



Prioritization of Strategies to Reduce Accidents in Parsian Gas Refining Company in Mohr County Using the Analytic Hierarchy Process

Saber Ghasemi¹ , Seyed Hadi Sajjadi^{*2} , Naser Sabouri-Nejad², Shirmohammad Bahador²

1. Department of Environment, Sea Scientific Program, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

2. Department of Environmental Management, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Received: 2026/08/01

Accepted: 2026/10/10

Abstract

Background and Aim: Occupational accidents in process industries, particularly the oil and gas sector, are major challenges with significant human, economic, and environmental consequences. This study aimed to prioritize strategies to reduce occupational accidents at the Parsian Gas Refinery in Mohr County using the Analytic Hierarchy Process (AHP).

Methods: This applied, descriptive-analytical study included 30 purposively selected experts in occupational safety and health, HSE specialists at Parsian Gas Refinery, labor inspectors, and official forensic experts in occupational accidents. Data were collected using an AHP pairwise comparison questionnaire and aggregated using the geometric mean. The criteria included risk-reduction effectiveness, cost-benefit, feasibility, legal compliance, and employee acceptance. The alternatives included engineering and management controls, training and behavioral safety, and personal protective equipment. Data were analyzed using Expert Choice 11. Validity was assessed by five HSE experts, and reliability was evaluated using the consistency ratio (CR).

Results: The AHP analysis results showed that engineering controls ranked first with a final weight of 0.4546, administrative controls ranked second with a weight of 0.2507, training and behavioral safety ranked third with a weight of 0.1618, and personal protective equipment ranked fourth with a weight of 0.1221. The consistency rate of the judgments was 0.0413, which is below the acceptable threshold of 0.1, indicating favorable consistency of the comparisons.

Conclusion: The findings of this study indicate that engineering controls are the most effective strategy for reducing occupational accidents in Parsian Gas Refinery. This result is consistent with the principles of the hierarchy of hazard controls and emphasizes the necessity of allocating resources to engineering modifications, alongside strengthening administrative controls and targeted training. The findings can assist managers and safety professionals in selecting the most effective strategies for reducing occupational accidents in the oil and gas industry.

Keywords: *Analytic hierarchy process (AHP), Engineering controls, Occupational accidents, Occupational injury, Parsian gas refinery*

Please cite this article as:

Ghasemi S, Sajjadi SH, Sabouri-Nejad N, Bahador S. Prioritization of Strategies to Reduce Accidents in Parsian Gas Refining Company in Mohr County Using the Analytic Hierarchy Process. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2026;14(1):44-56.
<https://doi.org/10.22037/iipm.v14i1.52709>

* **Corresponding Author:** h.sayyadi2047@gmail.com



اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث در شرکت پالایش گاز پارسین شهرستان مَهر با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

صابر قاسمی^۱، سید هادی سجادی^{۲*}، ناصر صبوری‌نژاد^۲، شیرمحمد بهادر^۲

۱. گروه محیط زیست، برنامه علمی دریا، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

۲. گروه تخصصی مدیریت محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: حوادث شغلی در صنایع فرایندی، به‌ویژه نفت و گاز، از چالش‌های مهم با پیامدهای انسانی، اقتصادی و زیست‌محیطی هستند. پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث شغلی در شرکت پالایش گاز پارسین شهرستان مَهر، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شده است.

روش کار: این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی-تحلیلی است. جامعه آماری شامل ۳۰ نفر از خبرگان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، کارشناسان HSE شرکت پالایش گاز پارسین، بازرسان کار و کارشناسان رسمی دادگستری در حوزه حوادث ناشی از کار بود که هدفمند انتخاب شدند. داده‌ها با پرسش‌نامه مقایسه زوجی AHP جمع‌آوری و با میانگین هندسی تجمع شدند. معیارها شامل اثربخشی کاهش ریسک، هزینه-فایده، قابلیت اجرا، انطباق قانونی و پذیرش کارکنان و گزینه‌ها شامل کنترل‌های مهندسی، مدیریتی، آموزش و ایمنی رفتاری و تجهیزات حفاظت فردی بود. تحلیل داده‌ها با 11 Expert Choice انجام شد. روایی با نظر پنج متخصص HSE و پایایی با نرخ ناسازگاری (CR) بررسی شد. **یافته‌ها:** نتایج تحلیل AHP نشان داد که کنترل‌های مهندسی با وزن نهایی ۰/۴۵۴۶ در رتبه اول، کنترل‌های مدیریتی با وزن ۰/۲۵۰۷ در رتبه دوم، آموزش و ایمنی رفتاری با وزن ۰/۱۶۱۸ در رتبه سوم و تجهیزات حفاظت فردی با وزن ۰/۱۲۲۱ در رتبه چهارم قرار گرفتند. نرخ سازگاری قضاوت‌ها برابر ۰/۰۴۱۳ به دست آمد که کمتر از آستانه قابل قبول ۰/۱ است و بیانگر سازگاری مطلوب مقایسه‌هاست.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که کنترل‌های مهندسی مؤثرترین راهکار برای کاهش حوادث شغلی در پالایشگاه گاز پارسین است. این نتیجه با اصول سلسله‌مراتب کنترل خطر همسو بوده و بر ضرورت تخصیص منابع به اصلاحات مهندسی، در کنار تقویت کنترل‌های مدیریتی و آموزش‌های هدفمند، تأکید دارد. یافته‌ها می‌تواند به مدیران و متخصصان ایمنی در انتخاب مؤثرترین راهکارهای کاهش حوادث شغلی در صنعت نفت و گاز کمک کند.

واژگان کلیدی: پالایشگاه گاز پارسین، حوادث شغلی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، کنترل‌های مهندسی، مصدومیت شغلی

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

قاسمی ص، سجادی س ه، صبوری‌نژاد ن، بهادر ش. اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث در شرکت پالایش گاز پارسین شهرستان مَهر با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها. ۱۴۰۵؛ ۱۴(۱): ۴۴-۵۶. <https://doi.org/10.22037/iipm.v14i1.52709>

*نویسنده مسئول مکاتبات: h.sayyadi2047@gmail.com

مقدمه

سالانه نزدیک به ۹۳/۲ میلیون کارگر در سراسر جهان جان خود را بر اثر حوادث و بیماری‌های ناشی از کار از دست می‌دهند. از این میان، بخش عمده تلفات (حدود ۶/۲ میلیون مرگ) ناشی از بیماری‌های مرتبط با شغل بوده و حدود ۳۳۰ هزار مورد دیگر به طور مستقیم در اثر حوادث کار رخ می‌دهد. علاوه بر این، تخمین زده می‌شود که سالانه بالغ بر ۳۹۵ میلیون کارگر در سراسر دنیا دچار آسیب‌های شغلی غیرمرگبار اما جدی می‌شوند که منجر به غیبت از کار و آسیب‌های اقتصادی و انسانی جبران‌ناپذیری می‌گردد (۱). حوادث ناشی از کار سومین عامل مرگ‌ومیر در جهان و دومین عامل مرگ‌ومیر در ایران (پس از سوانح رانندگی) محسوب می‌شوند (۲).

در کشورهای در حال توسعه، به دلیل رشد شتابان صنعتی، روند این حوادث در سال‌های اخیر افزایشی بوده است. یکی از چالش‌های اساسی این کشورها، غفلت از سلامت نیروی کار در مواجهه با عوامل فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، بیولوژیکی و روانی است. پیامدهای حوادث شغلی نه تنها زیان‌های جانی و مالی مستقیم، بلکه هزینه‌های غیرمستقیم و پنهانی را به همراه دارد و اثرات نامطلوبی بر فرد، سازمان و جامعه بر جای می‌گذارد (۳). صنایع نفت و گاز به دلیل ماهیت فرایندها و پیچیدگی عملیاتی، همواره از نظر محیط کاری به‌عنوان پرخطرترین صنایع از منظر ایمنی و بهداشت شناخته می‌شوند (۴).

اتکا به سیستم‌های پرفشار، مواد قابل‌اشتعال و فرایندهای ناپایدار، ریسک وقوع حوادث ویرانگر با پیامدهای شدید برای نیروی انسانی، محیط‌زیست و تداوم کسب‌وکار را افزایش می‌دهد (۵). مطالعات پیشین، عوامل متعددی را به‌عنوان ریشه‌های اصلی حوادث در صنایع فرایندی شناسایی کرده‌اند که از آن‌جمله می‌توان به فرسودگی تجهیزات، خطاهای انسانی، ضعف فرهنگ ایمنی، آموزش‌های ناکارآمد و نظارت سیستماتیک ناقص اشاره کرد (۶ و ۷). همچنین، کنترل‌های مهندسی معمولاً مؤثرترین راهکار معرفی شده‌اند، در حالی که تجهیزات حفاظت فردی (PPE: Personal Protective Equipment) نقش مکمل داشته و به‌تنهایی قادر به حذف خطر نیستند (۸). رویکردهای مبتنی بر ایمنی رفتاری زمانی بیشترین کارایی را دارند که در کنار اصلاحات مهندسی و طراحی ایمن به کار گرفته شوند (۹).

با وجود این پژوهش‌ها، شکاف تحقیقاتی واضحی در زمینه اولویت‌بندی راهکارهای کنترل‌های ایمنی برای پالایشگاه‌های گازی با شرایط عملیاتی خاص ایران وجود دارد. بیشتر مطالعات پیشین، یا به شناسایی خطرات اکتفا کرده‌اند یا راهکارها را به‌صورت کلی و بدون در نظر گرفتن معیارهای چندگانه (اثربخشی در کاهش ریسک، هزینه-فایده، قابلیت اجرا، انطباق قانونی و پذیرش کارکنان) اولویت‌بندی نکرده‌اند. جدول ۱، خلاصه‌ای از مطالعات پیشین و شکاف تحقیقاتی پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقایسه مطالعات پیشین و شکاف تحقیقاتی پژوهش حاضر

محدودیت	جامعه	معیارها	روش	مطالعه
تمرکز بر انتخاب استراتژی نگهداری، نه راهکارهای ایمنی	پالایشگاه نفت (ایتالیا)	معیارهای نگهداری و ریسک	AHP + تحلیل حساسیت	پویلاکوا و براگلیا (۱۰)
تمرکز بر برنامه‌ریزی نگهداری تجهیزات، نه ایمنی شغلی	پالایشگاه نفت فوجیان (چین)	ریسک تجهیزات	RBI + AHP	تن و همکاران (۱۱)
تمرکز بر شناسایی و اولویت‌بندی خطرات، بدون بررسی عمیق معیارهای چندگانه سازمانی	صنعت لاستیک‌سازی ایران یاسا	مخاطرات HSE (اشتعال‌پذیری، بار برداری، برق)	HEMP + AHP + BOW-TIE	کرمی و کریمی (۱۲)
عدم اولویت‌بندی راهکارها	پالایشگاه گاز ایلام	ریسک، بهداشت	TOPSIS	رضوانی و همکاران (۴)
تمرکز بر هزینه، نه اولویت‌بندی راهکارهای کنترلی	پالایشگاه‌های گاز	هزینه ایمنی (۱۳ مؤلفه)	Fuzzy AHP	یوسفی‌منش و همکاران (۱۳)
تمرکز بر شناسایی عوامل، نه اولویت‌بندی راهکارها	کارخانه‌های کشتی‌سازی (ترکیه)	عوامل خطر حوادث	AHP	ایزچی و همکاران (۱۴)
عدم تمرکز بر پالایشگاه گاز	صنعت ساخت	ایمنی	ISM-DEMATEL	المودی (۵)
اولویت‌بندی راهکارهای کنترلی با رویکرد چندمعیاره	پالایشگاه گاز پارسیان	۵ معیار چندگانه	AHP	پژوهش حاضر

(جدول ۱). همچنین، مطالعات انجام‌شده در پالایشگاه‌های نفت (۱۵ و ۱۶) هم به دلیل تفاوت در ماهیت فرآیند، تجهیزات و مخاطرات، قابل تعمیم به پالایشگاه‌های گاز نیستند. کاکایی و همکاران (۱۷) در پالایشگاه گاز ایلام نشان دادند که مهم‌ترین تهدیدات شغلی کارکنان این مجموعه، سقوط از ارتفاع و استنشاق گاز اسیدی حاوی H_2S بوده

اگرچه AHP به‌عنوان ابزاری کارآمد برای اولویت‌بندی ریسک در محیط‌های صنعتی شناخته شده است (۱۴)، اما مطالعات پیشین یا بر تجهیزات و نگهداری متمرکز بوده‌اند و یا صرفاً به شناسایی خطرات پرداخته‌اند (۱۱ و ۱۴). بدون آنکه چارچوبی جامع برای ارزیابی همزمان معیارهای چندگانه (ریسک، هزینه، پیامد، احتمال) ارائه دهند

راهکارهای مؤثر را رتبه‌بندی کند، پرسش اصلی پژوهش حاضر این است: اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث شغلی در پالایشگاه گاز پارسیان با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP: Analytic Hierarchy Process) چگونه است؟

روش کار

معرفی محدوده مطالعاتی

پالایشگاه گاز پارسیان، یکی از تأسیسات مهم فرآورش گاز طبیعی در ایران، در موقعیت جغرافیایی طول ۵۸ و ۵۲ شرقی و عرض ۲۸ و ۲۷ شمالی، در ۹ کیلومتری شهرستان مهر در استان فارس و با ارتفاع ۴۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این پالایشگاه با ظرفیت تولید روزانه ۸۲ میلیون مترمکعب گاز شیرین، به عنوان سومین پالایشگاه کشور از نظر تولید (۱۸)، در میان رشته‌کوه‌های فلات ایران، در ناحیه زاگرس جنوبی، و در مجاورت بزرگراه مهر - لامرد واقع شده است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از نظر توپوگرافی، بخشی از دشت میان آخرین رشته‌کوه‌های زاگرس به شمار می‌رود که دسترسی نسبتاً مناسبی به شبکه راه‌های اصلی دارد. طراحی و استقرار این مجموعه باهدف بهره‌گیری از منابع گازی میدین هم‌جوار (تابناک، شانول، هما و وراوی) صورت گرفته است (۱۹).

است؛ به گونه‌ای که از میان ۲۸۹ ریسک شناسایی شده، این دو مورد بالاترین سطح خطر را به خود اختصاص داده‌اند. این الگوی مخاطرات با آنچه در پالایشگاه‌های نفت معمولاً به عنوان خطرات اصلی شناخته می‌شود (یعنی آتش‌سوزی، انفجار و مواجهه با مواد شیمیایی هیدروکربنی) تفاوت ساختاری دارد. بنابراین، نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در بستر پالایشگاه‌های نفت را نمی‌توان بدون اعتبارسنجی کافی، به پالایشگاه‌های گاز تعمیم داد.

گسترده‌گی فرایندها، تعدد واحدها، وجود خطوط انتقال و تجهیزات تحت فشار در پالایشگاه گاز پارسیان، این مجموعه را با مخاطرات متعددی از جمله نشت گازهای قابل اشتعال و سمی، آتش‌سوزی و انفجار، تماس با مواد شیمیایی، مواجهه با سر و صدا، گرما و ارتفاع کار در ارتفاع و فضای بسته، خطاهای انسانی در تعمیرات و بهره‌برداری و مشکلات ارگونومیک و خستگی ناشی از نوبت‌های کاری مواجه ساخته است. با توجه به ماهیت پیوسته عملیات و نقش حیاتی این پالایشگاه در شبکه گازرسانی کشور، هرگونه ضعف در مدیریت ایمنی می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای برای سلامت کارکنان، ایمنی تجهیزات و استمرار تولید داشته باشد. هدف از تحقیق حاضر، اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث شغلی در این پالایشگاه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی است. همچنین با توجه به نیاز اساسی به یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره که بتواند با مشارکت خبرگان،



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی پالایشگاه گاز پارسیان در شهرستان مهر استان فارس

شده است. AHP یکی از روش‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس ساعتی ارائه شده است (۲۰). این روش با ساختاردهی مسئله به صورت سلسله‌مراتبی (هدف، معیارها و گزینه‌ها)

روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی است که با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام

و انجام مقایسه‌های زوجی بین عناصر هر سطح، قضاوت‌های ذهنی خبرگان را به وزن‌های کمی تبدیل می‌کند (۲۱). مزیت اصلی AHP در پژوهش حاضر، قابلیت آن در ترکیب معیارهای چندگانه و کیفی با یکدیگر و ارائه اولویت‌بندی شفاف مبتنی بر نظر خبرگان است (۲۲).

فرآیند اجرای AHP

در این پژوهش، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در شش گام اصلی زیر اجرا شد:

• گام اول: ساخت سلسله‌مراتب تصمیم

در نخستین گام، مسئله تصمیم‌گیری به صورت یک سلسله‌مراتب سه‌سطحی ساختاردهی شد. سطح اول شامل هدف (اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث شغلی در پالایشگاه گاز پارس‌پان)، سطح دوم شامل معیارهای تصمیم‌گیری (اثربخشی در کاهش ریسک، هزینه-فایده، قابلیت اجرا، انطباق قانونی و پذیرش کارکنان) و سطح سوم شامل گزینه‌های تصمیم‌گیری (کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های مدیریتی، آموزش و ایمنی رفتاری و تجهیزات حفاظت فردی) بود. ساختار سلسله‌مراتبی پژوهش در شکل ۲ نمایش داده شده است.

• گام دوم: تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی

پس از ساخت سلسله‌مراتب، ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر سطح تشکیل شد. در این ماتریس‌ها، عناصر هر سطح به صورت دوجه‌دو با یکدیگر مقایسه شدند و میزان ترجیح هر عنصر نسبت به دیگری بر اساس مقیاس ۹ درجه‌ای ساعتی (جدول ۲) تعیین گردید. برای مثال، اگر معیار اثربخشی در کاهش ریسک نسبت به معیار هزینه - فایده اهمیت بیشتر داشته باشد، عدد ۵ در ماتریس درج می‌شود و متقابلاً عدد ۱/۵ برای مقایسه معکوس ثبت می‌گردد. در این پژوهش، ماتریس مقایسه زوجی معیارها (جدول ۴) و ماتریس‌های مقایسه زوجی گزینه‌ها تحت هر معیار (جدول ۵) تشکیل شد.

• گام سوم: محاسبه وزن نسبی عناصر

برای محاسبه وزن نسبی عناصر هر ماتریس، از روش بردار ویژه استفاده شد. بدین منظور، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی نرمال‌سازی شد. در این مرحله، مجموع عناصر هر ستون محاسبه و سپس هر عنصر بر مجموع ستون مربوطه تقسیم گردید تا ماتریس نرمال‌شده به دست آید. سپس میانگین عناصر هر سطر از ماتریس نرمال‌شده محاسبه شد که بیانگر وزن نسبی هر عنصر است. مجموع وزن‌های نسبی در هر ماتریس برابر ۱ خواهد بود.

• گام چهارم: محاسبه نرخ ناسازگاری (CR)

برای اطمینان از سازگاری منطقی قضاوت‌های خبرگان، نرخ ناسازگاری (CR) برای هر ماتریس محاسبه شد. بدین منظور، ابتدا شاخص ناسازگاری (CI) از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، λ_{max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی و n تعداد عناصر ماتریس است. سپس، نرخ ناسازگاری از تقسیم CI بر شاخص ناسازگاری تصادفی (RI) به دست آمد (رابطه ۲):

$$CI = \frac{CI}{RI} \quad \text{رابطه ۲}$$

مقدار RI بر اساس تعداد عناصر ماتریس و جدول استاندارد ساعتی تعیین می‌شود. در این پژوهش، نرخ ناسازگاری تمامی ماتریس‌ها کمتر از ۰/۱ به دست آمد که نشان‌دهنده سازگاری قابل قبول قضاوت‌هاست. نرخ ناسازگاری کلی نیز ۰/۰۴۱۳ محاسبه شد که در محدوده مجاز قرار دارد

• گام پنجم: تجمیع نظرات خبرگان

برای تجمیع نظرات ۳۰ خبره، از میانگین هندسی استفاده شد. بدین منظور، ابتدا ماتریس‌های مقایسه زوجی هر خبره به صورت جداگانه تشکیل شد. سپس، برای هر عنصر از ماتریس نهایی، میانگین هندسی مقادیر متناظر در ماتریس‌های خبرگان محاسبه گردید. استفاده از میانگین هندسی به دلیل ماهیت نسبتی مقیاس ساعتی و جلوگیری از سوگیری ناشی از مقادیر حدی، روش متداول در AHP است.

• گام ششم: محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها

در نهایت، وزن نهایی هر گزینه از ترکیب وزن معیارها و وزن گزینه‌ها تحت هر معیار به دست آمد (رابطه ۳). بدین منظور، وزن نسبی هر گزینه تحت هر معیار در وزن نسبی آن معیار ضرب شد و سپس حاصل‌ضرب‌ها برای همه معیارها با یکدیگر جمع گردید:

$$W_i = \sum (W_j \times \pi r^2 \frac{CI}{RI}) \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن، W_i وزن نهایی گزینه i ، W_j وزن معیار j و W_{ij} وزن گزینه i تحت معیار j است. تمامی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۱۱ انجام شد.

بر اساس مرور پژوهش‌های پیشین و نیز مصاحبه با پنج نفر از خبرگان HSE در مرحله‌ی پویش‌پژوه، تعیین و نهایی شدند. گزینه‌های مورد بررسی نیز با در نظر گرفتن سطوح مختلف کنترل خطر، شامل چهار راهکار کنترل‌های مهندسی، کنترل‌های مدیریتی، آموزش و ایمنی رفتاری و تجهیزات حفاظت فردی (PPE) بودند.

ابزار پژوهش

ابزار اصلی پژوهش، پرسش‌نامه مقایسه‌های زوجی مبتنی بر مقیاس ۹ درجه‌ای ساعتی (جدول ۲) بود که در سه بخش مقایسه معیارها، مقایسه گزینه‌ها تحت هر معیار، و اطلاعات زمینه‌ای خبرگان طراحی شد. پرسش‌نامه‌ها پس از جلسات توجیهی حضوری و تشریح کامل اهداف، در اختیار خبرگان قرار گرفت. روایی محتوایی ابزار با نظرسنجی از ۵ نفر از متخصصان HSE تصمیم‌گیری چندمعیاره تأیید و اصلاحات لازم برای شفافیت و تناسب با شرایط پالایشگاه اعمال شد. برای سنجش پایایی قضاوت‌ها، نرخ ناسازگاری (CR) هر ماتریس محاسبه گردید. همه ماتریس‌ها دارای CR کمتر از ۰/۱ بودند که نشان‌دهنده سازگاری قابل قبول قضاوت‌هاست. نرخ ناسازگاری کلی نیز ۰/۴۱۳ به دست آمد که در محدوده مجاز قرار دارد.

روش تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها، ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی تشکیل شد. برای تجمیع نظرات گروه‌های سه‌گانه، از میانگین هندسی استفاده گردید. سپس با روش نرم‌سازی بردار ویژه، وزن نسبی معیارها و وزن گزینه‌ها تحت هر معیار محاسبه شد. وزن نهایی هر گزینه، از حاصل ضرب وزن هر معیار در وزن آن گزینه تحت آن معیار و جمع جبری آنها برای همه معیارها به دست آمد. تمامی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۱۱ انجام شد. ساختار سلسله‌مراتبی پژوهش شامل هدف (اولویت‌بندی راهکارها)، معیارهای پنج‌گانه و گزینه‌های چهارگانه بود که درخت سلسله‌مراتبی مربوطه در شکل ۲ نمایش داده شده است.

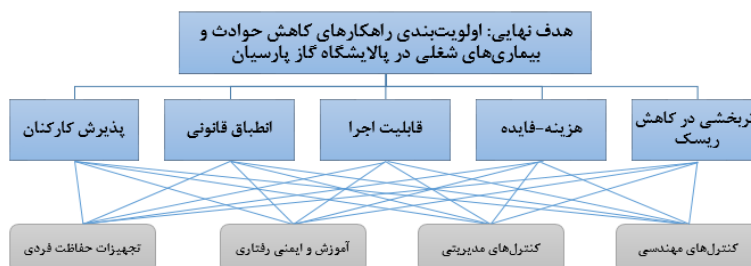
تحلیل حساسیت برای ارزیابی پایداری رتبه‌بندی راهکارها، تحلیل حساسیت با تغییر وزن معیارها انجام شد. بدین منظور، وزن هر معیار به صورت جداگانه در بازه $\pm 20\%$ تغییر داده شد و تأثیر آن بر رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که رتبه‌بندی کنترل‌های مهندسی به عنوان گزینه اول در تمام سناریوها ثابت باقی ماند. حتی زمانی که وزن معیار اثربخشی در کاهش ریسک به میزان ۲۰ درصد کاهش یافت، کنترل‌های مهندسی همچنان در رتبه اول باقی ماندند. این یافته نشان‌دهنده پایداری بالای نتایج و عدم وابستگی رتبه‌بندی به تغییرات جزئی در وزن معیارهاست.

جامعه آماری و نمونه

جامعه آماری شامل خبرگان حوزه HSE در صنعت نفت و گاز، بازرسان کار و کارشناسان رسمی دادگستری در رشته حوادث ناشی از کار بوده و به صورت نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. در نهایت ۳۰ پرسشنامه کامل و قابل تحلیل جمع‌آوری گردید. گروه اول شامل ۱۲ کارشناس HSE پالایشگاه، گروه دوم شامل ۱۰ بازرسان کار و گروه سوم شامل ۸ کارشناس رسمی دادگستری بودند که میانگین سابقه کار آن‌ها ۱۵/۳ سال، میانگین سن ۴۲/۷ سال و سطح تحصیلات اکثر آن‌ها (۷۳٪) کارشناسی ارشد و بالاتر بود. انتخاب این سه گروه با هدف دستیابی به دیدگاهی جامع از ابعاد فنی، اجرایی و قانونی انجام شد تا داده‌های جمع‌آوری شده تمامی زوایای مسئله را پوشش دهند. کارشناسان HSE به دلیل فعالیت مستقیم در محیط عملیاتی و تسلط بر فرایندهای فرایندی، بازرسان کار به دلیل آشنایی با قوانین و آیین‌نامه‌های ایمنی، و کارشناسان رسمی دادگستری در رشته حوادث ناشی از کار به منظور تحلیل ریشه‌ای حوادث از منظر مسئولیت‌های مدنی و گزارش‌نویسی فنی انتخاب شدند.

معیارها و گزینه‌ها

معیارهای تصمیم‌گیری شامل پنج شاخص اثربخشی در کاهش ریسک، هزینه-فایده، قابلیت اجرا، انطباق قانونی و پذیرش کارکنان بودند که



شکل ۲. ساختار سلسله‌مراتبی تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث در شرکت پالایش گاز پارسیان

جدول ۱. مقیاس مقایسه زوجی ساعتی (۲۰)

تعریف	شدت ترجیح
اهمیت برابر	۱
اهمیت نسبتاً بیشتر	۲
اهمیت بیشتر	۵
اهمیت بسیار بیشتر	۷
اهمیت مطلقاً بیشتر	۹
مقادیر بینابینی معکوس اعداد فوق برای ترجیح عنصر دوم بر اول	۸، ۶، ۴، ۳

مقایسه با سایر معیارها، به مراتب مهم‌تر ارزیابی کرده‌اند. نرخ ناسازگاری این ماتریس برابر ۰/۰۴۱۳ محاسبه شد که کمتر از ۰/۱ بوده و بیانگر سازگاری مناسب قضاوت‌هاست.

جدول ۳. اوزان نهایی معیارهای کاهش حوادث

رتبه	وزن نهایی	معیار
۱	۰/۵۰۱۱	اثربخشی در کاهش ریسک
۲	۰/۲۴۴۲	هزینه - فایده
۳	۰/۱۱۹۱	انطباق قانونی
۴	۰/۰۹۰۲	قابلیت اجر
۵	۰/۰۴۵۴	پذیرش کارکنان

جدول ۴. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای کاهش حوادث

معیارها	اثربخشی	هزینه - فایده	قابلیت اجرا	انطباق قانونی	پذیرش کارکنان
اثربخشی	۱	۳	۵	۵	۷
هزینه - فایده	۱/۳	۱	۳	۳	۵
قابلیت اجرا	۱/۵	۱/۳	۱	۱/۲	۳
انطباق قانونی	۱/۵	۱/۳	۲	۱	۳
پذیرش کارکنان	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱

نتایج مقایسه زوجی گزینه‌ها تحت هر یک از معیارهای پنج‌گانه در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس این یافته‌ها، کنترل‌های مهندسی در همه معیارها بالاترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده اجماع خبرگان بر برتری این نوع راهکار در تمام ابعاد است.

جدول ۵. وزن گزینه‌ها تحت هر معیار

گزینه	اثر بخشی	هزینه - فایده	قابلیت اجرا	انطباق قانونی	پذیرش کارکنان
کنترل‌های مهندسی	۰/۵۵	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۳۱
کنترل‌های مدیریتی	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۷
آموزش و ایمنی رفتاری	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۲۴
تجهیزات حفاظت فردی	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۸
جمع	۱	۱	۱	۱	۱

پس از محاسبه وزن نهایی هر گزینه بر اساس ترکیب وزن‌های معیارها و گزینه‌ها، نتایج نشان داد که کنترل‌های مهندسی با وزن ۰/۴۵۴۶ در رتبه اول، کنترل‌های مدیریتی با وزن ۰/۲۷۶۰ در رتبه دوم، آموزش و ایمنی رفتاری با وزن ۰/۱۶۵۶ در رتبه سوم و تجهیزات حفاظت فردی با وزن ۰/۱۰۲۰ در رتبه چهارم قرار دارند (جدول ۵). اختلاف

تحلیل حساسیت

برای ارزیابی پایداری رتبه‌بندی راهکارها، تحلیل حساسیت با تغییر وزن معیارها انجام شد. بدین منظور، وزن هر معیار به صورت جداگانه در بازه $\pm 20\%$ تغییر داده شد و تأثیر آن بر رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که رتبه‌بندی کنترل‌های مهندسی به عنوان گزینه اول در تمام سناریوها ثابت باقی ماند که نشان‌دهنده پایداری بالای نتایج است.

مقایسه گروه‌های خبره

برای بررسی اختلاف نظر بین سه گروه خبره (کارشناسان HSE، بازرسان کار و کارشناسان دادگستری)، وزن‌های نهایی هر گروه به صورت جداگانه محاسبه و با آزمون‌های آماری Kruskal-Wallis و Kendall W مقایسه شد. نتایج نشان داد که اگرچه وزن‌های عددی بین گروه‌ها تفاوت‌هایی دارد، اما رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در هر سه گروه یکسان است و کنترل‌های مهندسی در همه گروه‌ها رتبه اول را کسب کرده است.

یافته‌ها

بررسی وزن‌های معیارها نشان داد اثربخشی در کاهش ریسک با وزن ۰/۵۰۱۱ بالاترین اولویت را داشته و پس از آن به ترتیب معیارهای هزینه - فایده با وزن ۰/۲۴۴۲، انطباق قانونی با وزن ۰/۱۱۹۱، قابلیت اجرا با وزن ۰/۰۹۰۲ و پذیرش کارکنان با وزن ۰/۰۴۵۴ قرار دارند (جدول ۳). این یافته حاکی از آن است که از دیدگاه خبرگان، توانایی یک راهکار در کاهش مؤثر ریسک، مهم‌ترین عامل در انتخاب آن است و عوامل اقتصادی و قانونی در اولویت‌های بعدی جای می‌گیرند.

ماتریس مقایسه زوجی معیارها در جدول ۴ ارائه شده است. این ماتریس نشان می‌دهد که خبرگان، اثربخشی در کاهش ریسک را در

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که از دیدگاه خبرگان، معیار "اثربخشی در کاهش ریسک" با وزن ۰/۵۰۱۱ مهم‌ترین معیار در انتخاب راهکارهای کنترلی است. این یافته چندان دور از انتظار نیست، زیرا در محیط‌های پرخطری مانند پالایشگاه گاز، این پرسش که «یک راهکار تا چه اندازه در کاهش واقعی خطر مؤثر است؟» دغدغه اصلی هر متخصص ایمنی محسوب می‌شود. خبرگان این پژوهش به‌وضوح نشان دادند که کارایی فنی یک راهکار، حتی از هزینه و قابلیت اجرای آن برایشان مهم‌تر است. این نگرش با رویکرد سلسله‌مراتب کنترل خطر که همواره بر حذف و کاهش خطر در مبدأ تأکید دارد، کاملاً همسو است (۲۳ و ۲۴).

وزن بالای معیار "اثربخشی در کاهش ریسک" با یافته‌های مطالعات پیشین نیز همخوانی دارد. مطالعات موسوی و همکاران (۱۵) هم حاکی از آن است که در محیط‌های صنعتی پرخطر، تقویت حس مسئولیت‌پذیری کارکنان و سرپرستان نسبت به رعایت الزامات ایمنی، نقشی کلیدی در کاهش ریسک‌های شغلی ایفا می‌کند. همچنین، رضوانی و همکاران (۴) در پالایشگاه گاز ایلام به این نتیجه رسیدند که کاهش ریسک، اولویت اول تصمیم‌گیری‌های ایمنی است. این همخوانی نشان می‌دهد که نگرش خبرگان پالایشگاه گاز پارسیان با اصول علمی و تجربیات سایر متخصصان ایمنی در صنعت نفت و گاز همسو است. در مقابل، وزن پایین معیار "قابلیت اجرا" (۰/۰۹۰۲) و "پذیرش کارکنان" (۰/۰۴۵۴) قابل تأمل است. این یافته نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان، این دو معیار در مقایسه با اثربخشی و هزینه - فایده، اهمیت کمتری در انتخاب راهکارهای کنترلی دارند. این نتیجه ممکن است به این دلیل باشد که پالایشگاه گاز پارسیان به‌عنوان یک مجموعه بزرگ و با منابع کافی، تقریباً همه راهکارهای کنترلی را قابل‌اجرا می‌داند و بنابراین معیار قابلیت اجرا به‌عنوان یک محدودیت جدی تلقی نمی‌شود. همچنین، خبرگان احتمالاً معتقدند که اگر راهکاری اثربخش باشد، باید به هر قیمتی اجرا شود و پذیرش کارکنان نباید مانع اجرای آن شود. این نگرش با رویکرد سلسله‌مراتب کنترل خطر که بر حذف و کاهش خطر در مبدأ تأکید دارد، همسو است. از سوی دیگر، وزن نسبتاً بالای معیار هزینه - فایده (۰/۲۴۴۲) نشان‌دهنده آن است که خبرگان به‌رغم اولویت دادن به اثربخشی، از ملاحظات اقتصادی نیز غافل نیستند. این یافته با نتایج مطالعه

قابل توجه بین وزن کنترل‌های مهندسی و سایر گزینه‌ها بیانگر اولویت قاطع این راهکار از دیدگاه خبرگان است. همچنین نرخ ناسازگاری تمامی ماتریس‌های مقایسه گزینه‌ها نیز کمتر از ۰/۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده پایداری قابل قبول قضاوت‌هاست.

جدول ۵. اوزان نهایی گزینه‌های کاهش حوادث در شرکت پالایش گاز پارسیان

رتبه	وزن نهایی	معیار
۱	۰/۴۵۴۶	کنترل‌های مهندسی
۲	۰/۲۷۶۰	کنترل‌های مدیریتی
۳	۰/۱۶۵۶	آموزش و ایمنی رفتاری
۴	۰/۱۰۲۰	تجهیزات حفاظت فردی

تحلیل حساسیت

برای ارزیابی پایداری رتبه‌بندی راهکارها، تحلیل حساسیت با تغییر وزن معیارها انجام شد. بدین منظور، وزن هر معیار به‌صورت جداگانه در بازه $\pm 20\%$ تغییر داده شد و تأثیر آن بر رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که رتبه‌بندی کنترل‌های مهندسی به‌عنوان گزینه اول در تمام سناریوها ثابت باقی ماند. حتی زمانی که وزن معیار اثربخشی در کاهش ریسک به میزان ۲۰ درصد کاهش یافت، کنترل‌های مهندسی همچنان در رتبه اول باقی ماندند. این یافته نشان‌دهنده پایداری بالای نتایج و عدم وابستگی رتبه‌بندی به تغییرات جزئی در وزن معیارهاست.

مقایسه گروه‌های خبره

برای بررسی اختلاف نظر بین سه گروه خبره (کارشناسان HSE، بازرسان کار و کارشناسان دادگستری)، وزن‌های نهایی هر گروه به‌صورت جداگانه محاسبه و با آزمون‌های آماری Kruskal-Wallis و Kendall W مقایسه شد. نتایج نشان داد که اگرچه وزن‌های عددی بین گروه‌ها تفاوت‌هایی دارد، اما رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در هر سه گروه یکسان است و کنترل‌های مهندسی در همه گروه‌ها رتبه اول را کسب کرده است. این اجماع نظر بین سه گروه با تخصص‌های متفاوت، نشان‌دهنده اعتبار بالای یافته‌های پژوهش است. با این حال، در مورد وزن معیار «قابلیت اجرا»، کارشناسان HSE وزن بالاتری نسبت به دو گروه دیگر قائل شده‌اند که احتمالاً به دلیل تجربه عملیاتی آن‌ها در محیط پالایشگاه است.

یا کاهش می‌دهند، اما بدون نظارت و پایش مستمر، ممکن است به‌مرور زمان کارایی خود را از دست بدهند. برای مثال، یک سیستم آشکارساز گاز بدون برنامه بازرسی دوره‌ای و کالیبراسیون منظم، نمی‌تواند به‌عنوان یک کنترل قابل‌اعتماد عمل کند. از این‌رو، خبرگان به‌درستی دریافته‌اند که کنترل‌های مدیریتی، ضامن تداوم اثربخشی کنترل‌های مهندسی هستند. این یافته با نتایج مطالعه مارهاویلاس و همکاران (۲۷) در پالایشگاه نفت خام یونان همخوانی دارد. آن‌ها نشان دادند که سیستم‌های مدیریت ایمنی فرایند (PSM) نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش حوادث دارند، اما اثربخشی آن‌ها به‌شدت به تعهد مدیریت ارشد و فرهنگ سازمانی وابسته است. همچنین، موسوی و همکاران (۱۵) در مطالعه خود بر روی نظام مجوز کار در پالایشگاه‌های نفت ایران، نشان دادند که این نظام بدون پایش مستمر و بازخورد اصلاحی، به یک رویه تشریفاتی تبدیل می‌شود. این یافته‌ها ضرورت توجه توأمان به کنترل‌های مهندسی و مدیریتی را تأکید می‌کند. از سوی دیگر، وزن نسبتاً بالای کنترل‌های مدیریتی (۰/۲۵۰۷) نشان‌دهنده آن است که خبرگان پالایشگاه گاز پارسیان به‌خوبی می‌دانند که ایمنی، یک فرایند پیوسته و پویاست که نیازمند مدیریت فعال و مستمر است. این نگرش با اصول سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی (OHSMS) مانند ISO 45001 که بر رویکرد فرایندی و بهبود مستمر تأکید دارند، کاملاً همسو است.

آموزش و ایمنی رفتاری با وزن نهایی ۰/۱۶۱۸ در رتبه سوم قرار گرفت. این یافته نشان می‌دهد که آموزش، هرچند ضروری است، اما به‌تنهایی نمی‌تواند جایگزین اصلاحات مهندسی و مدیریتی شود. آموزش بیشتر شبیه به یک لایه حمایتی عمل می‌کند که وقتی همراه با پایش رفتاری و بازخورد مؤثر باشد، می‌تواند اثربخشی خود را افزایش دهد (۵). به‌عبارت دیگر، آموزش به کارگران کمک می‌کند تا خطرات را بهتر بشناسند، اما در نهایت این مدیران هستند که باید آن خطرات را تا حد ممکن حذف کنند. دلیل قرار گرفتن آموزش در رتبه سوم را می‌توان در این واقعیت جستجو کرد که آموزش، یک راهکار نرم و بلندمدت است. برخلاف کنترل‌های مهندسی که اثر آن‌ها فوری و قابل‌اندازه‌گیری است، اثر آموزش به‌صورت تدریجی و با تأخیر ظاهر می‌شود. همچنین، اثربخشی آموزش به‌شدت به کیفیت محتوا، مهارت مربیان، و انگیزه فراگیران وابسته است. اگر آموزش‌ها به‌صورت عمومی و بدون توجه به نیازهای شغلی خاص ارائه شوند، اثربخشی آن‌ها

یوسفی‌منش و همکاران (۱۳) که بر اهمیت هزینه‌های ایمنی در پالایشگاه‌های گاز تأکید کرده‌اند، همخوانی دارد. در واقع، خبرگان به‌خوبی می‌دانند که تخصیص بهینه منابع، نیازمند در نظر گرفتن توأمان اثربخشی و هزینه است.

وزن معیار "انطباق قانونی" (۰/۱۱۹۱) نیز نشان‌دهنده آن است که خبرگان به الزامات قانونی و آیین‌نامه‌های ایمنی توجه ویژه‌ای دارند. این یافته با مطالعه صفاریان و همکاران (۷) که بر اهمیت انطباق با قوانین HSE در پالایشگاه‌ها تأکید کرده‌اند، همسو است. در محیط‌های صنعتی ایران، رعایت قوانین و مقررات ایمنی نه‌تنها یک الزام قانونی، بلکه یک ضرورت برای جلوگیری از حوادث و مسئولیت‌های مدنی است (۹). در مجموع، می‌توان گفت که الگوی وزن‌های معیارها در این پژوهش، نشان‌دهنده یک نگرش متوازن و واقع‌گرایانه از سوی خبرگان است: آن‌ها ابتدا به اثربخشی راهکارها توجه می‌کنند، سپس هزینه-فایده را در نظر می‌گیرند، و در نهایت به الزامات قانونی، قابلیت اجرا و پذیرش کارکنان توجه دارند. این الگو با اصول علمی تصمیم‌گیری چندمعیاره و رویکرد سلسله‌مراتب کنترل کاملاً همسو است.

فاصله قابل‌توجه کنترل‌های مهندسی با رتبه دوم (کنترل‌های مدیریتی) نشان می‌دهد که خبرگان تقریباً به اجماع رسیده‌اند که اصلاحات مهندسی نظیر نصب سیستم‌های آشکارساز گاز، تهویه مناسب و مکانیزم‌های توقف اضطراری، مؤثرترین راهکار برای کاهش حوادث در پالایشگاه هستند. این نتیجه با یافته‌های موسوی و همکاران (۱۵)، حیدری و همکاران (۲۵) و همچنین پژوهش رضوانی و همکاران (۴)، همخوانی کامل دارد. به عبارت ساده‌تر، اگر بتوانیم خطری را در همان نقطه شکل‌گیری کنترل کنیم، دیگر نیازی به مقابله با عواقب آن نخواهیم داشت.

کنترل‌های مدیریتی با وزن نهایی ۰/۲۵۰۷ در رتبه دوم قرار گرفتند. این نتیجه نشان می‌دهد که هرچند اصلاحات مهندسی اولویت اول هستند، اما بدون یک نظام مدیریتی کارآمد، حتی بهترین تجهیزات هم نمی‌توانند ایمنی را تضمین کنند. سیستم‌هایی مانند مجوز کار، بازرسی‌های دوره‌ای و نظارت مستمر بر اجرای دستورالعمل‌ها، نقش حیاتی در تکمیل زنجیره ایمنی ایفا می‌کنند. وثوقی و همکاران (۲۶) نیز به اهمیت این نظام‌ها در کاهش حوادث تأکید کرده‌اند. دلیل قرار گرفتن کنترل‌های مدیریتی در رتبه دوم را می‌توان در ماهیت مکمل آن‌ها جستجو کرد. کنترل‌های مهندسی اگرچه خطر را در مبدأ حذف

با اثربخشی و هزینه-فایده، اهمیت کمتری در انتخاب راهکارهای کنترلی دارند. این یافته ممکن است به این دلیل باشد که پالایشگاه گاز پارسیان به‌عنوان یک مجموعه بزرگ و با منابع کافی، تقریباً همه راهکارهای کنترلی را قابل اجرا می‌داند و بنابراین قابلیت اجرا به‌عنوان یک محدودیت جدی تلقی نمی‌شود. همچنین، خبرگان احتمالاً معتقدند که اگر راهکاری اثربخش باشد، باید به هر قیمتی اجرا شود و پذیرش کارکنان نباید مانع اجرای آن شود. این نگرش با رویکرد سلسله‌مراتب کنترل خطر که بر حذف و کاهش خطر در مبدأ تأکید دارد، همسو است. با این حال، باید توجه داشت که وزن پایین پذیرش کارکنان ممکن است یک هشدار باشد. تجربه نشان داده است که بسیاری از راهکارهای کنترلی، حتی اگر از نظر فنی اثربخش باشند، به دلیل مقاومت کارکنان یا عدم پذیرش فرهنگی، در عمل با شکست مواجه می‌شوند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در کنار اجرای راهکارهای مهندسی و مدیریتی، به‌طور هم‌زمان بر فرهنگ‌سازی و جلب مشارکت کارکنان نیز توجه شود. این رویکرد با مطالعات اخیر در حوزه ایمنی مانند المودی (۵) که بر اهمیت فرهنگ ایمنی و مشارکت کارکنان تأکید دارند، همسو است. یکی از جنبه‌های ارزشمند این پژوهش، مشارکت سه گروه مختلف از خبرگان (کارشناسان HSE، بازرسان کار و کارشناسان رسمی دادگستری) بود. این تنوع به ما کمک کرد تا ابعاد فنی، قانونی و اجرایی مسئله را به‌صورت هم‌زمان ببینیم و از یک‌سویه‌نگری جلوگیری کنیم (۲۹). با این حال، نباید از این نکته غافل شد که هر پژوهشی با محدودیت‌هایی همراه است. مهم‌ترین محدودیت این مطالعه، وابستگی نتایج به قضاوت‌های ذهنی خبرگان است که ممکن است تحت تأثیر تجربیات شخصی یا دیدگاه‌های سازمانی قرار گرفته باشد. تحلیل نتایج نشان داد که اگرچه وزن‌های عددی بین سه گروه تفاوت‌هایی دارد، اما رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در هر سه گروه یکسان است و کنترل‌های مهندسی در همه گروه‌ها رتبه اول را کسب کرده است. این اجماع نظر بین سه گروه با تخصص‌های متفاوت، نشان‌دهنده اعتبار بالای یافته‌های پژوهش است. با این حال، در مورد وزن معیار قابلیت اجرا، کارشناسان HSE وزن بالاتری نسبت به دو گروه دیگر قائل شده‌اند که احتمالاً به دلیل تجربه عملیاتی آن‌ها در محیط پالایشگاه است. این تفاوت دیدگاه می‌تواند به‌عنوان یک یافته مهم تلقی شود و نشان دهد که در تصمیم‌گیری‌های ایمنی، باید به دیدگاه‌های عملیاتی و فنی در کنار دیدگاه‌های قانونی توجه کرد.

به‌شدت کاهش می‌یابد. این یافته با مطالعه ایزچی و همکاران (۱۴) در کارخانه‌های کشتی‌سازی ترکیه همخوانی دارد. آن‌ها نشان دادند که آموزش‌های عمومی ایمنی، تأثیر کمتری نسبت به آموزش‌های تخصصی و مبتنی بر شغل دارند. همچنین، محمودی هریس و همکاران (۲۸) در بررسی حوادث نیروگاه‌های گاز و بخار نشان دادند که ضعف آموزش، یکی از عوامل مهم در بروز حوادث است، اما این عامل در مقایسه با نقص تجهیزات و ضعف مدیریت، وزن کمتری دارد. از سوی دیگر، وزن نسبتاً پایین آموزش (۰/۱۶۱۸) نشان‌دهنده آن است که خبرگان به‌خوبی می‌دانند که "آموزش به‌تنهایی کافی نیست" و باید در کنار سایر راهکارها دیده شود. این نگرش با رویکرد سلسله‌مراتب کنترل خطر که آموزش را در سطح کنترل‌های مدیریتی و نه در سطح حذف خطر قرار می‌دهد، همسو است.

تجهیزات حفاظت فردی (PPE) با وزن نهایی ۰/۱۲۲۱ در آخرین رتبه قرار گرفتند. این نتیجه با ماهیت PPE به‌عنوان آخرین لایه دفاعی در سلسله‌مراتب کنترل، کاملاً سازگار است. هرچند در شرایط اضطراری یا برای خطرات باقی‌مانده، استفاده از PPE ضروری است، اما اتکای صرف به آن بدون انجام اصلاحات مهندسی و مدیریتی، نه تنها ناکارآمد، بلکه از نظر انسانی غیرمسئولانه تلقی می‌شود. محمودی هریس و همکاران (۲۸) نیز در بررسی حوادث نیروگاه‌های گاز و بخار به همین نتیجه دست یافته‌اند. دلیل قرار گرفتن PPE در آخرین رتبه، در ماهیت آن نهفته است. PPE خطر را حذف نمی‌کند، بلکه صرفاً فرد را در برابر آن محافظت می‌کند. بنابراین، اگر PPE به‌درستی استفاده نشود یا کیفیت مناسبی نداشته باشد، اثربخشی آن به‌شدت کاهش می‌یابد. همچنین، استفاده از PPE ممکن است باعث ایجاد حس امنیت کاذب در کارکنان شود و آن‌ها را از توجه به سایر خطرات غافل کند. این یافته با نتایج مطالعه وزدانی و همکاران (۱۸) که بر ضرورت توجه به کنترل‌های مهندسی در کنار PPE تأکید کرده‌اند، همخوانی دارد. از سوی دیگر، وزن پایین PPE (۰/۱۲۲۱) نشان‌دهنده آن است که خبرگان پالایشگاه گاز پارسیان، به‌درستی دریافته‌اند که اتکای صرف به PPE، یک راهکار دفاعی ضعیف است و باید در کنار سایر اقدامات دیده شود. این نگرش با اصول علمی ایمنی که PPE را به‌عنوان "آخرین خط دفاعی" معرفی می‌کند، کاملاً همسو است.

وزن پایین "قابلیت اجرا" (۰/۰۹۰۲) و "پذیرش کارکنان" (۰/۰۴۵۴) نشان‌دهنده آن است که از دیدگاه خبرگان، این دو معیار در مقایسه

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف اولویت‌بندی راهکارهای کاهش حوادث شغلی در پالایشگاه گاز پارسیان انجام شد. نتایج نشان داد که از دیدگاه خبرگان، کنترل‌های مهندسی با وزن ۰/۴۶۵۴ مؤثرترین راهکار هستند و پس از آن به ترتیب کنترل‌های مدیریتی (۰/۲۵۰۷)، آموزش و ایمنی رفتاری (۰/۱۶۱۸) و تجهیزات حفاظت فردی (۰/۱۲۲۱) قرار می‌گیرند. این اولویت‌بندی نه تنها با اصول علمی سلسله‌مراتب کنترل خطر هماهنگ است، بلکه با دیدگاه عملی خبرگان حوزه ایمنی نیز مطابقت دارد.

پیشنهادهای عملیاتی

بر اساس نتایج این پژوهش، پیشنهادهای عملیاتی زیر برای پالایشگاه گاز پارسیان ارائه می‌شود:

- تخصیص منابع به اصلاحات مهندسی: نصب و ارتقای سیستم‌های آشکارساز گاز، بهبود تهویه در نقاط بحرانی، طراحی مکانیزم‌های توقف اضطراری و بازطراحی نقاط پرخطر.
- راه‌اندازی برنامه جامع نگهداشت پیشگیرانه و جلوگیری از بروز خرابی‌های ناگهانی و ریسک‌های ناشی از فرسودگی تأسیسات.
- تقویت نظام مجوز کار به‌ویژه برای فعالیت‌های بحرانی مانند کار گرم، ورود به فضاهای بسته، کار در ارتفاع و عملیات تعمیرات اساسی.
- جایگزینی آموزش‌های عمومی با دوره‌های هدفمند، همراه با پایش مستمر رفتارهای ایمن و ارائه بازخوردهای سازنده.
- ترویج فرهنگ ایمنی و ایجاد حس مسئولیت جمعی در بین کارکنان.
- ارتقای استانداردهای PPE متناسب با ماهیت خطرات و شرایط اقلیمی منطقه.
- استفاده از KPI و پایش مستمر اثربخشی برنامه‌های ایمنی و اقدامات اصلاحی به‌موقع.
- پیشنهادهای برای پژوهش‌های آینده

- تکرار مطالعه در سایر پالایشگاه‌ها برای ارائه الگویی جامع‌تر و بومی‌تر.
- مقایسه AHP با روش‌های دیگر مانند تاپسیس یا ویکور برای بررسی استقلال نتایج از روش.
- ارزیابی تأثیر عملی راهکارها و بررسی اینکه اولویت‌بندی تا چه حد توانسته است شاخص‌های ایمنی را بهبود بخشیده و حوادث را کاهش دهد.
- استفاده از Fuzzy AHP برای کاهش عدم قطعیت قضاوت خبرگان و انجام تحلیل حساسیت کامل برای ارزیابی پایداری رتبه‌بندی‌ها در سناریوهای مختلف.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از داوران محترم و گرانقدر این مقاله که با نظرات سازنده، دقیق و علمی خود، نقش بسزایی در ارتقای کیفیت و غنای این پژوهش ایفا کردند، نهایت سپاس و امتنان را داریم. بی‌شک، بدون راهنمایی‌های ارزشمند ایشان، این مقاله به این سطح از کیفیت و انسجام نمی‌رسید. همچنین، از مدیران و کارشناسان محترم شرکت پالایش گاز پارسیان، به‌ویژه واحد HSE، که در فرآیند جمع‌آوری داده‌ها و توزیع پرسش‌نامه‌ها همکاری صمیمانه‌ای داشتند، قدردانی می‌شود. از تمامی خبرگان و متخصصانی که با صبوری و دقت، پرسش‌نامه‌های مقایسه زوجی را تکمیل کردند و دیدگاه‌های ارزشمند خود را در اختیار پژوهش قرار دادند، نیز سپاسگزاریم.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تضاد یا تعارض منافی ندارند.

استفاده از هوش مصنوعی

بدین وسیله اعلام می‌شود در تدوین مقاله از هوش مصنوعی استفاده نشده است.

References

1. International Labour Organization (ILO). Nearly 3 million people die of work-related accidents and diseases. 2023. [cited 2026 3 July]. <https://www.ilo.org/resource/news/nearly-3-million-people-die-work-related-accidents-and-diseases>
2. Khorshidi M, Omati MB, Ashour M, Fahimi A. Examination of work-related accidents and the social

rights of mine workers (Focusing on the tabas mine accident). Reports. 2025;33(1):e20583. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/report.mrc.2025.1404.33.1.20583>

3. Sadjadi Parsa SJ, Aalaei Meherzi M, Alaei Meherzie M. Identification and prioritization of factors affecting working accidents using the AHP method (case study: Shahid Rajaee Port). Journal of Marine Science and Technology. 2023;22(4):23-31. (In Persian). <https://doi.org/10.22113/jmst.2019.202794.2313>

4. Rezvani M, Tabibian S, Veisi A. The assessment of safety and health risk using multi-criteria evaluation technique and TOPSIS method in Ilam gas refinery. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2020;12(4):639-650. (In Persian). <http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6307-fa.html>
5. Alamoudi M. Hierarchical modeling of safety factors in the construction industry using Interpretive Structural Modeling (ISM) and Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL). *Buildings*. 2026;16(1):155. <https://doi.org/10.3390/buildings16010155>
6. Ebrahimzadeh M, Halvani GH, PourSadeghian M. Risk assessment and management of hazard in one of the refineries in south Iran by using preliminary hazard analysis technique. *Iranian Safety Science and Technology Journal*. 2016;3(1):31-41. (In Persian).
7. Safarian M, Mardani Qahferkhi P, Khadami M, Mardani Qahferkhi A. Identification, assessment and ranking of hazards considering HSE factors using fuzzy analytic hierarchy process in refineries: a case study of South Pars Complex phases 15 and 16. *Second International Conference of HSE Experts in Oil, Gas, Petrochemical, Steel, Cement and Construction Projects*. 2018. Yazd. (In Persian).
8. Kazemi M, Abbasi A, Kazemi M, Jamshidzadeh N, Rashidi MA. Identification of hazards and risk assessment among various units of Ilam gas refinery using the integrated approach of Bow-tie and FMEA methods. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2021;29(2):1-12. (In Persian). <https://doi.org/10.52547/sjimu.29.2.1>
9. Beljickangarlou M, Naebi TM, Dehdashti A, Fatemi F, Beshart ZA. Risk assessment of occupational safety and health hazards using job safety analysis: a case study of steel industry. *Journal of Preventive Medicine*. 2021;8(4):25-35. (In Persian). <http://jpm.hums.ac.ir/article-1-495-fa.html>
10. Bevilacqua M, Braglia M. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering & System Safety*. 2000;70(1):71-83. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(00\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(00)00047-8)
11. Tan Z, Li J, Wu Z, Zheng J, He W. An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection. *Safety Science*. 2011;49(6):852-860. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.015>
12. Karami J, Karimi S. HSE hazard analysis in Iran Yasa Rubber Industry using the HEMP & BOW-TIE approach. *Occupational Hygiene and Health Promotion Journal*. 2019;3(1):51-62. (In Persian). <https://doi.org/10.18502/ohhp.v3i1.964>
13. Yousefi Manesh H, Valipoor H, Shamsedini E. Develop a safety management model using superior components of safety cost. *International Journal of Finance & Managerial Accounting*. 2023;8(29):65-79. <https://doi.org/10.30495/ijfma.2023.21125>
14. Izci FB, Gökyay O, Barlas B. Investigation of non-fatal occupational accidents and their causes in Turkish shipyards. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2024;30(1):33-40. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2157545>
15. Mousavi SM, Karimi A, Zakerian SA, Jahadi Naeini 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. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2021;8(1):37-45. (In Persian). <https://doi.org/10.52547/johe.8.1.37>
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. *Journal of Hazard and Safety at Work*. 2018;8(4):371-382. (In Persian). <http://jhs.w.tums.ac.ir/article-1-5960-fa.html>
17. Kakaei H, Poornajaf A, Safarpour F, Rezaei H. Risk assessment using William Fine Method at Ilam Gas Refinery in 2012. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2018;25(6):150-159. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/sjimu.25.6.150>
18. Vazdani S, Sabzghabaei GR, Dashti S, Cheraghi M, Alizadeh R, Hemmati A. Application of FMEA model for environmental, safety and health risks assessment of gas condensates storage tanks of Parsian Gas Refining Company in 2016. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2018;17(4):345-358. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17353165.1397.17.4.3.8>
19. Shana News Agency. Parsian Refinery seeks to attract resources to improve efficiency. 2025. [cited 2026 29 June]. <https://www.shana.ir/news/659280/>
20. Saaty TL. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. 2004;13(1):1-35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>
21. Saaty TL, Vargas LG. The analytic hierarchy process: wash criteria should not be ignored. *International Journal of Management and Decision Making*. 2006;7(2-3):180-188. <https://doi.org/10.1504/IJMDM.2006.009142>
22. Shahrabi Moghadam F. Introduction to the analytical hierarchy process (AHP). *Zist Sepehr Student Magazine*. 2024;17(1):52-57. (In Persian). https://biosepehrs.jut.ac.ir/article_99673_en.html
23. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Hierarchy of Controls. National Institute for Occupational Safety and Health. 2015. <https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/>
24. Akhavan A, Salehi Reyhani SH, Halvani G. Analysis of fractures and disability defects accidents in Lian Oil Company by Tripod Beta technique. *Occupational Medicine*. 2021;3(2):1-10. (In Persian). <https://doi.org/10.18502/rtkj.v13i2.7036>
25. Heydari M, Omidvari M, Fam IM. Presenting of a material exposure health risk assessment model in oil and gas industry (case study: Pars Economic and Energy Region). *Journal of Health and Safety at Work*. 2014;3(4):11-22. (In Persian). <http://jhs.w.tums.ac.ir/article-1-5097-en.html>

26. Vosoughi S, Chalak MH, Rostamzadeh S, Jahanpanah M, Ebrahimi H. Analyzing the causes of falling from height accidents in construction projects with analytical hierarchy process (AHP). Health and Safety at Work. 2020;10(2):96-109. <http://jhs.w.tums.ac.ir/article-1-6293-en.html>
27. Marhavilas PK, Filippidis M, Koulinas GK, Koulouriotis DE. The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control-points and prioritizing risks in industry – A case study. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2019;62:103981. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.103981>
28. Mahmoudi Herris S, Nikoomaram H, Ghaffari F, Miri Lavasani M. Identification and assessment of the effective factors on the occurrence of the environmental events caused by the construction and operation of gas and steam power plants (Case Study: MAPNA Group). Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2020;6(4):10-17. (In Persian). <http://johe.umsha.ac.ir/article-1-506-fa.html>
29. Majidian N, Samipourgiri M, Azizi F. Assessment and analysis of process hazards in the new hydrogen production unit of Tehran refinery. In: First International Conference on Oil, Gas, Petrochemicals, and Power Plants; 2012; Tehran.