کارایی و منافع، افزایش قابلیت اطمینان و طول عمر تجهیزات اشاره کرد (۳۹). هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک‌های اثرگذار بر توقف واحد شیرین‌سازی گاز می‌باشد، لذا فرضیه و سؤال‌های تحقیق به‌گونه‌ای انتخاب شده تا از طریق شاخص‌های قابل‌بررسی بتوان به اولویت‌بندی این ریسک‌ها از نظر میزان اثرگذاری پی برد. برای این منظور از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شد. در شکل ۵ ضرایب T و سطح معناداری هر یک از ریسک‌ها بر روی ریسک اصلی نمایش داده شده است و همان‌گونه که در شکل مشخص است هر یک از ریسک‌ها تأثیر متفاوتی بر توقف واحد دارند.

تحلیل داده‌ها حاکی از آن است که ریسک مرتبط با متغیر محیط (ER) با ضریب مسیر ۰/۹۴۳ و آماره تی ۱۰۳/۷۹۱ بیشترین تأثیر بر روی توقف واحد شیرین سازی گاز دارد. نتایج حاصل از تحقیق هم‌راستا با مطالعات صورت گرفته همچون مطالعه کاثم و آدی نشان داد فاکتورهای محیطی درونی و بیرونی با بهره‌وری محصول رابطه مستقیم دارند (۳۸ و ۳۹). نظر کارکنان در خصوص علل ریشه‌ای ریسک متغیر محیط نشان داد، عدم دسترسی به قطعه اصلی با ضریب مسیر ۰/۹۲۹ و آماره تی ۷۵/۰۶۹ و تأثیر پذیرش ریسک بر تصمیم‌گیری مدیریت در خصوص استفاده از قطعه‌ای که مطابق با دستورالعمل وندور نمی‌باشد با ضریب مسیر ۰/۹۴۴ و آماره تی ۱۱۶/۱۳۴، به ترتیب بیشترین تأثیر را بر روی ریسک سازمانی مرتبط با متغیر محیط دارند. در این راستا تشکیل کمیتهٔ خرید قطعات ضروری (اصلی و مهم) و انبارداری آن بیشترین تأثیر را درزمینهٔ صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین قطعات داشته و بازگشت سرمایه

به‌صورت سرمایه‌گذاری بلندمدت را توجیه می‌کند.

نتایج تحلیل نشان داد که ریسک مرتبط با تأمین هزینه CR با ضریب مسیر ۰/۹۳ و آماره تی ۹۵/۱۶۸ تأثیر بالایی بر ریسک توقف تولید دارد. بازخورد حاصل از پژوهش با پژوهش‌های صورت گرفته توسط دلیک و آگاراشی نشان داد که رابطه معنادار بین هزینه‌های صرف شده و راهکارهای مدیریتی وجود دارد (۴۰، ۴۱). عدم آنالیز صحیح در محاسبه میزان بودجه موردنیاز برای تعمیرات اساسی و مهم باعث تأخیر در خرید قطعات اصلی و نهایتاً منجر به تأخیر در انجام تعمیرات قطعه مطابق با برنامه زمان‌بندی می‌شود؛ که باعث تحمیل خسارت به پالایشگاه می‌گردد. لذا مطابق با مصاحبه‌های انجام‌شده با مدیران ارشد واحد پیاده‌سازی سیستم مدیریتی، نظارت دقیق نسبت به شناخت قطعات مهم در واحد و همچنین مشخص نمودن و تصمیم‌گیری شفاف نسبت به تأمین بودجه در شرایط اضطراری می‌تواند تأثیر بالایی بر روی کاهش ریسک داشته باشد.

یافته‌های تحقیق نشان داد ریسک مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت (MR) با ضریب مسیر ۰/۸۴۷ و آماره تی ۳۵/۲۳۵ بر توقف واحد شیرین‌سازی گاز تأثیرگذار است. عدم برنامه مناسب مدیریتی پیمانکار برای انجام اقدامات اصلاحی (CA)، انجام تعمیرات پیشگیرانه (PM) و همچنین عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان رسمی و قراردادی واحد بیشترین تأثیر را بر روی این ریسک دارند. هم‌راستا با نتایج ایم مطالعه، نتایج مطالعات آگرشیا، خواجوی و پریرا نشان داد سبک مدیریتی و محیط سازمان با فرآیند تولید سازمان همبستگی مثبت و معناداری (۴۱، ۴۲، ۴۳). مشخص کردن روش گزارش دهی مشخص برای عیب‌های شناسایی‌شده و دستورکارهای صادرشده برای انجام تعمیرات جزئی در واحد، بر میزان کاهش ریسک تأثیر دارد. همچنین اجرایی شدن آموزش‌های تخصصی دوره‌ای و مستمر که در پالایشگاه و یا سازمان‌های ذی‌نفع پالایشگاه برگزار می‌گردد می‌تواند بر کاهش ریسک روش‌های اجرایی سیستم‌های مدیریت تأثیر داشته باشد.

بررسی‌ها نشان داد که ریسک مرتبط با حوادث (AR) با ضریب مسیر ۰/۷۹۱ و آماره تی ۲۵/۴۱۰ بر توقف واحد شیرین‌سازی گاز تأثیر دارد. مطالعه پارک نشان داد بررسی فاکتور حوادث یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در سازمان است (۳۷). در مطالعه خواجوی نیز مشخص گردید حوادث به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم عوامل تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌تواند در موفقیت و عدم موفقیت تولید محصول نقش مهمی بازی کند (۴۲) که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا می‌باشد. از منظر کارکنان سازمان موردمطالعه، این متغیر در اولویت سوم قرار دارد. با توجه به اهمیت این متغیر و بازخورد حاصل از ریسک حوادث با توقف تولید در واحد، استهلاک تجهیزات (خرابی قطعات داخلی) کارکرد زیاد (PM) غیرضروری انجام‌نشده و خرابی و یا عدم کارکرد مناسب تجهیزات جانبی پمپ، بیشترین تأثیر را بر روی این ریسک دارند. مسئولین رده‌های مختلف بخش تعمیر و نگهداری موردمطالعه بایستی زمینه‌های لازم را برای افزایش انگیزه و رضایت از شغل ایجاد کنند.

یافته‌های پژوهش نشان داد ریسک مرتبط با زمان (TR) با ضریب مسیر ۰/۷۵۸ و آماره تی ۱۵/۱۲۱ بر روی توقف واحد تأثیر دارد. بهینه‌سازی عملکرد فرآیند به‌وسیله ارائه مدل‌های زمان‌بندی تولید به‌شدت موردتوجه صنایع پالایشگاهی است (۳۷) که با تحقیقات انجام‌شده توسط سام و چن مطابقت دارد (۳۲، ۴۵). عدم برنامه زمان‌بندی مناسب برای انجام تعمیرات دوره‌ای و عدم برنامه‌ریزی و تعامل مناسب میان واحد متد و تعمیرات برای نگهداری و اقدام اصلاحی تجهیزات بیشترین تأثیر را بر روی این ریسک دارد. در حقیقت مدیران بایستی در زمان‌های برنامه‌ریزی‌شده به ممیزی سیستم پرداخته و با تعیین افرادی به‌عنوان مسئول واحد QC، برنامه‌ای مدون برای تشکیل جلسات و اجرای برنامه‌های تعمیرات و نگهداری واحد داشته باشند.

تحلیل داده‌ها نشان داد که ریسک مرتبط با خطای انسانی (HR) با ضریب مسیر ۰/۷۱۲ و آماره تی ۱۱/۲۵ بر روی توقف واحد تأثیر دارد. اعمال ناایمن و شرایط

ناایمن درصد بالایی از علل رخداد حوادث و رویدادها می‌باشد (۳). یافته‌های این مطالعه با مطالعات صورت گرفته توسط عسکریان، نجاتی و لی سازگاری دارد (۳، ۳۳، ۲۷). خطای اپراتور اتاق کنترل و توقف اضطراری پمپ (خواندن ولتاژ مصرفی موتور، فشار لاین خروجی)، خطای نظارت ناکافی کارفرما در انجام کار نصب قطعات و خطای بازرس فنی در تأیید قطعه تعمیر شده (قطعه صحیح تعمیر نشده است) بیشترین تأثیر را بر روی این ریسک دارند؛ بنابراین، درک و آگاهی کارکنان شاخصی مهم در عملکرد درست کارکنان است؛ چراکه با درک میزان ریسک کارها، کارکنان می‌توانند روش‌های درست انجام کارها را از قبل یاد بگیرند و در حقیقت اقدامات پیشگیرانه را اعمال نمایند.

با مقایسه ضرایب مسیر، مشخص می‌گردد تأثیر هر یک از ریسک‌ها نسبت به توقف تولید با یکدیگر متفاوت است. این یافته با یافته‌های مطالعه هنسلر که بر اساس رویکرد پایداری به انتخاب راهبرد نگهداری در یک واحد تولیدی پرداخته است، هم سو می باشد (۳۷).

نتیجه گیری

در این مطالعه فاکتورها و متغیرهای مختلف در فرایند علیتی و اثرگذار بر توقف واحد شیرین‌سازی گاز ارزیابی شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که این نوع حادثه به‌عنوان یک پدیده چند علیتی ناشی از فاکتورها و متغیرهای مختلف در سطوح متفاوت است که تحلیل علیت رخداد آن به‌خوبی منعکس شده است. در سطح علل ریشه‌ای و تأثیرگذار شناسایی شده که با روش SEM تحلیل گردید، مشخص شد که عدم دسترسی به قطعه اصلی و تأثیرات سازمانی تصمیم‌گیری مدیریت در خصوص استفاده از قطعه مصرفی که مطابق با دستورالعمل وندور نمی‌باشند اولویت اول است و اولویت دوم عدم آنالیز صحیح در محاسبه میزان بودجه موردنیاز برای تعمیرات اساسی و مهم می‌باشد. اولویت سوم نیز عدم پیاده‌سازی آموزش‌های دوره‌ای و مستمر است. عدم انتخاب پیمانکار مناسب برای نگهداری و تعمیرات پمپ (PM,CM) در اولویت چهارم قرار دارد که این علل به ترتیب در احتمال رخداد حادثه توقف فرآیند شیرین‌سازی گاز تأثیر دارند. در برازش مدل ساختاری مشخص گردید تأثیر هر یک از ریسک‌ها نسبت به توقف تولید با یکدیگر متفاوت است و ریسک‌های مرتبط با متغیر محیط (دارای ضریب مسیر ۰/۹۴۳ و آماره تی ۱۰۳/۷۹۱) و ریسک مرتبط با تأمین قطعات و هزینه (دارای ضریب مسیر ۰/۹۳۷ و آماره تی ۹۵/۱۶۸)، بیشترین تأثیر را بر روی ریسک توقف واحد دارند. بر اساس یافته‌ها و نتایج ارائه‌شده و همچنین واقعیات موجود و گزارش‌شده در برخی مطالعات، محققان نتیجه‌گیری نموده‌اند که کاربرد هر یک از ابزارهای معرفی و استفاده شده و به‌ویژه تحلیل مسیر انجام‌گرفته با استفاده از رویکرد مدل یابی معادلات ساختاری برای تجزیه‌وتحلیل و مدل‌سازی، بسیار گسترده بوده و خواهد بود (۲۷)؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که با استفاده از کاربرد این نوع ابزارها و روش‌ها برای تجزیه‌وتحلیل مسائل مدیریت سیستم و همچنین طراحی و تدوین یک ساختار قوی برای جمع‌آوری و ثبت همه داده‌های مرتبط با حوادث و دیگر پیامدهای مرتبط با پالایش استحصال گاز در محیط‌های شغلی اقدام شود تا بتوان به هدف غایی ارتقاء سطح بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها در همه محیط‌های کاری و به‌ویژه صنایع و پروژه‌های نفت و گاز از طریق بررسی و تحلیل سیستماتیک ایمنی و بهداشت شغلی دست یافت.

REFERENCES

1. Shirali G, Jahani F, Shakib M, Mir I. Identification and Evaluation of Human Errors leading to incidents in a gas refineries using Human Factors Analysis and Classification System: Case study gas refinery. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2018 Jan 10;4(4):1-1. [Persian]
2. Jr LCS, Smith M, Ashcroft P. Analysis of Environmental and Economic Damages from British Petroleum's Deepwater Horizon Oil Spill. Albany Law Rev. 2011;74(1):563–85.
3. Askarian A, Tehrani MM, Sadatipour SM. Study of the

Role of Latent Variables in the Trip Gas Sweetening unit by using Human Factor Analysis and Based on Fuzzy Hierarchy Theory: aCase Study in the Gas Refinery. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2020;8(1). [Persian]

4. Khalaj M, Khalaj F, Khalaj A. A novel risk-based analysis for the production system under epistemic uncertainty. Journal of Industrial Engineering International. 2013 Dec;9(1):1-0. [Persian]
5. Psillaki M, Tsolas IE, Margaritis D. Evaluation of credit risk based on firm performance. Eur J Oper Res . 2010 Mar 16;201(3):873-81.
6. Askarian A, Mirza Ebrahim Tehrani M. Economic analysis of gas extraction refining risk response strategies by NPV method (Case study in the Gas Refinery). Journal of Industrial management. May 2;16(55):1-5. [Persian]
7. Attwood DA, Deeb JM, Danz-Reece ME. Ergonomic solutions for the process industries. Elsevier; 2004 Jan 24.
8. Aras SA, Amirhosseini Z. Identify and prioritize risks of construction projects based on fuzzy logic (Case Study: Construction project of Iranian investment and sustainable development company). Mod Appl Sci . 2016;10(12):197.
9. Chiu MC, Hsieh MC. Latent human error analysis and efficient improvement strategies by fuzzy TOPSIS in aviation maintenance tasks. Appl Ergon . 2016 May 1;54:136-47.
10. Askarian A, Mirza Ebrahim Tehrani M, Sadatipour S M T, Jozi S A, Marandi R. Evaluation of the Pause of Production and the Parameters Affecting it in the Gas Refinery Using Fishbone and SCAT Combined Method. ohhp. 2022; 5 (4):319-334. [Persian]
11. Oberkampf WL, DeLand SM, Rutherford BM, Diegert KV, Alvin KF. Error and uncertainty in modeling and simulation. Reliab Eng Syst Saf . 2002 Mar 1;75(3):333-57.
12. Zou PX, Zhang G, Wang J. Understanding the key risks in construction projects in China. International journal of project management. 2007 Aug 1;25(6):601-14.
13. Chopra S, Sodhi MS. Supply-chain breakdown. MIT Sloan management review. 2004;46(1):53-61.
14. Hillson D. Using a risk breakdown structure in project management. Journal of Facilities management. 2003.
15. Choi YS, Chung JH. Multilevel and multivariate structural equation models for activity participation and travel behavior. Journal of Korean Society of Transportation. 2003;21(4):145-54.
16. Xie G, Yue W, Wang S, Lai KK. Dynamic risk management in petroleum project investment based on a variable precision rough set model. Technological Forecasting and Soc Change. 2010 Jul 1;77(6):891-901.
17. Dey PK. Managing project risk using combined analytic hierarchy process and risk map. Appl Soft Comput. 2010 Sep 1;10(4):990-1000.
18. Fouladgar MM, Yazdani-Chamzini A, Lashgari A, Zavadskas EK, Turskis Z. Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment. International journal of strategic property management. 2012 Mar 1;16(1):85-104.
19. Khodeir LM, Mohamed AH. Identifying the latest risk probabilities affecting construction projects in Egypt according to political and economic variables. From January 2011 to January 2013. HBRC journal. 2015 Apr 1;11(1):129-35.
20. Zaman U, Nawaz S, Tariq S, Humayoun AA. Linking transformational leadership and "multi-dimensions" of project success: Moderating effects of project flexibility and project visibility using PLS-SEM. International Journal of Managing Projects in Business. 2019 May 6.
21. Hamdar SH, Mahmassani HS, Chen RB. Aggressiveness propensity index for driving behavior at signalized intersections. Accident Analysis & Prevention. 2008 Jan 1;40(1):315-26.
22. Askarian A, Jafari MJ, Omidi L, Lavasani MR, Taghavi L, Ashori A. Hazard identification and risk assessment in two gas refinery units. Health Scope. 2018 Feb 1;7(1):e68252.
23. Vinzi VE, Trinchera L, Amato S. PLS path modeling: from foundations to recent developments and open issues for model assessment and improvement. In Handbook of partial least squares 2010 (pp. 47-82).
24. Wu WW. Linking Bayesian networks and PLS path modeling for causal analysis. Expert Syst Appl . 2010 Jan 1;37(1):134-9.
25. Hanafizadeh P, Zare Roasan A. Method of analyzing multilevel structures using smartpls software. Tehran: Termeh Publications. 2012.
26. Hair JF, Ringle CM, Sarstedt M. PLS-SEM: Indeed a silver bullet. Journal of Marketing theory and Practice. 2011

Apr 1;19(2):139-52.
27. Zarei E, Khan F, Abbassi R. Importance of human reliability in process operation: a critical analysis. Reliab Eng Syst Saf . 2021 Jul 1;211:107607. [Persian]
28. Lee JY, Min HK, Moon MH. Simultaneous profiling of lysophospholipids and phospholipids from human plasma by nanoflow liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Anal Bioanal Chem. 2011 Jul;400(9):2953-61.
29. Zadeh LA, Klir GJ, Yuan B. Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers. World Scientific. 1996.
30. Lavasani SM, Yang Z, Finlay J, Wang J. Fuzzy risk assessment of oil and gas offshore wells. Process Safety and Environmental Protection. 2011 Sep 1;89(5):277-94.
31. Onisawa T. An application of fuzzy concepts to modelling of reliability analysis. Fuzzy Sets Syst. 1990 Sep 28;37(3):267-86.
32. Arshadi N, Damiri H. The relationship of job stress with turnover intention and job performance: Moderating role of OBSE. Procedia Soc Behav Sci. 2013 Jul 9;84:706-10. [Persian]
33. Sam M, Jojith R, Radhika N. Progression in manufacturing of functionally graded materials and impact of thermal treatment—A critical review. J Manuf Process. 2021 Aug 1;68:1339-77.
34. Nejati M, Rabiei S, Jabbour CJ. Envisioning the invisible: Understanding the synergy between green human resource management and green supply chain management in manufacturing firms in Iran in light of the moderating effect of employees' resistance to change. J Clean Prod . 2017 Dec 1;168:163-72. [Persian]
35. Hulland J. Use of partial least squares (PLS) in strategic management research: A review of four recent studies. Strateg Manag J . 1999 Feb;20(2):195-204.
36. Park J, Moore JE, Gordon P, Richardson HW. A new approach to quantifying the impact of hurricane-disrupted oil refinery operations utilizing secondary data. Group Decis Negot. 2017 Nov;26(6):1125-44.
37. Fornell C, Larcker DF. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal of marketing research. 1981 Feb;18(1):39-50.
38. Henseler J, Ringle CM, Sinkovics RR. The use of partial least squares path modeling in international marketing. In New challenges to international marketing 2009 Mar 6.
39. Kassem MA, Khoiry MA, Hamzah N. Structural modelling of internal risk factors for oil and gas construction projects. International Journal of Energy Sector Management. 2020 Apr 1.
40. Addi H, Mateo-Ramírez F, Ortiz-Martínez VM, Salar-García MJ, Hernández-Fernández FJ, Pérez de los Ríos A, Godínez C, Lotfi EM, El Mahi M, Blanco LJ. Treatment of mineral oil refinery wastewater in microbial fuel cells using ionic liquid based separators. Applied Sciences. 2018 Mar;8(3):438.
41. Delic M, Eyers DR. The effect of additive manufacturing adoption on supply chain flexibility and performance: An empirical analysis from the automotive industry. Int J Prod Econ. 2020 Oct 1;228:107689.
42. Igarashi Y, Sato A, Okumura H, Nakatsubo F, Yano H. Manufacturing process centered on dry-pulp direct kneading method opens a door for commercialization of cellulose nanofiber reinforced composites. Chemical Engineering Journal. 2018 Dec 15;354:563-8.
43. Khajavi S, Ebrahimi Ghavam Abadi L. Study of relationship between occupational accidents risk perception Of gas stations workers in Ahvaz City with the HSE management performance in fueling stations in 2016. Iran Occupational Health 2018; 15 (1) :34-46. [Persian]
44. Pereira E, Ahn S, Han S, Abourizk S. Finding causal paths between safety management system factors and accident precursors. Journal of Management in Engineering. 2020 Mar 1;36(2):04019049.
45. Chen YQ, Zhang YB, Liu JY, Mo P. Interrelationships among critical success factors of construction projects based on the structural equation model. Journal of management in engineering. 2012 Jul 1;28(3):243-51.