Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 8, Issue 1, Spring 2021, Pages: 37-45

Original Article

doi: 10.29252/johe.8.1.37

Identification and Prioritization of the Criteria Affecting the Performance of the Permit-to-Work System in an Oil Refinery using a Fuzzy Delphi Method and Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Seyed Mahdi Mousavi[1], Ali Karimi[2,*], Seyed Abolfazl Zakerian[3], Mahsa Jahadi Naeni[4]

[1] *MSc of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[2] *Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3] *Professor, Department Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[4] *MSc of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Ali Karimi, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: a_karimi@sina.tums.ac.ir*

Received: 17/07/2020
Accepted: 11/01/2021

How to Cite this Article:
Mousavi S, Karimi A, Zakerian S, Jahadi Naeni M. Identification and Prioritization of the Criteria Affecting the Performance of the Permit-to-Work System in an Oil Refinery using a Fuzzy Delphi Method and Fuzzy Analytical Hierarchy Process. J Occup Hyg Eng. 2021; 8(1): 37-45. DOI: 10.29252/johe.8.1.37

Abstract

Background and Objective: Permit-to-work system is a formal, documented, and written system aiming at controlling the risk of occupations that are considered potentially dangerous. This study aimed to identify and prioritize the criteria affecting the performance of the permit-to-work system in an oil refinery.

Materials and Methods: The present study was designed and implemented in three steps. In the first step, the primary research criteria were identified after reviewing previous studies and conducting interviews with experts. In the second step, the Fuzzy Delphi method was used to determine the final criteria after obtaining the opinions of 25 experts regarding the primary criteria. Finally, the fuzzy hierarchical analysis method was utilized to weigh and prioritize the identified criteria.

Results: The result of the Fuzzy Delphi method showed that six criteria affected the performance of the permit-to-work system. These criteria included the hazard identification and risk assessment, training and competence of individuals, preventive actions, communication, responsibility, and coordination. The prioritization of these criteria using fuzzy hierarchical analysis showed that responsibility (final weight 0.191), as well as coordination and communication (final weight 0.134) obtained the highest and lowest importance among the identified criteria, respectively.

Conclusion: In this study, a model of decision-making based on Delphi methods and fuzzy hierarchical analysis was introduced to identify the factors affecting the performance of the permit-to-work system in an oil refinery.

Keywords: Delphi Fuzzy; Fuzzy Analytical Hierarchy Process; Oil Refinery; Permit to Work System

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

Copyright © 2021 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی
doi: 10.29252/johe.8.1.37

شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار با استفاده از روش دلفی و روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) در یک پالایشگاه نفت

سید مهدی موسوی[۱]، علی کریمی[۲،*]، سید ابوالفضل ذاکریان[۳]، مهسا جهادی نائینی[۴]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] دانشیار مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳] استاد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۴] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

* **نویسنده مسئول:** علی کریمی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
ایمیل: a_karimi@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۲۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۲

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: سیستم مجوز کار یک سیستم رسمی، مستند و مکتوب می‌باشد که هدف اصلی آن کنترل خطر مشاغلی است که بالقوه خطرناک در نظر گرفته می‌شوند. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار در یک پالایشگاه نفت انجام شد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر در سه گام طراحی و اجرا شد. در گام اول با بررسی مطالعات گذشته و انجام مصاحبه با خبرگان، معیارهای اولیه پژوهش مشخص شدند. در گام دوم به منظور تعیین معیارهای نهایی، نظر ۲۵ خبره در خصوص معیارهای اولیه با استفاده از روش دلفی فازی جمع‌آوری و تجمیع گردید. در نهایت به منظور وزن‌دهی و الویت‌بندی معیارهای شناسایی شده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج دلفی فازی نشان دادند که شش معیار شناسایی خطر و ارزیابی ریسک، آموزش و صلاحیت افراد، اقدامات پیشگیرانه، ارتباطات، مسئولیت‌پذیری و هماهنگی، معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار می‌باشند. اولویت‌بندی معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی نشان داد که معیار مسئولیت‌پذیری (وزن نهایی ۰/۱۹۱) و معیار هماهنگی و ارتباطات (وزن نهایی ۰/۱۳۴) دارای بیشترین و کمترین اهمیت در بین معیارهای شناسایی می‌باشند.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه الگویی از تصمیم‌گیری براساس روش‌های دلفی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی جهت شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار در یک پالایشگاه نفت معرفی گردید.

واژگان کلیدی: پالایشگاه نفت؛ تحلیل سلسله‌مراتبی فازی؛ سیستم مجوز کار؛ دلفی فازی

مقدمه

حوادثی که هر ساله در صنایع فرایندی مانند پالایشگاه‌های نفت و گاز، پتروشیمی و دیگر صنایع مشابه رخ می‌دهند، افزون بر تهدید جان افراد و کارکنان شاغل در این صنایع باعث ایجاد میلیاردها دلار خسارت مالی و آسیب به محیط زیست می‌شوند [۱]. انفجار در پالایشگاه نفت تگزاس آمریکا، انفجار در پالایشگاه آموی ونزولا و همچنین انفجار سکوی نفتی آلفا پایپر، نمونه‌هایی از حوادث فاجعه‌بار درصنایع فرایندی می‌باشند که طی سال‌های اخیر در کشورهای مختلف جهان رخ داده‌اند [۲-۴]. در داخل کشور نیز طی سال‌های اخیر، حوادث فرایندی متعددی رخ داده است که در این راستا می‌توان به انفجار در پتروشیمی بندر ماهشهر، انفجار در مخزن شیمیایی شازند اراک و همچنین وقوع انفجار در پتروشیمی بوعلی سینا اشاره کرد [۵].

با توجه به اهمیت پیشگیری از وقوع دوباره حوادث، کارشناسان و پژوهشگران در حیطه ایمنی به واکاوی و بررسی چرایی وقوع حوادث در صنایع فرایندی پرداخته‌اند [۶،۷]. نتایج تحقیقات اسکات آشکار کرد که وقوع حوادث در صنایع فرایندی با انجام عملیات تعمیرات اساسی و وقوع نقص در سیستم مجوز کار هنگام انجام این فعالیت ارتباط دارد؛ به گونه‌ای که علت ۲۰ درصد از حوادث رخداده در این صنایع با نقص در سیستم مجوز کار مرتبط می‌باشد [۸]. بررسی متون نشان می‌دهد که عمده

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]
[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

حوادث رخداده در صنایع فرایندی با فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در ارتباط بوده و یکی از دلایل اصلی آن، نقص یا نبود سیستم مجوز کار می‌باشد [۹].

سیستم مجوز کار یک سیستم رسمی و مستند برای کنترل فعالیت‌هایی است که به طور بالقوه خطرناک محسوب می‌شوند. این سیستم بخشی از برنامه مدیریت ایمنی فرایند برای شناسایی، ارزیابی و کنترل خطرات وظایف غیر معمول می‌باشد که به طور بالقوه خطرناک در نظر گرفته می‌شوند. این سیستم همانند سایر سیستم‌ها از اجزایی تشکیل شده است که هدف نهایی آن ایجاد یک محیط ایمن برای انجام کار می‌باشد [۱۰، ۱۱].

برای اطلاع از نحوه عملکرد و کارایی یک سیستم در راستای رسیدن به یک هدف خاص، آن سیستم باید به صورت دوره‌ای مورد پایش و ارزیابی قرار گیرد که سیستم مجوز کار نیز از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. شناخت اجزای یک سیستم می‌تواند کمک شایانی به ارزیابی عملکرد کل سیستم کند؛ از این رو اتخاذ یک رویکرد به منظور شناسایی اجزای یک سیستم، امری ضروری به نظر می‌رسد [۱۲].

در پژوهش‌های کیفی که جنبه اکتشافی داشته و شناسایی ماهیت و عناصر بنیادین یک پدیده، محور مطالعه می‌باشد، می‌توان از روش دلفی استفاده کرد. روش دلفی فرایندی ساختارمند جهت گردآوری اطلاعات طی راندهای متوالی و در نهایت اجماع گروهی می‌باشد [۱۳]. هدف اصلی این روش، اجماع گروهی از نظرات خبرگان به واسطه برخی از پرسشنامه‌های متمرکز همراه با بازخورد کنترل شده می‌باشد. با کسب اجماع گروهی از خبرگان به وسیله این فرایند، پژوهشگران می‌توانند عوامل را شناسایی نموده و چهارچوبی را برای تشخیص آن‌ها گسترش دهند [۱۴]. در این روش به دلیل اینکه تصمیمات اتخاذ شده توسط خبرگان به شدت ذهنی می‌باشد، توصیه شده است که به جای استفاده از اعداد قطعی از اعداد فازی به منظور جمع‌آوری نظرات خبرگان استفاده گردد [۱۵]. باید خاطرنشان ساخت که در مطالعات گذشته از روش دلفی برای شناسایی راه کارهای کنترلی مواجهه با استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی، شناسایی معیارهای انتخاب راه‌کار کنترل صدا در پالایشگاه نفت و شناسایی معیارهای کارساز در راستای ارزیابی مدیریت بحران استفاده شده است که این مهم نشان‌دهنده مقبولیت این روش در حیطه‌های مختلف ایمنی و بهداشت حرفه‌ای می‌باشد [۱۶- ۱۸].

بدون تردید، اهمیت تمامی معیارهای شناسایی شده با استفاده از روش دلفی با یکدیگر برابر نیستند. در چنین مواقعی، استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای تعیین میزان اهمیت و وزن معیارهای موجود می‌تواند سودمند باشد [۱۹]. در بین مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی مرسوم‌تر می‌باشد. در این روش تصمیم‌گیرندگان اغلب به دلیل طبیعت فازی و عدم قطعیت مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظر خود را درباره برتری‌ها اعلام کنند؛ به همین دلیل استفاده از منطق فازی در روش تحلیل سلسله‌مراتبی شکل گرفت [۲۰]. در روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی از خبرگان خواسته می‌شود عناصر هر سطح را نسبت به یکدیگر مقایسه کنند و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی بیان نمایند. تاکنون در مطالعات بسیاری از روش FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) به منظور اولویت‌بندی معیارها استفاده‌شده است. اصغری در سال ۱۳۹۵ به منظور الویت‌بندی معیارهای مؤثر در انتخاب یک شاخص حرارتی، مرادی راد در سال ۱۳۹۶ جهت اولویت‌بندی راه کارهای کنترل صدا در واحد تقطیر یک پالایشگاه نفت و جهانگیری در سال ۱۳۹۷ به منظور اولویت‌بندی روش‌های کنترل مواجهه پوستی با مواد شیمیایی از روش FAHP استفاده کردند [۲۱،۱۶، ۲۲].

به منظور ارتقای عملکرد سیستم مجوز کار در ایجاد محیط یا شرایط ایمن، شناسایی عوامل مؤثر احتمالی تأثیرگذار بر عملکرد سیستم مجوز کار امری ضروری به نظر می‌رسد. همچنین دانستن ضریب اهمیت یا وزن هریک از این معیارها به منظور شناسایی بهتر عوامل تأثیرگذار بر سیستم مجوز کار ضروری می‌باشد. با توجه به مطالب بیان شده، مطالعه حاضر با هدف شناسایی و الویت‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار با به کارگیری روش دلفی فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی در یک پالایشگاه نفت انجام شد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی بوده و در سال ۱۳۹۸ در یک پالایشگاه نفت در جنوب ایران انجام شده است. در آغاز مطالعه با بررسی متون و مقایسه بر نامه و دستورالعمل‌های صدور مجوز کار در شرکت‌های مختلف داخلی زیرمجموعه وزارت نفت (شرکت ملی نفت ایران، شرکت پالایش پخش شرکت ملی و گاز ایران، شرکت‌های پتروشیمی)، شرکت‌های مختلف خارجی در این زمینه HSE (Health and Executive Safety)، TOTAL ، OGP (International Association of Oil & Gas Producers)، SHELL (Royal Dutch Shell)، شرکت نفت عمان) و همچنین انجام مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و صنعتی آشنا با سیستم مجوز کار در پالایشگاه نفت، ۱۰ معیار نخستین به عنوان عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار در نظر گرفته شدند.

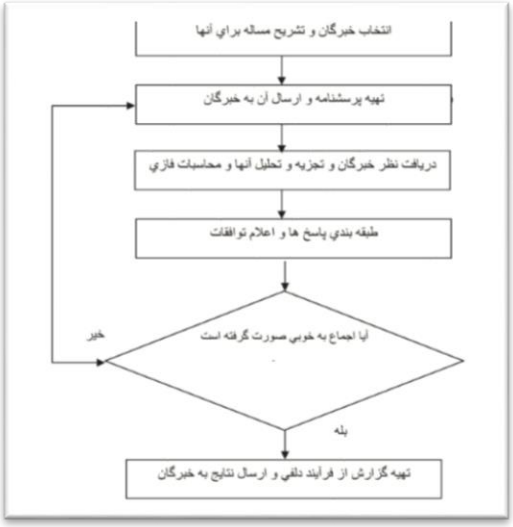
روش دلفی فازی

در گام اول تیمی متشکل از ۲۵ نفر خبره تشکیل شد و هدف از انجام مطالعه و اهمیت موضوع برای آن‌ها تشریح گردید. تیم

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

خبرگان در این مطالعه شامل خبرگان دانشگاهی و صنعتی بود. خبرگان دانشگاهی از میان اساتید و دانشجویان مقطع دکتری بهداشت حرفه‌ای با سابقه پژوهش در حیطه ایمنی و آشنا با سیستم مجوز کار انتخاب شدند. خبرگان صنعتی نیز از میان کارشناسان اداره ایمنی، کارمندان ارشد، کارمندان اتاق کنترل و رئیس واحدهای عملیاتی دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کار که دارای صلاحیت صدور و نظارت بر روند اجرای سیستم مجوز کار در پالایشگاه نفت بودند، انتخاب شدند. با استفاده از روش دلفی فازی، نظرات خبرگان در خصوص معیارهای مشخص شده تجمیع گردید تا معیارهای پایانی مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار شناسایی شوند. به‌کارگیری روش دلفی به منظور تصمیم‌گیری و اجماع نظرات بر مسائلی که اهداف و پارامترها به صورت واضح مشخص نیستند، بسیار مفید می‌باشد. مراحل اجرای روش دلفی فازی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: مراحل اجرای روش دلفی فازی

در گام نخست، پرسشنامه‌ای بدون نام و نشان برای ۲۵ خبره ارسال گردید و از آن‌ها خواسته شد به منظور تعیین مرتبط بودن عوامل اولیه شناسایی شده با موضوع اصلی پژوهش و غربالگری آن‌ها، میزان اهمیت هر عامل را با استفاده از متغیرهای زبانی نشان داده شده در جدول ۱ نشان دهند.

جدول ۱: عبارت زبانی به کار رفته در روش دلفی فازی و طیف اهمیت آن‌ها

عبارت زبانی	امتیاز طیف اهمیت
بسیار کم	۱
کم	۲
متوسط	۳
زیاد	۴
بسیار زیاد	۵

به منظور تجمیع نظر خبرگان از روابط ریاضی حاکم بر اعداد فازی استفاده گردید. فرض بر این است که عبارت زبانی معیار j از نگاه خبره شماره i از میان n خبره، Wij= [aij, bij, cij] است که مقدار j برابر با j= 1, 2,3, …m و میزان i برابر با i= 1,2,3,…m می‌باشد. بدین‌ترتیب، ارزش فازی معیار j از رابطه زیر محاسبه می‌گردد که برابر با Wj= [aj, bj, cj] است.

$$aj= \min \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$bj=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} bj \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$cj=\max \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در ادامه به منظور دیفازی کردن از رابطه ۴ استفاده گردید.

$$Sj=\frac{aj+bj+cj}{3} \quad i=1,2,,,\ldots m \quad \text{(رابطه ۴)}$$

در این مطالعه شرط اجماع یا توافق خبرگان زمانی محقق گردید که ۷۰ درصد از خبرگان جواب یکسانی به یکی از گزینه‌های پاسخ برای هر معیار دادند.

روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

پس از مشخص شدن معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن هریک از معیارها تعیین گردید. نخست مسئله مورد نظر به صورت تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی انجام شد. همچنین برای انجام مقایسات زوجی از عبارت‌های کلامی توصیه شده توسط آقای ساعتی استفاده گردید [۱۶]. در ادامه، پرسشنامه‌ای بدون نام در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد معیارها را با استفاده از عبارت‌های زبانی دو به دو با یکدیگر مقایسه کنند. برای تبدیل عبارت‌های زبانی به اعداد فازی از جدول ۲ استفاده گردید.

پس از تکمیل شدن پرسشنامه‌های مقایسات زوجی، به منظور ترکیب نظرات خبرگان از روش میانگین‌گیری هندسی و رابطه ۵ استفاده شد. در این رابطه، K معرف تعداد خبرگان شرکت‌کننده در مطالعه می‌باشد. خروجی این رابطه، ایجاد یک

جدول ۲: تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد فازی

درجه اهمیت	درجه اهمیت واژه زبانی	اعداد فازی	معکوس فازی
۱	برابر	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)
۲	برتری بسیار کم	(۱،۲،۳)	(۰/۳۳،۰/۵،۱)
۳	کمی برتر	(۲،۳،۴)	(۰/۲۵،۰/۳۳،۰/۵)
۴	خوب	(۴،۵،۶)	(۰/۱۶،۰/۲،۰/۲۵)
۵	نسبتاً خوب	(۵،۶،۷)	(۰/۱۴،۰/۱۶،۰/۲)
۶	بسیار خوب	(۶،۷،۸)	(۰/۱۲،۰/۰،۱۴/۱۶)
۷	عالی	(۷،۸،۹)	(۰/۱۱،۰/۱۲،۰/۱۴)
۸	برتری مطلق	(۸،۹،۱۰)	(۰/۱،۰/۱۱،۰/۱۲)

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]
[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

رابطه (۵) $a_{ij} = [\prod_{k=1}^{k} \tilde{a}_{ijk}]^{\frac{1}{k}} \quad k = 1.2 \dots . k$

ماتریس مقایسه است که برآیند قضاوت‌های خبرگان می‌باشد.

در ادامه، ماتریس مقایسات زوجی با به‌کارگیری اعداد فازی تشکیل شده و مقدار Si محاسبه می‌گردد. Si که خود یک عدد فازی مثلثی است، با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

رابطه (۶) $S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=l}^{n} \sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$

در این رابطه، i بیانگر شماره سطر بوده و j نشان‌دهنده شماره ستون است. M_{gi}^{j} در این رابطه، اعداد فازی ماتریس‌های زوجی می‌باشد.

مقادیر $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$، $\sum_{i=l}^{n} \sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\left[\sum_{i=l}^{n} \sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$

بر اساس روابط ریاضی شماره ۷ تا ۹تعیین شدند.

رابطه (۷) $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j . \sum_{j=1}^{m} m_j . \sum_{j=1}^{m} u_j\right)$

رابطه (۸) $\sum_{i=l}^{n} \sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_j . \sum_{j=1}^{n} m_j . \sum_{j=1}^{n} u_j\right)$

رابطه (۹) $\left[\sum_{i=l}^{n} \sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} . \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} . \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$

در ادامه، هرکدام از سطرهای مقایسات زوجی و درجه بزرگی آن نسبت به یکدیگر با استفاده از رابطه ۱۰ محاسبه گردید.

رابطه (۱۰)
$$V[M_2 \geq M_1] = hgt[M_1 \cap M_2] = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & if\ m2 \geq m1 \\ 0 & if\ l1 \geq u2 \\ \frac{l1-u2}{(M_2-u2)-(m1-l1)} & other\ wise \end{cases}$$

در نهایت برای اطمینان از قابل اعتماد بودن نتایج به دست آمده با استفاده از روش گوگوس و بوچر (Gogus and Boucher)، نرخ ناسازگاری هر ماتریس از طریق تقسیم شاخص سازگاری (CI: Compatibility index) بر شاخص تصادفی محاسبه گردید [۱۶]. حاصل نرخ ناسازگاری تمام ماتریس‌ها کمتر از ۰/۱ محاسبه گردید؛ بنابراین نتایج قابل اعتماد تلقی شدند. در این مطالعه به منظور انجام محاسبات روش دلفی فازی از نرم‌افزار Excel 2019 و برای محاسبات روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی از نرم‌افزار MATLAB 2018a استفاده گردید.

نتایج

در این مطالعه از ۲۵ خبره به منظور انجام روش دلفی فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده گردید. میانگین سنی خبرگان ۵±۳۷/۸ و سابقه کار آن‌ها ۱۲/۲۶±۳/۲ سال بود. سایر مشخصات دموگرافیک افراد خبره در جدول ۳ نمایش داده شده است.

براساس خروجی روش دلفی فازی، شش معیار شناسایی خطر و ارزیابی ریسک، مسئولیت‌پذیری، هماهنگی و ارتباطات، آموزش و صلاحیت افراد، وضوح و شفافیت و اقدامات پیشگیرانه با کسب اجماع بالای ۷۰ درصد به عنوان معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار شناسایی شدند. در جدول ۴ نتایج روش دلفی فازی و در جدول ۵ معیارهای شناسایی شده و نحوه ارتباط آن‌ها با عملکرد سیستم مجوز کار به تفکیک ارائه شده‌اند.

نتایج حاصل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در جدول ۶ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، معیار مسئولیت‌پذیری با امتیاز نهایی ۰/۱۹۵ دارای بیشترین وزن بوده و پس از آن معیار شناسایی خطر ارزیابی ریسک با وزن نهایی ۰/۱۷۷ در رتبه دوم قرار دارد. همچنین معیار وضوح و شفافیت با امتیاز ۰/۱۴۰ دارای کمترین وزن در بین معیارهای مؤثر در عملکرد سیستم مجوز کار می‌باشد.

جدول ۳: مشخصات دموگرافیک خبرگان حاضر در مطالعه

متغیر		انحراف معیار±میانگین (درصد)
سن		۵±۳۷/۸
سابقه کار		۱۲/۳±۲۶/۲
مدرک تحصیلی	کارشناسی	۴۸
	ارشد	۳۲
	دکتری	۲۰
شغل	هیأت علمی	۲۰
	افسر ایمنی	۲۴
	رئیس نوبتکاری	۸
	کارمند ارشد	۲۴
	رئیس واحد	۴
	کارمند اتاق کنترل	۲۰

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

جدول ۴: خروجی روش دلفی فازی

ردیف	نام معیار	طیف اهمیت					تجمیع مقدار فازی			مقدار دی‌فازی شده	درصد اجماع	وضعیت
		بسیار کم (۱)	کم (۲)	متوسط (۳)	زیاد (۴)	بسیار زیاد (۵)	L	M	U			
۱	شناسایی خطر و ارزیابی ریسک	-	-	-	۲۲	۳	۴	۴/۱۲	۵	۴/۳۱	۰/۸۸	پذیرش
۲	اقدامات پیشگیرانه	-	-	۴	۱۸	۳	۴	۳/۹۶	۵	۴/۲۳	۰/۷۲	پذیرش
۳	تمدید شیفت	۲	۵	۳	۱۲	۳	۱	۳/۳۶	۵	۳/۱۸	۰/۴۸	رد
۴	پایش سیستم مجوز کار	-	۳	۲	۱۶	۴	۲	۳/۸۴	۵	۳/۶۷	۰/۶۴	رد
۵	آموزش و صلاحیت افراد	-	۳	۴	۱۸	۲	۲	۴	۴	۳/۵	۰/۷۲	پذیرش
۶	مسئولیت‌پذیری	-	-	-	۲۳	۲	۴	۴/۰۸	۵	۴/۲۹	۰/۹۲	پذیرش
۷	مدت اعتبار مجوز کار	۱	۲	۶	۱۴	۲	۱	۳/۵۶	۵	۳/۲۸	۰/۵۶	رد
۸	وضوح و شفافیت	-	-	۳	۱۹	۳	۳	۳/۲۴	۴	۳/۳۷	۰/۷۶	پذیرش
۹	هماهنگی و ارتباطات	-	-	۳	۲۰	۳	۳	۳/۳۶	۵	۳/۶۸	۰/۸	پذیرش
۱۰	برگشت مجوز کار	۴	۱	۱۰	۵	۵	۱	۲/۸	۵	۲/۹	۰/۴	رد

جدول ۵: معیارهای شناسایی شده براساس روش دلفی و اهمیت آن‌ها در سیستم مجوز کار

ردیف	معیار	اهمیت معیار در سیستم مجوز کار
۱	شناسایی خطر و ارزیابی ریسک	یکی از عناصر حیاتی هنگام آماده کردن یک مجوز کار، ارزیابی خطرات بالقوه‌ای است که در هنگام کار اتفاق می‌افتد. این ارزیابی می‌بایست توسط مسئول صدور مجوز کار انجام شود.
۲	اقدامات پیشگیرانه	مجموعه‌ای از اقدامات پیشنهادی، کنترل قبل از صدور مجوز کار می‌باشند که براساس خطرات شناسایی شده و ارزیابی ریسک آن‌ها تعریف گردیده و در برگه سیستم مجوز کار درج شده‌اند.
۳	مسئولیت‌پذیری	عملکرد و میزان اثربخشی یک سیستم به میزان مسئولیت‌پذیری اعضای سیستم بستگی دارد.
۴	هماهنگی و ارتباط	به دلیل کثرت افرادی که در این سیستم نقش دارند و یا سایر کسانی که به گونه‌ای با این سیستم مداخله می‌نمایند، هماهنگی و ارتباطات نقش مهمی را در این سیستم ایفا می‌کند.
۵	آموزش و صلاحیت افراد	عملکرد و اثربخشی سیستم به میزان دقت و مهارت اعضای تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد.
۶	وضوح و شفافیت	در سیستم مجوز کار باید تلاش‌ها به نحوی صورت گیرد که فرم‌های مجوز کار برای تمامی افرادی که با این سیستم در ارتباط هستند، قابل درک و فهم باشد.

جدول ۶: نتایج روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و اولویت‌بندی معیارها براساس وزن نهایی

ردیف	نام معیار	وزن نرمال نشده	وزن نرمال	رتبه براساس میزان وزن نرمال
۱	شناسایی خطر و ارزیابی ریسک	۰/۹۱	۰/۱۷۷	۲
۲	اقدامات پیشگیرانه	۰/۷۹	۰/۱۵۴	۵
۳	مسئولیت‌پذیری	۱	۰/۱۹۵	۱
۴	آموزش و صلاحیت افراد	۰/۸۲	۰/۱۶۰	۴
۵	وضوح و شفافیت	۰/۷۲	۰/۱۴۰	۶
۶	هماهنگی و ارتباطات	۰/۸۸	۰/۱۷۱	۳

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

بحث

در مطالعه حاضر به شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در عملکرد سیستم مجوز کار در یک پالایشگاه نفت اقدام گردید. پس از تعیین معیارهای اولیه با استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای نهایی شناسایی شدند. برای اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده گردید. نتایج روش دلفی فازی نشان دادند که شش معیار شناسایی خطر و ارزیابی ریسک، اقدامات پیشگیرانه، مسئولیت‌پذیری، هماهنگی، آموزش و صلاحیت افراد و وضوح و شفافیت، معیارهای نهایی مؤثر در عملکرد سیستم مجوز کار می‌باشند.

در مطالعات متعددی که به بررسی وضعیت عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع مختلف پرداخته‌اند، به نقش معیار شناسایی خطر و ارزیابی ریسک در این سیستم اشاره شده است. Kamarizan با تحلیل و بررسی حوادث فرایندی رخداده طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، ارتباط سیستم مجوز کار با حوادث رخداده در صنایع فرایندی را مورد بررسی قرار داد و بیان کرد که انجام نشدن ارزیابی ریسک به عنوان یکی از مهم‌ترین دلیل نقص سیستم مجوز کار و رخ دادن حوادث در این صنایع می‌باشد [۱۰]. نتایج پژوهش Frank Less نیز نشان دادند که حدود ۳۰ درصد از سیستم‌های صدور مجوز کاری بررسی شده در صنایع شیمیایی، دارای نقص و مشکلاتی در زمینه شناسایی خطرات در فرم مجوز کار و آموزش افراد می‌باشند [۲۳]. میردریکوند و همکاران نیز با استفاده از چک‌لیست‌های ممیزی معرفی شده توسط HSE-UK و SHELL به ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در یک سکوی نفتی پرداختند و گزارش نمودند که انجام نشدن ارزیابی ریسک به عنوان یک عدم انطباق مهم در سیستم صدور مجوز کار در سکوی نفتی مطرح می‌باشد [۲۴]. در این مطالعه نیز معیار شناسایی خطر و ارزیابی ریسک با وزن نهایی ۰/۱۷۷، پس از معیار مسئولیت‌پذیری در رتبه دوم مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار قرار داشت. اولویت معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داد که معیار مسئولیت‌پذیری با وزن نهایی ۰/۱۹۵ به عنوان مهم‌ترین معیار مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار در مطالعه حاضر می‌باشد. دلیل احتمالی تقدم داشتن مسئولیت‌پذیری بر شناسایی خطر و ارزیابی ریسک براساس نظر خبرگان این است که براساس دستورالعمل موجود در خصوص صدور مجوز کار، شناسایی خطر و ارزیابی ریسک می‌بایست در محل انجام کار صورت گیرد؛ اما به دلیل مسئولیت‌پذیری کم و سهل‌انگاری‌ها، بازدید از محل به درستی انجام نمی‌شود. دلیل این مسئولیت‌پذیری کم و سهل‌انگاری ها می‌تواند ناشی از ناکافی بودن آموزش‌ها و صلاحیت افراد درگیر در سیستم مجوز کار باشد. در این راستا، قهرمانی در مطالعه خود به ممیزی سیستم مجوز کار یک شرکت بهره‌برداری نفت و گاز پرداخت و گزارش نمود که یکی از عدم انطباقات مهم در سیستم مجوز کار، عدم آموزش و صلاحیت افراد صادرکننده مجوز کار است [۲۵].

عتابی و همکاران نیز در پژوهش خود نشان دادند که علیرغم وجود سیستم صدور مجوز کار جهت کنترل فعالیت‌های غیر روزمره، آمار بالای حوادث در زمان انجام این فعالیت‌ها نشان‌دهنده عدم کفایت این سیستم در پیشگیری از حوادث می‌باشد. بخش اصلی ناکارآمدی سیستم مجوز کار مربوط به وقوع خطای انسانی در این سیستم است [۲۶]. نتایج دلفی فازی در این مطالعه حاکی از آن بودند که معیار آموزش و صلاحیت افراد به عنوان یکی از معیارهای مؤثر بر عملکرد صحیح سیستم مجوز کار می‌باشد. آموزش افراد می‌تواند منجر به کاهش وقوع خطای انسانی در این سیستم شود. در این راستا، در مطالعه جهانگیری و همکاران به لزوم وجود روشی با رویکرد مهندسی در ارزیابی خطای انسانی که ممکن است در فرایند صدور مجوز کاری رخ داده و کارایی سیستم را کاهش دهد، تأکید شده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۷].

هماهنگی و ارتباطات به عنوان یک معیار مؤثر در عملکرد سیستم مجوز کار میان افرادی است که به نحوی در این سیستم درگیر می‌باشند. اهمیت این معیار، ارتباط مؤثر میان افراد به لحاظ جلوگیری از ایجاد تداخل، موازی‌کاری و یا نادیده گرفتن الزامات می‌باشد[۲۸]. در این راستا، نتایج مطالعه صفدری و همکاران که در واحدهای ستادی شرکت ملی گاز ایران انجام شد، نشان دادند که بین عملکرد سازمان و ارتباطات اثربخش، ارتباط معناداری وجود دارد که نشان‌دهنده اهمیت و تأثیر معیار ارتباطات بر عملکرد سازمان می‌باشد [۲۹]. قهرمانی نیز در مطالعه خود دلیل اصلی عدم انطباق در اجرای سیستم مجوز کار در یک شرکت بهره‌برداری نفت و گاز را عدم وجود روشی برای ارزیابی کل عوامل و معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار همچون هماهنگی، پایش، آموزش و صلاحیت کارکنان دانست و پیشنهاد کرد به منظور کاهش نواقص موجود، سیستم مجوز کار این عوامل مورد ارزیابی قرار بگیرد [۳۰].

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع فرایندی با به‌کارگیری روش دلفی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی انجام شد. نتایج حاصل از روش دلفی نشان دادند که برای عملکرد صحیح سیستم مجوز کار، شش معیار شناسایی خطر و ارزیابی ریسک، اقدامات پیشگیرانه، مسئولیت‌پذیری، هماهنگی، آموزش و صلاحیت افراد و وضوح و شفافیت نقش مهمی دارند. همچنین براساس نتایج روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی از میان معیارهای شناسایی شده، معیار مسئولیت‌پذیری به عنوان مهم‌ترین معیار شناخته شد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به عنوان یک

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]
[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

راهنمای کاربردی جهت برنامه‌ریزی به منظور اجرای اقدامات اصلاحی در جهت بهبود عملکرد سیستم مجوز کار و انجام ممیزی به منظور شناسایی نقاط قوت و ضعف اجرای سیستم مجوز کار در صنایع فرایندی توسط سرپرستان و کارشناسان ایمنی و شاغلین در صنعت مورد استفاده قرار بگیرد. یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر این بود که در این مطالعه از ارتباط درونی میان معیارها صرف نظر شده بود. از سوی دیگر، این مطالعه به صورت موردی تنها در یک صنعت فرایندی انجام شده است؛ از این رو پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده با به کار بردن روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که توانایی تحلیل ارتباطات درونی بین معیارها را داشته باشند؛ از جمله روش تحلیل شبکه ANP (Analytical Network Process) در صنایع فرایندی مشابه دیگر با جامعه آماری متفاوت، تأثیر ارتباط بین معیارها سنجیده شده و وزن نهایی آن‌ها با مطالعه حاضر مقایسه گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری خبرگان دانشگاهی و صنعتی شاغل در شرکت پالایش نفت آبادان که در اجرای این مطالعه با پژوهشگران همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

هیچ گونه تضاد منافعی بین نویسندگان حاضر در این مطالعه وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد با کد اخلاق IR.TUMS.SPH.REC.1397.073 مصوب دانشگاه علوم پزشکی تهران می باشد.

سهم نویسندگان

در این مطالعه علی کریمی و سید ابولفضل ذاکریان در طراحی و روش شناسی مطالعه ، سید مهدی موسوی در مرحله جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها و مهسا جهادی نائینی درمرحله نگارش و اصلاحات مقاله نقش داشته اند .

حمایت مالی

این مقاله با حمایت اداره پژوهش و توسعه شرکت پالایش نفت آبادان انجام شده است.

REFERENCES

1. Wang J, Fu G, Yan M. Investigation and analysis of a hazardous chemical accident in the process industry: triggers, roots, and lessons learned. *Processes*. 2020;**8**(4):477. DOI: 10.3390/pr8040477
2. Baalisampang T, Abbassi R, Garaniya V, Khan F, Dadashzadeh M. Modelling an integrated impact of fire, explosion and combustion products during transitional events caused by an accidental release of LNG. *Proc Saf Environ Protec*. 2019;**128**:259-72. DOI: 10.1016/j.psep.2019.06.005
3. Hayes J. Disaster incubation: Grenfell Tower's unnecessary lessons. *Construc Res Innovat*. 2017;**8**(3):76-9. DOI: 10.1080/20450249.2017.1367559
4. Mousavi SM, Karimi A, Zakerian SA, Makvandi G, Mehravar M. Development and validation of work permit system performance assessment questionnaire, a case study in an Iranian oil refinery. *Arch Hyg Sci*. 2019;**8**(3):154-62. DOI: 10.29252/ArchHygSci.8.3.154
5. Zarei E, Mohammadfam I, Azadeh A, Khakzad N, Mirzai M. Dynamic risk assessment of chemical process systems using Bayesian Network. *Iran Occup Health J*. 2018;**15**(3):103-17. [Persian]
6. Misuri A, Moreno VC, Quddus N, Cozzani V. Lessons learnt from the impact of hurricane Harvey on the chemical and process industry. *Reliabil Eng Syst Saf*. 2019;**190**:106521. DOI: 10.1016/j.ress.2019.106521
7. Lees F. Lees' Loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2012.
8. Zimmerman J, Haywood B. Process safety management best practice: safe work permit management system. The ASSE Professional Development Conference and Exposition, Denver, Colorado, USA; 2017.
9. Guidance on permit-to-work systems, A guide for the petroleum, chemical and allied industries. Merseyside: Health and Safety Executive; 2005.
10. Yan CK, Siong PH, Kidam K, Ali MW, Hassim MH, Kamaruddin MJ, et al. Contribution of permit to work to process safety accident in the chemical process industry. *Chem Eng Transact*. 2017;**56**:883-8.DOI: 10.3303/CET1756148
11. Jusoh N, Ali MW, Abdullah TA, Husain A. The verification result of permit to work assessment in occupational accident using fault tree analysis. *Mater Sci Eng*. 2020;**808**(1):012022. DOI: 10.1088/1757-899X/808/1/012022
12. Mousavi SM, Karimi A, Zakerian SA, Jahadi Naeini M. Factors affecting performance of permit to work system: a case study in an oil refinery. *Arch Occup Health*. 2020;**4**(4):863-9. DOI: 10.18502/aoh.v4i4.4512
13. Dambros JW, Trierweiler JO, Farenzena M. Oscillation detection in process industries–Part I: review of the detection methods. *J Proc Control*. 2019;**78**:108-23. DOI: 10.1016/j.jprocont.2019.04.002
14. Zanker J, Scott D, Reijnierse E, Brennan-Olsen S, Daly R, Girgis C, et al. Establishing an operational definition of sarcopenia in Australia and New Zealand: Delphi method based consensus statement. *J Nutr Health Aging*. 2019; **23**(1):105-10. PMID: 30569078 DOI: 10.1007/s12603-018-1113-6
15. Hernandez NB, Ruilova Cueva MB, Mazacón BN. Prospective analysis of public management scenarios modeled by the Fuzzy Delphi method. Neutrosophic sets and systems. New Mexico: University of New Mexico; 2019. P. 17.
16. Moradirad R, Haghighat M, Yazdanirad S, Hajizadeh R, Shabgard Z, Mousavi SM. Selection of the most suitable sound control method using fuzzy hierarchical technique. *J Health Saf Work*. 2019;**8**(4):371-82. [Persian]
17. Jain V, Sangaiah AK, Sakhuja S, Thoduka N, Aggarwal R. Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry. *Neural Comput Appl*. 2018;**29**(7):555-64. DOI: 10.1007/s00521-016-2533-z
18. Adli J, Omidvari M. Assessing the risk of crisis in gas distribution networks using the FAHP-PROMETHEE II method (Case study of Qazvin Province Gas Company). *Iran Occup Health*. 2020;**17**(1):1-14. [Persian]
19. Mousavi SM, Abbasi M, Yazdanirad S, Yazdanirad M, Khatooni E. Fuzzy AHP-TOPSIS method as a technique for prioritizing noise control solutions. *Noise Control Eng J*. 2019;**67**(6):415-21. DOI: 10.3397/1/376738
20. Kaur R, Mittal S. Multi criteria based handoff using FAHP and Fuzzy Inference System. 2019 International Conference on Data Science and Communication (IconDSC), Bangalore,

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]

India; 2019. DOI: 10.1109/IconDSC.2019.8816874
21. Jahangiri M, Molaei Far H, Honarbaksh M, Farhadi P, Khani B, Rajabi F. Prioritizing strategies of skin exposure with chemical in a painting company using fuzzy analytical hierarchy process & Topsis. *Health Saf Work*. 2019;**8**(4):409-18. [Persian]
22. Asghari M, Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Arabalibeik H, Shamsipour AA, et al. Determination and weighting the effective criteria in selecting a heat stress index using the Delphi technique and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP). *J Health Saf Work*. 2017;**7**(1):23-32. [Persian]
23. Van Rooij B, Fine A. Toxic corporate culture: assessing organizational processes of deviancy. *Administ Sci*. 2018;**8**(3):23. DOI: 10.3390/admsci8030023
24. Majid ND, Shariff AM, Zaki NA. Compliance of hot work permit to process safety management (PSM) regulation. *Appl Mechan Mater*. 2014;**625**:418-21. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.625.418
25. Mirderikvand H, Nassiri P, Mansouri N. Evaluation and comparative compare PTW system performance in an offshore oil platform. *Hum Environ*. 2011;**9**(4):15-20. [Persian]
26. Ghahramani A. Permit to work system conformity analysis based on the system standard criteria in an oil and gas extraction company. *Iran Occup Health J*. 2007;**4**(1):10-4. [Persian]
27. Ghasemi A, Atabi F, Golbabaei F. Human error classification for the permit to work system by SHERPA in a petrochemical industry. *J Occup Hyg Eng*. 2015;**2**(3):66-73. [Persian]
28. Jahangiri M, Hobobi N, Keshavarzi S, Hosseini AA. Determination of human error probabilities in permit to work procedure. *Saf Reliabil Complex Eng Syst*. 2015;**138**:2945-50. DOI: 10.1201/b19094-387
29. Hoboubi N, Jahangiri M, Keshavarzi S. Introduction of engineering approach technique in quantitative human error assessment; case study in permit to work system of a petrochemical plant. *Iran Occup Health*. 2014;**11**(5):1-9. [Persian]
30. Safdary M, Afrazeh A, Ebrahimi M, Azami A. The role of human resource management, organizational structure and culture in promoting corporate entrepreneurship (Case study: petrochemical research & technology company). *Hum Res Manag Oil Ind*. 2014;**5**(20):159-80. [Persian]

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.1.37]