



Research paper

(Received May 13, 2025

Accepted July 7., 2025)

Identifying and ranking the drivers of environmental performance optimization and development of oil and gas refineries in the Republic of Iran using a strategic foresight approach

Hossein Hamzavi^{*1}, Jamshid Salehi Sadaghyani², Fatmeh Najafi³

¹ *Master of Science in Organizational Behavior Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabatabaee University, Tehran, Iran.*

² *Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabatabaee University, Tehran, Iran.*

[†] *Master of Industrial Management, Faculty of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.*

Abstract

The purpose of this research was to identify and rank the drivers of environmental performance optimization and development of oil and gas refineries in the Republic of Iran using a strategic foresight approach. In terms of method, the present research is based on structural interaction matrix analysis with a strategic foresight approach and in terms of purpose, it is of a developmental-applied type. The statistical population of this research consists of 30 experts, including university professors and senior managers of oil and gas refineries in the Republic of Iran using a targeted method. The data of this research were collected through structured interviews and a qualitative questionnaire with a score from zero to three according to the structural interaction matrix and analyzed with the MICMAC statistical software. The findings of this study showed that the drivers of developing and implementing sustainable development plans in integrating refinery project processes, applying environmental standards in designing processes and operational units, training and developing environmental skills and competencies of human resources are influential drivers (influence). Also, the drivers of using renewable and clean energies in operational processes and production units, using a green approach in managing industrial waste and environmental pollutants, and modifying the energy consumption pattern in organizational and operational units of the refinery are influential drivers (dependent drivers). Finally, the drivers of upgrading air purification systems in refinery burners and exhaust chimneys are emphasizing the use of digital technologies in controlling pollution of production lines as independent drivers (eliminable drivers). The results of this study showed that identifying and ranking the drivers of optimization and development of environmental performance of oil and gas refineries in the Republic of Iran enables targeted allocation of resources, making strategic decisions, and employing effective technologies, and ultimately facilitates the movement towards sustainable development and compliance with international standards in the country.

Keywords: Environment, performance, environmental performance, strategic foresight approach.

* Corresponding Author: Hossein Hamzavi
Email: Hossein.Hamzvii@gmail.com
Phone: 09307082760



مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱/۱

بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی

حسین حمزوی*^۱، جمشید صالحی صدقیانی^۲، فاطمه نجفی^۳

^۱ کارشناسی ارشد مدیریت رفتار سازمانی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

^۲ استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

^۳ کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی می‌باشد. پژوهش حاضر از نظر روش انجام، بر پایه تحلیل ماتریس اثرات متقابل ساختاری با رویکرد آینده‌نگاری راهبردی و از نظر هدف، از نوع توسعه‌ای-کاربردی است. جامعه آماری این پژوهش از ۳۰ نفر از خبرگان شامل اساتید دانشگاهی و مدیران عالی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران به روش هدفمند تشکیل شده است. داده‌های این پژوهش از طریق مصاحبه ساختاریافته و پرسشنامه کیفی امتیازدهی از صفر تا سه طبق ماتریس اثرات متقابل ساختاری جمع‌آوری شده و با نرم‌افزار آماری میک‌مک تجزیه و تحلیل شده‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیشران‌های تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه، کاربست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی، آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی به عنوان پیشران‌های تأثیرگذار (نفوذ) هستند. همچنین، پیشران‌های بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی، بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی، اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه به عنوان پیشران‌های تأثیرپذیر(وابسته) هستند. در نهایت، پیشران‌های ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه، تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی به عنوان پیشران‌های مستقل(حذف شونده) هستند. نتایج این پژوهش نشان داد که بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران امکان تخصیص هدفمند منابع، اتخاذ تصمیم‌های راهبردی و به‌کارگیری فناوری‌های مؤثر را فراهم ساخته و در نهایت موجب تسهیل حرکت به سوی توسعه پایدار و انطباق با استانداردهای بین‌المللی کشور می‌گردد.

کلمات کلیدی: محیط‌زیست، عملکرد، عملکرد زیست‌محیطی، رهیافت آینده‌نگاری راهبردی.

۱- مقدمه

در جهان امروز صنایع پالایشگاهی نفت و گاز، به‌عنوان یکی از بخش‌های اصلی انرژی نقش حیاتی در توسعه و افزایش تولیدات کشور دارند، در حالی که آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر، پیامد جدی فعالیت این صنایع محسوب می‌شود [۱]. در این میان، کشور ایران، به‌عنوان چهارمین کشور دارای ذخایر نفتی و بزرگ‌ترین دارنده ذخایر گازی جهان، به‌طور قابل توجهی در معرض آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از صنعت نفت و گاز قرار دارد؛ صنعتی که بخش عمده‌ای از اقتصاد کشور را تشکیل می‌دهد. بخش زیادی از این آلودگی‌ها از فعالیت‌های صنعت بالادستی نفت و گاز ناشی شده و بخش دیگر آن به صنایع پایین‌دستی مربوط است [۲]. در واقع، پالایشگاه‌های نفت و گاز انواع آلاینده‌های زیست‌محیطی و صنعتی مانند ترکیبات آلی فرار (VOCs)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، ذرات معلق، منوکسید کربن (CO) و سولفید هیدروژن (H_2S) را منتشر می‌کنند، که تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط زیست محسوب شده و کیفیت زندگی ساکنان مناطق مجاور جوامع صنعتی را به‌طور چشمگیری تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳]. افزون بر این، آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از فرآیندهای پالایشگاه‌های نفت و گاز می‌تواند متنوع بوده و بسته به مرحله فرآیند، پیچیدگی و حجم پروژه، ویژگی‌ها و حساسیت محیط اطراف، میزان اثربخشی طرح و برنامه، روش‌های پیشگیری از آلودگی و تکنیک‌های کنترل و کاهش اثرات، می‌تواند تفاوت‌هایی داشته باشد [۴]. در عین اینکه منابع انرژی، به ویژه نفت و گاز طبیعی، برای توسعه جهانی حیاتی هستند. لذا، دارای اثرات مخرب زیست‌محیطی قابل توجهی از جمله آلودگی و تخریب زیستگاه‌های بومی و محلی می‌باشند. در واقع، عملیات و فرآیندهای پروژه‌های این صنعت به‌طور قابل توجهی بر محیط‌زیست از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی آب و تخریب محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد [۵]. از همین رو، در مواجهه با تهدیدات جدی آلودگی‌های زیست‌محیطی، توجه به بهبود عملکرد زیست‌محیطی صنایع نفت و گاز موجب افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های ناشی از خسارات زیست‌محیطی و ارتقای تصویر عمومی این صنایع در سطح ملی و بین‌المللی می‌شود [۶].

بر اساس تئوری مبتنی بر منابع، عملکرد زیست‌محیطی به معنای میزان موفقیت یک سازمان یا صنعت در کاهش پیامدهای منفی فعالیت‌های خود بر محیط‌زیست بوده که با کنترل آلودگی، بهینه‌سازی مصرف منابع، رعایت قوانین زیست‌محیطی و ارزیابی مستمر برای شناسایی نقاط ضعف و بهبود اقدامات حفاظتی سنجیده می‌شود [۷]. همچنین بر اساس نظریه‌ی کارایی، عملکرد زیست‌محیطی بیانگر کارایی و اثربخشی سیاست‌ها و فناوری‌های به‌کاررفته در کاهش اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعتی بوده که با اجرای برنامه‌های کنترلی در جهت به حداقل رساندن آسیب به اکوسیستم، بهبود کیفیت محیط و ارتقاء سلامت عمومی نقش مؤثری ایفا می‌کند [۸]. در واقع، عملکرد زیست‌محیطی با به‌کارگیری فناوری‌های نوین، پایش مستمر آلاینده‌ها، مدیریت پسماند و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی، نقش مؤثری در کاهش آلودگی ناشی از صنعت نفت و گاز ایفا می‌کند؛ به‌طوری‌که با کنترل انتشار گازهای سمی، تصفیه فاضلاب‌ها و جلوگیری از نشت مواد خطرناک، از تخریب اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی جلوگیری شده و زمینه بهبود تدریجی کیفیت محیط‌زیست و ارتقاء عملکرد کلی سازمانی فراهم می‌شود [۹]. علاوه بر این، عملکرد زیست‌محیطی با تأکید بر فرآیندهای عملیاتی و تولیدی از طریق بهبود کارایی تولید، تصفیه و مدیریت منابع، با تکیه بر رویکرد سبز، به کاهش آلاینده‌ها در صنعت نفت و گاز از طریق کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کنترل نشت مواد شیمیایی و بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک می‌کند؛ که این امر موجب کاهش آلودگی‌های صنعتی و بهبود وضعیت محیط‌زیست در راستای ایفای نقش مسئولیت اجتماعی سازمان می‌گردد [۱۰]. همچنین، رعایت استانداردهای زیست‌محیطی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در مدیریت آلاینده‌ها، نقش مؤثری در توسعه پایدار صنعت نفت و گاز و کاهش اثرات مخرب آن بر محیط زیست و ارتقاء عملکرد زیست‌محیطی ایفا می‌کند [۱۱].

از سوی دیگر، عدم توجه به عملکرد زیست‌محیطی در صنعت نفت و گاز موجب افزایش آلودگی هوا، آب و خاک می‌شود که در نتیجه آن اکوسیستم‌ها تخریب، زیستگاه‌های طبیعی نابود و تنوع زیستی به‌شدت کاهش می‌یابد. در واقع، تداوم فعالیت‌های آلاینده بدون کنترل عملکرد زیست‌محیطی موجب انتشار گسترده مواد سمی و گازهای مضر شده که سلامت انسان‌ها را با افزایش بیماری‌های تنفسی، قلبی و سرطانی به خطر می‌اندازد [۱۲]. از طرفی، بی‌توجهی به عملکرد زیست‌محیطی در این صنعت موجب افزایش ناراضی‌ت در میان جوامع محلی، کاهش کیفیت زندگی کاری کارکنان، مهاجرت اجباری ساکنان بومی می‌شود که در نتیجه آن اعتماد مردم به صنایع و نهادهای دولتی به‌شدت کاهش می‌یابد [۱۳]. در واقع، بسیاری از مدیران سودآوری کوتاه‌مدت و کاهش هزینه‌ها را بر الزامات زیست‌محیطی ترجیح می‌دهند، زیرا اجرای استانداردهای زیست‌محیطی نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بالا و صرف زمان است. همچنین، نبود یا ضعف در اجرای قوانین و مقررات زیست‌محیطی، مدیران را از پاسخ‌گویی و مسئولیت‌پذیری در قبال پیامدهای زیست‌محیطی باز می‌دارد [۱۴]. در

نهایت، در صنایعی مانند نفت و گاز که نقش کلیدی در اقتصاد دارند، مدیران اغلب تحت فشار برای افزایش تولید قرار دارند و مسائل زیست‌محیطی در حاشیه قرار می‌گیرند [۱۵]. از همین رو، با توجه به پیامدهای منفی آلودگی‌های زیست‌محیطی، محققان داخل کشور و خارج از کشور بر بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز در راستای دستیابی به کارایی و اثربخشی بهتر تأکید داشته‌اند و پژوهش‌های زیر را در این حوزه انجام داده‌اند:

امامی مبینی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی بهینه‌سازی عملکرد پالایشگاه‌های گازی ایران با رویکرد کارایی زیست‌محیطی در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که کارآمدی فنی-زیست‌محیطی پالایشگاه‌های خانگیان (هاشمی‌نژاد) و پارسیان در میان ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی طی سال‌های مورد بررسی، وضعیت مطلوب‌تری داشته است، به طوری که با محاسبه شاخص بهره‌وری کل مالک‌کوئیس مشخص شد که به‌طور میانگین، ۶ پالایشگاه رشد مثبت و ۶ پالایشگاه دیگر رشد منفی بهره‌وری را در دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ تجربه کرده‌اند. افزون بر این، در این پژوهش محققان با نگاهی عملیاتی بر عملکرد پالایشگاه‌های گازی ایران سعی در اندازه‌گیری خروجی مطلوب و نامطلوب بر اساس موارد تجربی و کاربردی داشته‌اند؛ که این دیدگاه سیاست‌گذاری راهبردی جهت توسعه تحقق رویکرد کارایی زیست‌محیطی را محدود می‌سازد. همچنین، در این پژوهش مشخص نشده است که چه عواملی بر بهینه‌سازی عملکرد و کارایی زیست‌محیطی اثرگذار بوده‌اند [۱۶].

کرباسی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی به بررسی ساختار صنعت گاز ایران و اثرات زیست‌محیطی این صنعت پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که اثرات زیست‌محیطی بخش‌های اکتشاف و استخراج گاز و راهکارهای کاهش این اثرات، آلاینده‌ها و اثرات زیست‌محیطی صنعت پالایش و فرآوری گاز بر محیط پیرامونی معنادار است. در واقع، در این پژوهش اگرچه به بررسی اثرات زیست‌محیطی صنعت گاز پرداخته، اما از نظر ارائه راهکارهای اجرایی کاهش آلودگی، تحلیل هزینه-فایده، و توجه به نقش سیاست‌گذاری و فناوری‌های نوین دچار ضعف بوده و نتوانسته است پیشنهادهای کاربردی و آینده‌پژوهانه‌ای برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی ارائه دهد. لذا، در این پژوهش علی‌رغم بررسی ساختار صنعت و اثرات زیست‌محیطی، پیشران‌هایی که در راستای بهبود عملکرد زیست‌محیطی مؤثر هستند، مورد بررسی قرار نگرفته‌اند [۱۷].

زارعی و کاظمی (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی تدوین استراتژی‌های بهینه زیست‌محیطی صنایع نفت و گاز به روش SWOT در پارس جنوبی ۲ پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استراتژی بهبود شرایط زیست‌محیطی منطقه با امتیاز ۶/۲۳، استراتژی اصلاح و بازنگری برنامه‌های مدیریتی و به حداقل رساندن آلاینده‌های محیطی با امتیاز ۵/۲۳، و استراتژی توسعه و ارتقاء کیفیت مدیریت پساب و پسماند با استفاده از فناوری‌های نوین زیست‌محیطی با امتیاز ۵/۰۱ به ترتیب به‌عنوان برترین استراتژی‌ها در زمینه بهبود عملکرد زیست‌محیطی اولویت‌بندی شدند. یافته‌ها و نتایج نشان‌دهنده جایگاه سازمان در موقعیت رقابتی هستند و بر این اساس، ضروری است که استراتژی‌های حفظ، نگهداری و ثبات با هدف کاهش صدمات زیست‌محیطی و ارتقاء عملکرد پایدار در دستور کار قرار گیرند. با این حال، در این پژوهش تأکید محققان بر استراتژی‌های ایجاد تعادل بین عوامل درونی (ضعف‌ها و قوت‌ها) و بیرونی (فرصت‌ها و تهدیدها) منطبق با دیدگاه‌های بازاریابی و تأکید بر کارایی زیست‌محیطی در راستای عملکرد کلی سازمان است. همچنین، این پژوهش از نظر ارزیابی میدانی اثربخشی استراتژی‌ها، بررسی موانع اجرایی، تعامل ذی‌نفعان و تحلیل ظرفیت‌های فناورانه با ضعف مواجه بوده و در نتیجه، نتوانسته است نقشه راهی عملیاتی و آینده‌نگرانه برای ارتقاء عملکرد زیست‌محیطی ارائه دهد [۱۸].

رضایی‌منش و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی به بررسی شناسایی و اولویت‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی عملکرد پایدار سازمان‌های نفت و گاز و پتروشیمی با رویکرد آینده‌پژوهی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیشران‌های اصلاح فرآیندهای تولیدی و ساختارهای سازمانی با تأکید بر فناوری دیجیتال، هماهنگی استراتژی‌های تجاری و سازمانی با استراتژی‌های توسعه پایدار، آموزش، توسعه و توانمندسازی منابع انسانی متخصص، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پاک، سبز و تجدیدپذیر دارای بیشترین تأثیرگذاری (نفوذ) و بیشترین تأثیرپذیری (وابستگی) هستند. با این حال، در این پژوهش محققان بر ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در صنعت توجه نموده و سهم بررسی عوامل زیست‌محیطی در برابر عوامل اقتصادی و اجتماعی نیز بصورت محدودتر بررسی شده است. از طرفی، یافته‌های مطالعه نشان داده که پیشران‌های بهینه‌سازی عملکرد پایدار سازمان‌های نفت و گاز و پتروشیمی تحت یک سیستم ناپایدار بر یکدیگر اثرگذارند؛ که این ناپایداری در بکارگیری پیشران‌های بهینه‌سازی عملکرد پایدار می‌تواند موجب موضع‌گیری دو وجهی (اثرپذیری-اثرگذاری) در عملیاتی‌سازی پیشران‌ها و ضعف در سیاست‌های تبیینی شود [۲۱].

نیازی (۱۴۰۲) در پژوهشی به بررسی آینده‌نگاری راهبردهای بازیگران کلیدی نفت خام با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل ساختاری و روش مکتور پرداخت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ایالات متحده آمریکا در افق ۱۴۱۰، قدرتمندترین بازیگر نظام و اوپک کم‌تأثیرترین بازیگر به‌شمار می‌آید. اثرگذاری بازیگران مختلف و عدم توازن قدرت بین بازیگران مؤثر در عناصر کلیدی تعیین بهای آتی نفت خام از مواردی است که مدیریت صنعت نفت را به‌عنوان مدیریت سطح راهبردی با مشکل روبه‌رو می‌سازد. در واقع، این پژوهش پژوهش با بهره‌گیری از رویکرد آینده‌نگاری و تحلیل تعاملات بازیگران، به شناسایی نقش و اثرگذاری نسبی قدرت‌ها در تعیین بهای نفت خام پرداخته، اما از ارائه راهبردهای عملیاتی برای کاهش عدم توازن قدرت و مدیریت اثرات آن بر سیاست‌گذاری زیست‌محیطی و پایداری صنعت نفت غفلت کرده است، که این امر نشان‌دهنده شکاف دانشی در پیوند دادن تحلیل آینده‌محور با سیاست‌گذاری پایدار و مدیریت زیست‌محیطی صنعت انرژی است [۴۷].

ذوالفقارزاده و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای به بررسی سناریونگاری آینده شرکت‌های گاز استانی در ایران به پژوهشی مبتنی بر کارگاه‌های آینده و تحلیل تأثیر متقابل عدم قطعیت‌های کلیدی (مورد مطالعه: شرکت گاز استان تهران) پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که دو عدم قطعیت کلیدی «آرایش الگوی حکمرانی انرژی در کشور» و «نحوه تعاملات بین‌المللی» شناسایی شده و مبتنی بر این عدم قطعیت‌ها چهار سناریوی همای سعادت، سیه زاغ پران، ققنوس تنها و سیمرغ درمانگر طرح شد. در واقع، این پژوهش با بهره‌گیری از سناریونگاری و شناسایی عدم قطعیت‌های کلیدی در آینده شرکت‌های گاز استانی، گامی مهم در تحلیل آینده‌محور برداشته، اما از تبیین راهبردهای عملیاتی سازگار با هر سناریو، تحلیل پیامدهای زیست‌محیطی سناریوها و ارائه چارچوب تصمیم‌گیری برای مدیران صنعت گاز غفلت شده است، که این مسئله نشان‌دهنده شکاف دانشی در پیوند میان آینده‌پژوهی و مدیریت زیست‌محیطی و راهبردی در سطح بنگاه و سیاست‌گذاری است [۴۸].

پانایت^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی مسئولیت اجتماعی شرکت و عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌های نفت و گاز در اروپای مرکزی و شرقی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که مشارکت روزافزون این شرکت‌ها در ترویج اصول توسعه پایدار و افزایش نگرانی آنها در خصوص نگرش ذی‌نفعان و گزارش نتایج در خصوص عملکرد غیرمالی و زیست‌محیطی است. با این حال، در این پژوهش علی‌رغم بررسی جامع گزارشات جهانی، عوامل مؤثر بر بهینه‌سازی عملکرد غیرمالی و زیست‌محیطی را بررسی و ارائه ننموده است. در واقع، این پژوهش اگرچه به نقش مسئولیت اجتماعی در ارتقاء عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌های نفت و گاز پرداخته، اما از نظر شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر بهینه‌سازی عملکرد غیرمالی و زیست‌محیطی، نظیر سیاست‌های انگیزشی، ساختارهای حاکمیتی و فناوری‌های نوین، دچار ضعف بوده و به چگونگی اجرای عملی اصول توسعه پایدار در شرایط اقتصادی و نهادی گوناگون نپرداخته است که این موضوع نشان‌دهنده وجود شکاف دانشی در ارائه چارچوب‌های کاربردی برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی در صنایع انرژی است [۶].

ترمیزی و برهمانا (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی عملکرد زیست‌محیطی، ارتباط سیاسی و عملکرد مالی شرکت‌های نفت و گاز جهانی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که با استفاده از انتشار کربن، حجم نشت و مجموع جریمه‌های زیست‌محیطی به‌عنوان شاخص عملکرد زیست‌محیطی، همچنین، حجم نشت با عملکرد مالی شرکت‌های نفت و گاز رابطه مثبت دارد و از نظریه دیدگاه مبتنی بر منابع طبیعی حمایت می‌کند. با این حال، در این پژوهش بر شاخص‌های عملیاتی اثر گذار بر عملکرد زیست‌محیطی و مالی تأکید شده است و محققان از شاخص‌های راهبردی توسعه عملکرد زیست‌محیطی و مالی مغفول مانده‌اند. همچنین، این پژوهش با تمرکز بر شاخص‌های عملیاتی مانند انتشار کربن و حجم نشت، رابطه بین عملکرد زیست‌محیطی و مالی را بررسی کرده، اما از شاخص‌های راهبردی و بلندمدت توسعه عملکرد مانند نوآوری زیست‌محیطی، سرمایه‌گذاری پایدار و سیاست‌های کلان محیط‌زیستی غفلت ورزیده است، که این امر بیانگر شکاف دانشی در تبیین نقش رویکردهای راهبردی در ارتقاء هم‌زمان عملکرد مالی و زیست‌محیطی شرکت‌های نفت و گاز است [۱۹].

پندلی^۲ (۲۰۱۷) در پژوهشی به اندازه‌گیری عملکرد زیست‌محیطی برای توسعه نفت و گاز پرداخت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که شرکت‌های مستقل نفت و گاز و شرکت‌های کوچک‌تر که در اکتشاف و تولید تخصص دارند به طور متوسط نسبت به شرکت‌های

^۱Panait

^۲Tarmizi & Brahmana

^۳Pendley

بزرگ نفت شرکت‌های بزرگ بین‌المللی نفت، عملکرد زیست‌محیطی بهتری دارند. همچنین، عدم شفافیت در سیستم‌های نظارتی و گزارش‌های زیست‌محیطی مانعی برای ادامه تحقیقات در مورد عملکرد زیست‌محیطی برای شرکت‌ها است. در واقع، این پژوهش با تمرکز بر اندازه‌گیری عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌های نفت و گاز، نشان می‌دهد که شرکت‌های کوچک‌تر عملکرد بهتری نسبت به شرکت‌های بزرگ دارند، اما از تحلیل عوامل اثرگذار بر بهبود این عملکرد مانند سیاست‌های زیست‌محیطی، فرهنگ زیست‌محیطی، نوآوری فناورانه و نقش نهادهای نظارتی غفلت کرده است، که این موضوع بیانگر شکاف دانشی در درک مکانیزم‌های تقویت عملکرد زیست‌محیطی در سطوح مختلف سازمانی و نهادی است. لذا، محقق در این پژوهش، با اینکه بر اندازه‌گیری عملکرد زیست‌محیطی تأکید نموده، از بررسی عوامل اثرگذار بر بهبود عملکرد زیست‌محیطی مغفول مانده است [۲۰].

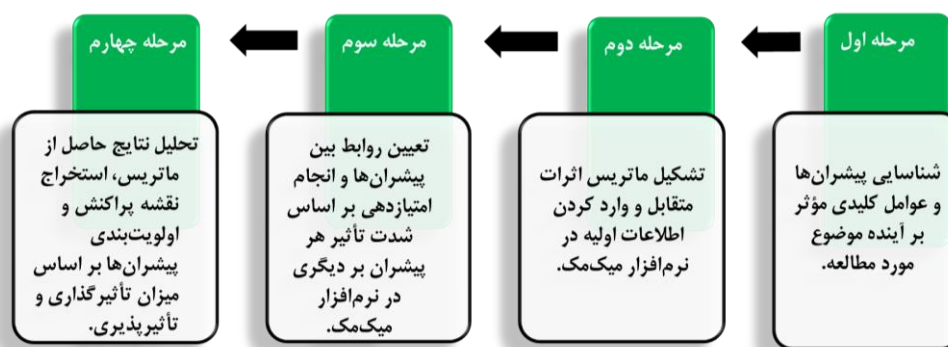
نوآوری اصلی این پژوهش در ارائه یک چارچوب آینده‌نگارانه در راستای بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز جمهوری اسلامی ایران در راستای دستیابی به اهداف برنامه هفتم توسعه کشور نهفته است، که با بهره‌گیری از رهیافت آینده‌نگاری راهبردی، رویکردی فراتر از تحلیل‌های ایستا و گذشته‌نگر اتخاذ می‌نماید. این پژوهش با تلفیق روش‌های کیفی و کمی، پیشران‌های کلیدی مؤثر در بهبود عملکرد زیست‌محیطی را در افق بلندمدت شناسایی و با تحلیل اثرات متقابل آن‌ها، به رتبه‌بندی راهبردی این عوامل می‌پردازد. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر شاخص‌های عملیاتی و کوتاه‌مدت متمرکز بوده‌اند، این تحقیق نگاه سیستمی و آینده‌نگر را در مدیریت زیست‌محیطی صنعت نفت و گاز ج.ا.ایران مد نظر قرار می‌دهد. همچنین، از طریق درگیرسازی خبرگان و ذی‌نفعان کلیدی در فرآیند تحلیل، روایی و کاربردپذیری نتایج را افزایش می‌دهد. ارائه راهکارهای راهبردی مبتنی بر پیشران‌های شناسایی شده، توان تصمیم‌سازی راهبردی را برای مدیران و سیاست‌گذاران زیست‌محیطی کشور تقویت می‌نماید. لذا، این پژوهش در خلأ موجود میان آینده‌پژوهی و مدیریت عملکرد زیست‌محیطی در صنعت نفت و گاز، با تمرکز بر زمینه بومی ایران، نوآوری مفهومی و کاربردی قابل توجهی ارائه می‌کند.

در واقع، مطالب بیان شده، نشان می‌دهد با بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی، فرصت‌های بهبود توسعه زیست‌محیطی پایدار و مقابله با چالش‌های آتی این مقوله در صنعت نفت و گاز ایران فراهم می‌شود. از طرفی، بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی، به سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و مدیران این صنعت کمک نموده تا برنامه‌های بهسازی و توسعه مدیریت زیست‌محیطی فرآیندهای عملیاتی و راهبردی در این صنعت عملیاتی نمایند و تصمیمات بهتری در حوزه توسعه زیست‌محیطی و پایداری محیطی اتخاذ کنند. با این حال، عدم بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی می‌تواند منجر به عدم تحقق اهداف پایداری، زیست‌محیطی، کاهش کارایی و اثربخشی فرآیندهای عملیاتی و استراتژیک گردد. با توجه به این مسائل، محقق در این پژوهش با توجه به مبانی نظری و سایر مطالعات انجام شده پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی را شناسایی کرده و با جمع‌آوری امتیازات خبرگان به رتبه‌بندی هر یک از پیشران‌ها از طریق روش امتیازدهی در ماتریس تحلیل اثرات متقابل ساختاری در نرم افزار میک‌مک خواهد پرداخت. لذا، هدف از انجام این پژوهش، بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی است.

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر روش انجام، بر پایه تحلیل ماتریس اثرات متقابل ساختاری با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی و از نظر هدف، از نوع توسعه‌ای-کاربردی است. روش ماتریس تحلیل اثرات متقابل ساختاری با رویکرد آینده‌نگاری راهبردی، ابزاری کارآمد برای بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های مؤثر بر آینده است. این روش با هدف درک پویایی‌های سیستم و سنجش احتمال وقوع پدیده‌ها در یک چارچوب پیش‌بینی شده به کار می‌رود. در این فرآیند، احتمال وقوع هر پدیده با تکیه بر ارزیابی تعاملات بالقوه میان اجزای سیستم و نظرات کارشناسی تعیین می‌شود. در ماتریس اثرات متقابل ساختاری، امتیازدهی به پیشران‌ها بر اساس میزان تأثیر آن‌ها بر دیگر پیشران‌ها صورت می‌گیرد؛ به این ترتیب که امتیاز صفر بیانگر (عدم تأثیر)، امتیاز یک (تأثیر ضعیف)، امتیاز دو (تأثیر متوسط) و امتیاز سه (تأثیر

زیاد) است. این امتیازها با بهره‌گیری از نظرات خبرگان و از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و با در نظر گرفتن شدت تأثیر هر پیشران بر سایر پیشران‌ها تعیین می‌شوند. مراحل اجرای تحلیل اثرات متقابل ساختاری با رهیافت آینده‌گاری راهبردی در نرم‌افزار میک‌مک به صورت زیر است [۲۱]:



شکل ۱- مراحل اجرای تحلیل اثرات متقابل ساختاری با رهیافت آینده‌گاری راهبردی

داده‌های این پژوهش از طریق مصاحبه‌های ساختاریافته با خبرگان و استفاده از روش امتیازدهی در ماتریس میک‌مک، در بازه‌ی امتیاز صفر تا سه گردآوری شده است. در این فرایند، خبرگان به پیشران‌های شناسایی شده بر اساس میزان تأثیر آن‌ها بر سایر پیشران‌ها امتیاز می‌دهند. نکته مهم در این ماتریس این است که به قطر اصلی ماتریس (تأثیر هر پیشران بر خودش) امتیازی اختصاص نمی‌یابد؛ چرا که در تحلیل اثرات متقابل ساختاری فرض بر آن است که پیشران‌ها بر خود تأثیر نمی‌گذارند. در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از خروجی نرم‌افزار میک‌مک و تکیه بر امتیاز نهایی هر پیشران انجام می‌شود و بر اساس میزان تأثیرگذاری (نفوذ) و تأثیرپذیری (وابستگی) پیشران‌ها رتبه‌بندی شده و در قالب نقشه پراکنش موقعیت و نقش آن‌ها در ماتریس مشخص می‌گردد [22].

جامعه آماری این پژوهش از ۳۰ نفر از خبرگان شامل اساتید دانشگاهی و مدیران عالی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران به روش هدفمند تشکیل شده است. تمام خبرگان بر اساس ویژگی‌های همچون تحصیلات مرتبط، سابقه آشنایی با موضوع و روش آینده‌نگاری راهبردی، سابقه تدریس و سابقه کاری مرتبط انتخاب شده‌اند. به این صورت که، تعداد ۱۳ نفر از این خبرگان از اساتید دانشگاهی و اعضای هیأت علمی دانشگاه‌های دولتی کشور (با مدرک دکترای تخصصی، سابقه پژوهش در حوزه محیط‌زیست، و حداقل ۱۰ سال سابقه تدریس)، و ۱۷ نفر از خبرگان از مدیران عالی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران (با مدرک دکترای تخصصی، تجربه سمت مدیریت عالی و حداقل سابقه کاری ۱۲ سال) انتخاب شدند.

به منظور بهره‌گیری از نظرات خبرگان، پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران مطابق با اسناد و مدارک موجود در پایگاه‌های معتبر علمی خارجی (گوگل اسکولار، اسکوپوس، امرالد، ساینس دایرکت، الزویر و ...) شناسایی گردید. لذا، جهت شناسایی پیشران‌ها از منابع مختلفی از جمله مطالعات منتشر شده در مجلات علمی نام برده شده، بهره‌گیری شد که از طریق جست‌وجو در پایگاه‌های داده آنلاین و اینترنت شناسایی گردیدند. با توجه به حجم بالای مقالات و اسناد انتشار یافته، منابع انتخاب شده مربوط به بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ بودند. برای جست‌وجوی مقالات، اسناد و مدارک، از واژه‌های کلیدی متنوعی نظیر «عملکرد زیست‌محیطی»، «عملکرد زیست‌محیطی صنعت نفت»، «عملکرد زیست‌محیطی صنعت گاز»، «عوامل مؤثر بر عملکرد زیست‌محیطی» و «پیشران‌های عملکرد زیست‌محیطی» استفاده شد. به منظور انتخاب مقالات مناسب، بخش‌های مختلف آن‌ها از جمله عنوان، چکیده، محتوا، روش پژوهش و امکان دسترسی مورد بررسی دقیق قرار گرفت. در نهایت، پس از بررسی‌های انجام شده ۸ مورد از پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران مطابق با جدول ۱ شناسایی شدند.

جدول ۱- پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران

ردیف	پیشران‌ها	علامت اختصاری	مفهوم	منبع
۱	تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی	پیشران (X1)	بهره‌گیری از ابزارهای هوشمند در راستای شناسایی و مهار آلودگی‌های فرآیند تولید. پایش بلادرنگ آلاینده‌ها با استفاده از سامانه‌های دیجیتال و تحلیلی پیشرفته.	[۲۳]؛ [۲۴]؛ [۲۵].
۲	بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی	پیشران (X2)	اولویت‌بخشی به تفکیک، بازیافت و کاهش پسماندها در منابع تولید. طراحی سیستم‌های پاک‌سازی با کمترین اثر زیست‌محیطی و بیشترین بهره‌وری. به‌کارگیری فیلترهای پیشرفته و فناوری احتراق پاک برای کاهش آلاینده‌ها.	[۲۶]؛ [۲۷]؛ [۲۸].
۳	ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه	پیشران (X3)	پایش مداوم خروجی‌های گازی برای کنترل دقیق انتشار گازهای مضر.	[۲۹]؛ [30].
۴	کاربست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی	پیشران (X4)	ادغام الزامات محیط‌زیستی در مرحله طراحی مهندسی فرآیندها. پیروی از چارچوب‌های بین‌المللی در ساخت و بهره‌برداری واحدهای صنعتی.	[۳۱]؛ [۳۲]؛ [33].
۵	بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی	پیشران (X5)	جایگزینی منابع سوخت فسیلی با انرژی خورشیدی، بادی یا زیستی. کاهش ردپای کربن با ادغام سیستم‌های سبز در چرخه تولید.	[۳۴]؛ [35]؛ [36].
۶	تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه	پیشران (X6)	طراحی پروژه‌ها با نگاه جامع به اقتصاد، محیط‌زیست و بهره‌وری منابع. هم‌راستاسازی توسعه صنعتی با الزامات پایداری بلندمدت و منطقه‌ای.	[37]؛ [38]؛ [39].
۷	آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی	پیشران (X7)	توانمندسازی کارکنان برای رعایت اصول محیط‌زیست در عملیات روزمره. طراحی برنامه‌های آموزشی برای ارتقاء آگاهی و عملکرد محیط‌زیستی کارکنان.	[40]؛ [41]؛ [42].
۸	اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه	پیشران (X8)	عملیاتی‌سازی راهکارهای صرفه‌جویی انرژی با تحلیل داده‌های مصرف واقعی. استفاده از سامانه‌های هوشمند در جهت بهینه‌سازی مصرف در تجهیزات پالایشگاهی.	[43]؛ [44]؛ [۴۵].

از همین رو، ارتباط بالفعل و بالقوه بین پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران در ماتریس اثرات متقابل ساختاری در این پژوهش ۸×۸ بوده و مطابق شکل ۲ است.

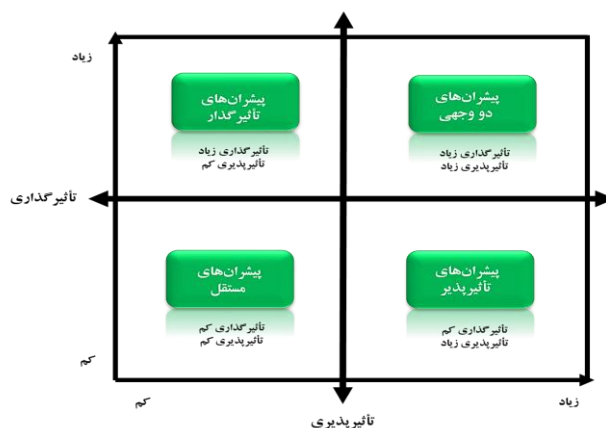
Matrix of Direct Influences (MDI)

	پیشران (X1): ۱	پیشرا (X2): ۲	پیشران (X3): ۳	پیشران (X4): ۴	پیشرا (X5): ۵	پیشران (X6): ۶	پیشران (X7): ۷	پیشران (X8): ۸
تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی: ۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی: ۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در صنایع و دودکش‌های خروجی پالایشگاه: ۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کارست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی: ۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی: ۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه: ۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی: ۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه: ۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

Influences range from 0 to 3, with the possibility to identify potential influences:
 0: No influence
 1: Weak
 2: Moderate influence
 3: Strong influence
 P: Potential influences

شکل ۲- ماتریس اولیه پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران

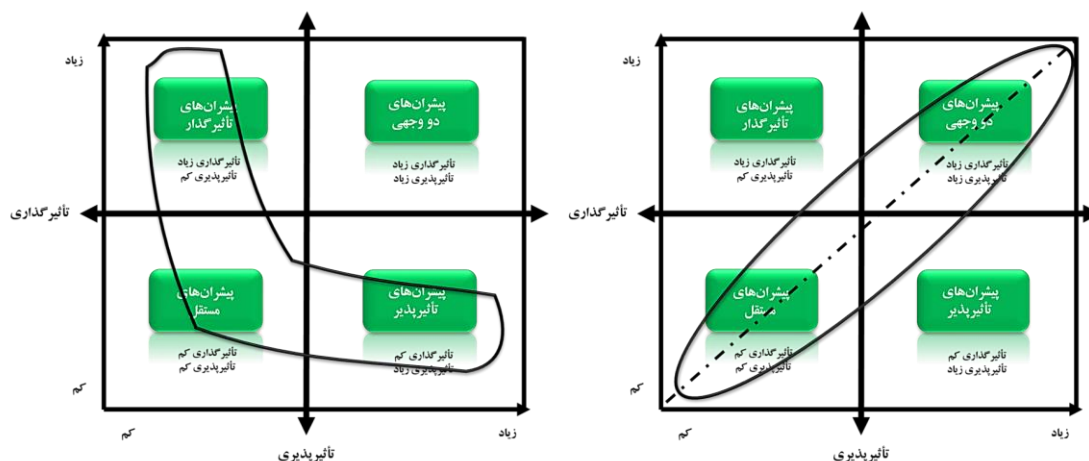
قبل از تحلیل اطلاعات باید بیان کرد که هر یک از پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران مطابق با ماتریس اثرات متقابل ساختاری بر اساس شکل ۳ در یک قسمت از ماتریس قرار می‌گیرند. بر اساس شکل ۳ پیشران‌های قرار گرفته در سمت راست بالای ماتریس دارای بیشترین تأثیرگذاری (نفوذ) و بیشترین تأثیرپذیری (وابستگی) بوده و به عنوان پیشران‌های دو وجهی (پیوندی) شناخته می‌شوند. همچنین، پیشران‌های قرار گرفته در سمت راست پایین ماتریس دارای کمترین تأثیرگذاری (نفوذ) و بیشترین تأثیرپذیری (وابستگی) بوده و با عنوان پیشران‌های وابسته (اثرپذیر) شناخته می‌شوند. همچنین، پیشران‌های قرار گرفته در سمت چپ بالای ماتریس دارای بیشترین تأثیرگذاری (نفوذ) و کمترین تأثیرپذیری (وابستگی) بوده و به عنوان پیشران‌های تأثیرگذار (نفوذی) شناخته می‌شوند؛ و در نهایت، پیشران‌های قرار گرفته در سمت چپ پایین ماتریس دارای کمترین تأثیرگذاری (نفوذ) و کمترین تأثیرپذیری (وابستگی) بوده و به عنوان پیشران‌های مستقل (حذف شونده) شناخته می‌شوند [۴۶].



شکل ۳- شماتیک پراکندگی پیشران‌ها در ماتریس اثرات متقابل ساختاری بر اساس تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

همچنین، نحوه توزیع و پراکندگی پیشران‌ها در ماتریس اثرات متقابل ساختاری نشان‌دهنده میزان پایداری یا ناپایداری سیستم است. بر اساس شکل ۴، در سیستم‌های پایدار، پراکندگی پیشران‌ها به شکل L بوده که بیانگر تأثیرگذاری بالای برخی پیشران‌ها و پایداری کلی سیستم است. در این سیستم، جایگاه هر یک از عوامل به‌طور دقیق مشخص شده و نقش آن‌ها به‌وضوح قابل تشخیص است. در

مقابل، در سیستم‌های ناپایدار، وضعیت پیچیده‌تر بوده و متغیرها به‌صورت پراکنده در امتداد محور قطری صفحه توزیع ماتریس اثرات متقابل ساختاری شده‌اند.



شکل ۴- شماتیک پراکنده‌گی پیشران‌ها در ماتریس اثرات متقابل ساختاری بر اساس پایداری و ناپایداری سیستم

۳- نتایج و بحث

مطابق با شکل ۲، ماتریس اثرات متقابل ساختاری بر اساس پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران در قالب فرمی (بصورت گسترده) در اختیار خبرگان موردنظر قرار داده شد و این خبرگان بر اساس طیف امتیازبندی میزان اثرگذاری (نفوذ) و اثرپذیری (وابستگی) بین پیشران‌ها را تعیین نمودند و سپس با تشکیل ماتریس اثرات متقابل، روابط بین پیشران‌ها در محیط نرم افزار میک‌مک تحلیل گردید. نتایج حاصل از پردازش مقدماتی داده‌ها در ماتریس در جدول ۲ و درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس در جدول ۳ قابل نمایش است.

جدول ۲- ویژگی‌های ماتریس اثرات مستقیم و مستقیم بالقوه

شاخص‌ها	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	تعداد صفر	تعداد یک	تعداد دو	تعداد سه	جمع	درجه پرشدگی
مقدار	8×8	2	19	26	14	5	74	70 درصد

جدول ۳- درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس

چرخش	تأثیرگذاری (نفوذ)	تأثیرپذیری (وابستگی)
۱	97 درصد	94 درصد
۲	100 درصد	100 درصد

۳-۱- تعیین میزان اثرگذاری و اثرپذیری پیشران‌ها

میزان اثرگذاری و اثرپذیری پیشران‌ها با استفاده از ماتریس تحلیل اثرات متقابل ساختاری تعیین می‌شود، که در آن شدت تأثیر هر پیشران بر سایر پیشران‌ها و میزان تأثیرپذیری آن از دیگر عوامل مورد بررسی قرار گرفته و امتیازدهی می‌شود. لذا، در این روش، میزان اثرگذاری یک پیشران بر سایر پیشران‌ها را از حاصل جمع سطرها و ماتریس و میزان اثرپذیری یک پیشران از سایر پیشران‌های شناسایی شده، از حاصل جمع ستون‌های ماتریس در جدول ۴ تشریح شده است.

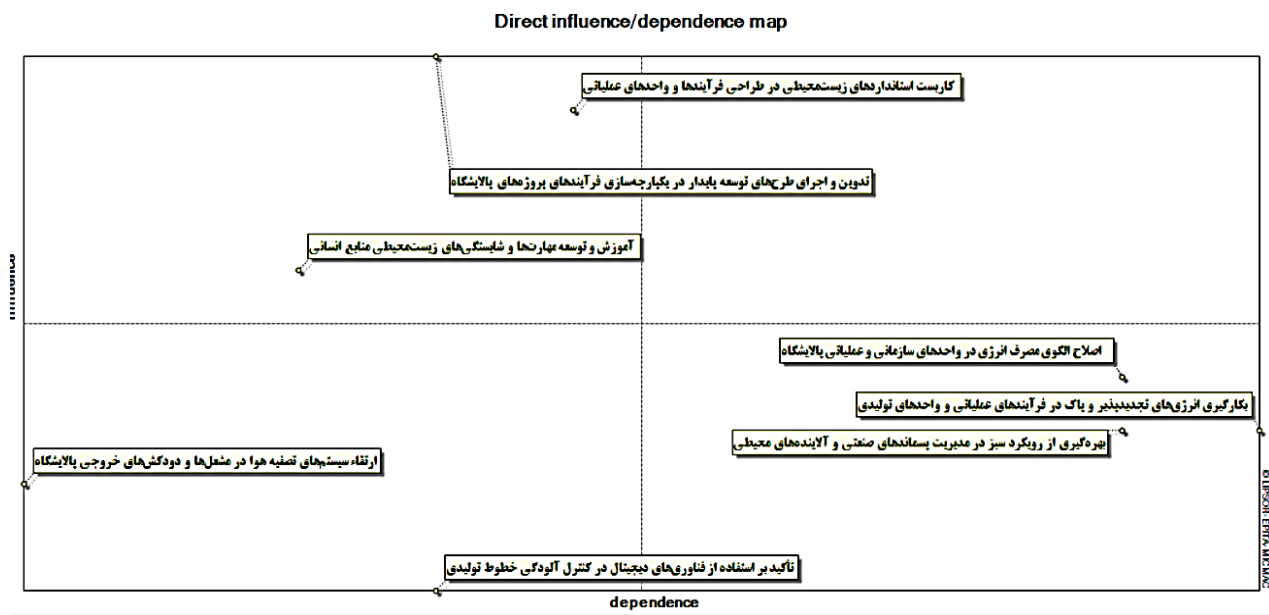
جدول ۴- نتایج اولیه میزان امتیاز اثرگذاری و اثرپذیری پیشران‌ها

ردیف	پیشران	علامت اختصاری	تعداد امتیاز کل سطرها (تأثیرگذاری)	تعداد امتیاز کل ستون‌ها (تأثیرپذیری)
۱	تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی	پیشران (X1)	4	7
۲	بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی	پیشران (X2)	7	12
۳	ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه	پیشران (X3)	6	4
۴	کاربست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی	پیشران (X4)	13	8
۵	بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی	پیشران (X5)	7	13
۶	تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه	پیشران (X6)	14	7
۷	آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی	پیشران (X7)	10	6
۸	اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه	پیشران (X8)	8	12
امتیاز کل			۶۹	۶۹

۳-۲- ماتریس اثر وابستگی مستقیم

ماتریس اثرات متقابل ساختاری دارای چهار نوع ماتریس تأثیرات مستقیم، تأثیرات غیر مستقیم، تأثیرات مستقیم بالقوه، تأثیرات غیر مستقیم بالقوه است. اولین تحلیل ماتریس اثرات متقابل ساختاری در نرم‌افزار میک‌مک با شروع از ماتریس تأثیرات مستقیم (MDI) انجام می‌گیرد. که فقط شامل روابط فعلی میان متغیرها بوده و در برگیرنده متغیرهای متقابل ساختاری (پیشران‌ها) است. در واقع، امتیاز خبرگان بصورت مستقیم در ماتریس اثرات متقابل ساختاری وارد می‌شود؛ و سپس ماتریس تأثیرات غیرمستقیم (MII) متناظر با ماتریس تأثیرات مستقیم است، که توسط نرم‌افزار با تکرار پی‌در پی تعداد چرخش‌ها تقویت شده است.

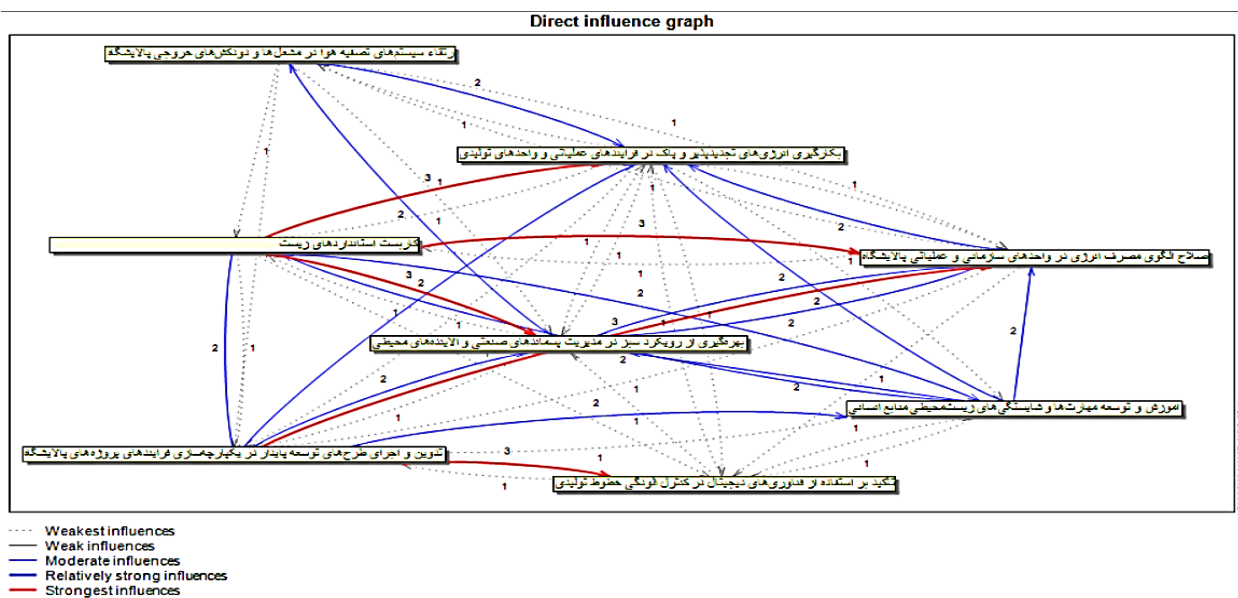
افزون بر این، دو ماتریس تأثیرات مستقیم بالقوه (MPDI) و تأثیرات غیر مستقیم بالقوه (MPII) نیز با تخصیص یک مقدار متناظر به مقادیر تعریف شده در ماتریس تأثیرات مستقیم به دست می‌آیند، که شامل تأثیرگذاری (نفوذ) و تأثیرپذیری (وابستگی) برای رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران است. در شکل ۵ نیز ماتریس اثر وابستگی مستقیم بر اساس تحلیل میک‌مک نیز بدست آمده است.



شکل ۵- ماتریس اثر وابستگی مستقیم

همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده شماتیک پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران بوده، به طوری که قرارگیری پیشران‌ها از نظر پراکندگی تأثیرگذاری (نفوذ) و تأثیرپذیری (وابستگی) به شکل کاملاً واضح در حالت L، و در سه ناحیه پیشران‌های تأثیرگذار (نفوذ)، تأثیرپذیر (وابسته) و مستقل (حذف شونده) پراکنده شده‌اند. بنابراین، در این سیستم، جایگاه هر یک از پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران به طور دقیق مشخص شده و نقش آن‌ها به وضوح قابل تشخیص است.

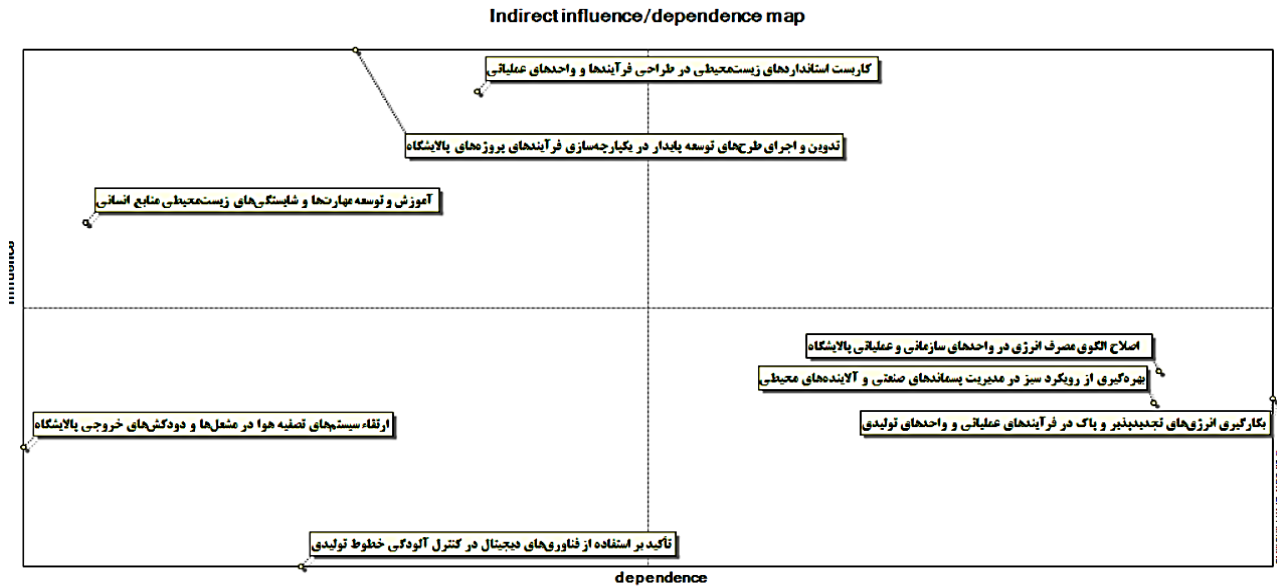
همچنین، در شکل ۶ ارتباط بین پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران در سطح پوشش ۱۰۰ درصد نمایش داده شده است، که تنها روابط مستقیم بین پیشران‌ها را نشان داده است. در این شکل تأثیر زیاد (خطوط قرمز)، متوسط (خطوط آبی)، کم (خطوط مشکی)، خیلی کم (خطوط نقطه چین) به آنها تعلق گرفته است.



شکل ۶- روابط مستقیم بین پیشران‌ها با پوشش ۱۰۰ درصد

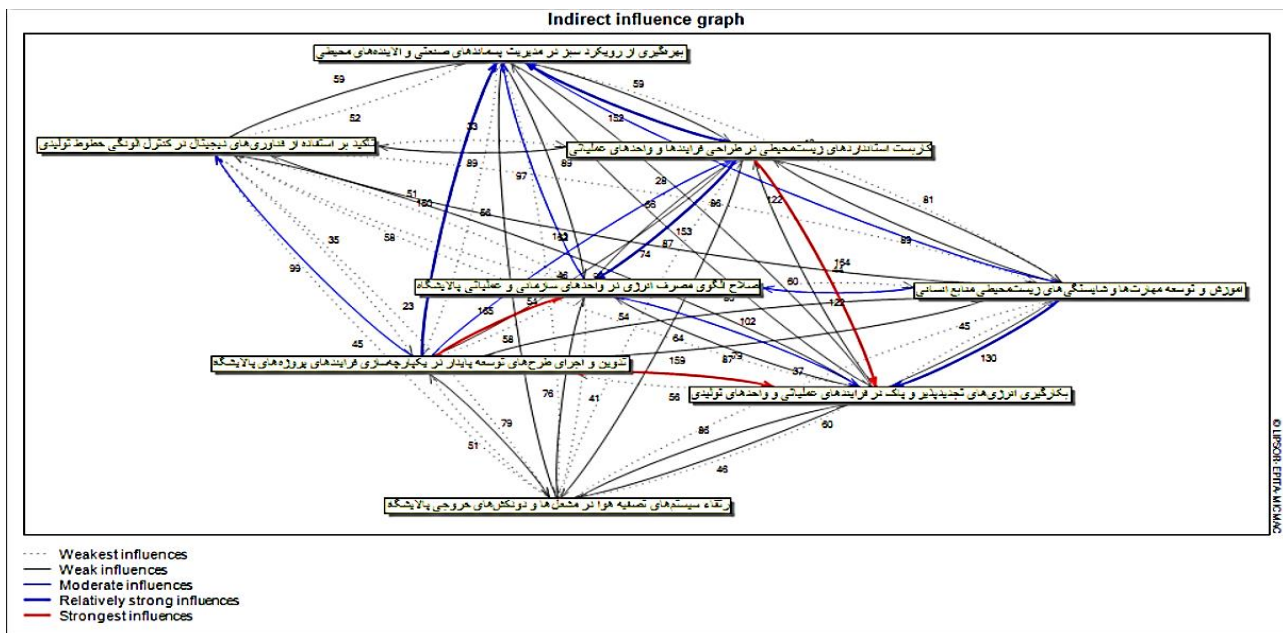
۳-۳- ماتریس اثر وابستگی غیرمستقیم

همانطور که قبل تر اشاره شد ماتریس تأثیرات غیر مستقیم (MII) متناظر با ماتریس تأثیرات مستقیم است، که توسط نرم افزار با تکرار پی در پی (تعداد چرخش‌ها) تقویت شده است. در شکل ۷ ماتریس اثر وابستگی غیرمستقیم پیشران‌ها نمایش داده شده است.



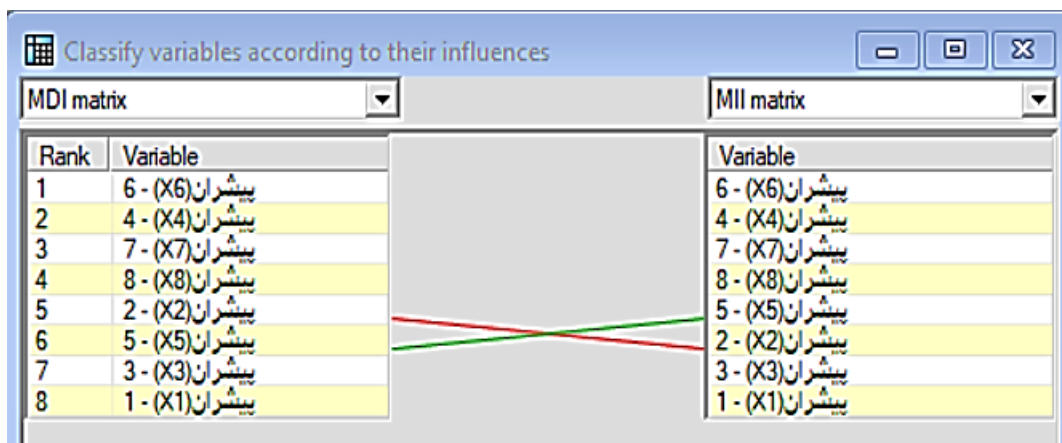
شکل ۷- ماتریس اثر وابستگی غیرمستقیم

در شکل ۸ روابط غیرمستقیم پیشران‌ها در سطح پوشش ۱۰۰ درصد نمایش داده شده است که تنها روابط غیر مستقیم بین پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیستمحیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز. ایران را که نشان می‌دهد. در این شکل تأثیر زیاد (خطوط قرمز)، متوسط (خطوط آبی)، کم (خطوط مشکی)، خیلی کم (خطوط نقطه چین) به آنها تعلق گرفته است.

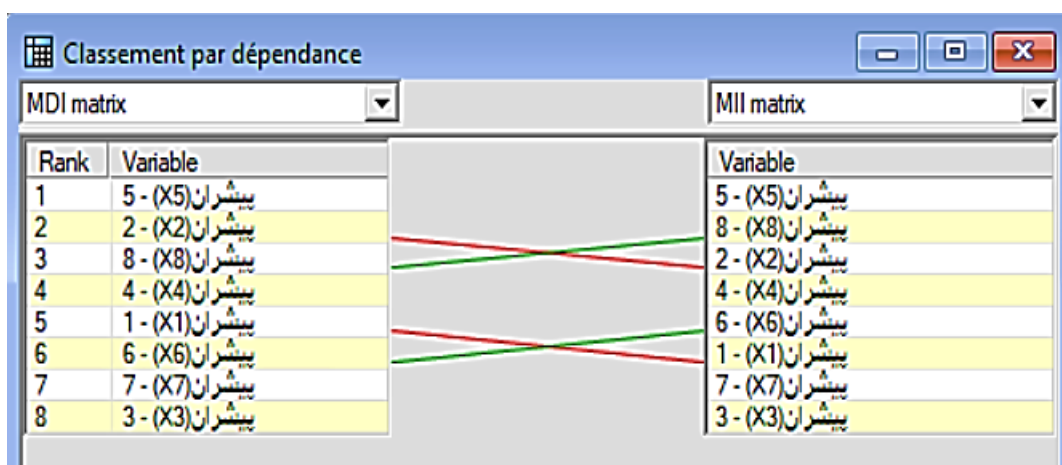


شکل ۸- روابط غیر مستقیم بین پیشران‌ها با پوشش ۱۰۰ درصد

در نهایت، بر اساس تحلیل ماتریس اثرات متقابل ساختاری، روابط مستقیم و غیرمستقیم پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران در نرم‌افزار میک‌مک، به رتبه‌بندی این پیشران‌ها می‌پردازیم. در شکل ۹ رتبه‌بندی پیشران‌ها بر اساس روابط مستقیم و غیرمستقیم بین پیشران‌ها به تفکیک تأثیرگذاری (نفوذ) و در شکل ۱۰ نیز رتبه‌بندی پیشران‌ها بر اساس روابط مستقیم و غیرمستقیم بین پیشران‌ها به تفکیک تأثیرپذیری (وابستگی) مشخص شده است.



شکل ۹- رتبه‌بندی پیشران‌ها بر اساس روابط مستقیم و غیرمستقیم بین پیشران‌ها به تفکیک تأثیرگذاری (نفوذ)



شکل ۱۰- رتبه‌بندی پیشران‌ها بر اساس روابط مستقیم و غیرمستقیم بین پیشران‌ها به تفکیک تأثیرپذیری (وابستگی)

در جدول ۵ نیز رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران بر اساس بیشترین تأثیرگذاری (نفوذ) در میک‌مک به تفکیک بیان شده است. همچنین، در جدول ۶ نیز رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران بر اساس بیشترین تأثیرپذیری (وابستگی) در میک‌مک به تفکیک بیان شده است.

جدول ۵- رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران به تفکیک تأثیرگذاری (نفوذ)

ردیف	رتبه‌بندی بر اساس تأثیرگذاری (نفوذ)	علامت اختصاری	امتیاز نهایی به دست آمده	
			تأثیرگذاری مستقیم	تأثیرگذاری غیرمستقیم
۱	تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه	پیشران(X6)	2028	1901
۲	کاربست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی	پیشران(X4)	1884	1800
۳	آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی	پیشران(X7)	1449	1482
۴	اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه	پیشران(X8)	1159	1123
۵	بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی	پیشران(X2)	1014	1056
۶	بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی	پیشران(X5)	1014	1046
۷	ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه	پیشران(X3)	869	939
۸	تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی	پیشران(X1)	579	650

جدول ۶- رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران به تفکیک تأثیرپذیری (وابستگی)

ردیف	رتبه‌بندی بر اساس تأثیرپذیری (وابستگی)	علامت اختصاری	امتیاز نهایی به دست آمده	
			تأثیرگذاری مستقیم	تأثیرگذاری غیرمستقیم
۱	بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی	پیشران(X5)	1884	1771
۲	بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی	پیشران(X2)	1739	1682
۳	اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه	پیشران(X8)	1739	1678
۴	کاربست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی	پیشران(X4)	1159	1151
۵	تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی	پیشران(X1)	1014	1056
۶	تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه	پیشران(X6)	1014	1014
۷	آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی	پیشران(X7)	869	846
۸	ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه	پیشران(X3)	579	797

مطابق با یافته‌ها و تحلیل روابط مستقیم و غیرمستقیم بین پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران، مشاهده می‌شود که پیشران‌های تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه، کاربست استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی، آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های

زیست‌محیطی منابع انسانی به عنوان پیشران‌های تأثیرگذار (نفوذ) هستند. همچنین، مشاهده می‌شود که پیشران‌های بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی، بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی، اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه به عنوان پیشران‌های تأثیرپذیر(وابسته) هستند. در نهایت، مشاهده می‌شود که پیشران‌های ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه، تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی به عنوان پیشران‌های مستقل (حذف شونده) هستند.

۴- نتیجه‌گیری

امروزه، بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز جمهوری اسلامی ایران، نقش حیاتی در کاهش پیامدهای مخرب زیست‌محیطی این صنعت و حفاظت از منابع طبیعی این کشور ایفا می‌کند. این رویکرد نه تنها موجب افزایش انطباق با الزامات ملی و بین‌المللی می‌شود، بلکه به ارتقاء تصویر جهانی صنعت نفت کشور نیز کمک می‌کند. همچنین، بهبود عملکرد زیست‌محیطی، ضامن سلامت جامعه، پایداری اقتصادی و مسئولیت‌پذیری نسل‌های آینده است. لذا، هدف از انجام این پژوهش، بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهینه‌سازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران با رهیافت آینده‌نگاری راهبردی می‌باشد. در وهله اول، یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیشران‌های تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پروژه‌های پالایشگاه، کاربری استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی، آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی به عنوان پیشران‌های تأثیرگذار (نفوذ) هستند. به این معنا که این پیشران‌ها از قدرت تأثیرگذاری (نفوذ) به شدت بالایی در برابر سایر پیشران‌های شناسایی شده، دارند. به عبارت دیگر، میزان تأثیرگذاری (نفوذ) این پیشران‌ها، موجب می‌شود که قابلیت به شدت بالایی جهت پایداری سیستم ایفا نمایند. یافته‌های این بخش با یافته‌های پژوهش [۳۷] با تأکید بر پالایشگاه نفت و آلودگی آب در زمینه طرح‌های توسعه پایدار، پژوهش [۳۱] با تأکید بر کاهش اثرات زیست‌محیطی از طریق طراحی، زمان‌بندی و بهره‌برداری همزمان پالایشگاه‌ها در استانداردهای طراحی، پژوهش [۴۰] با تأکید بر تعبیه شایستگی‌های پایداری زیست‌محیطی در آموزش و توسعه سرمایه انسانی بصورت نسبی هم‌راستایی دارد. بر همین اساس، می‌توان استنباط نمود که پیشران تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در یکپارچه‌سازی فرآیندهای پالایشگاه، نقش اساسی در هم‌راستاسازی اهداف زیست‌محیطی با اهداف تولیدی و اقتصادی پالایشگاه‌ها ایفا می‌کند. با یکپارچه‌سازی فرآیندها و استفاده از مدل‌های توسعه پایدار، تداخل‌ها، اتلاف منابع و تولید آلاینده‌ها به حداقل می‌رسد. این پیشران موجب هماهنگی بهتر میان واحدهای مختلف پالایشگاه و کاهش اثرات جانبی محیط‌زیستی در چرخه عمر پروژه‌ها می‌شود. طراحی پایدار، امکان استفاده مؤثرتر از انرژی، آب و مواد اولیه را فراهم می‌کند. در نتیجه، تدوین و اجرای طرح‌های توسعه پایدار در پروژه‌های پالایشگاهی با ایجاد هماهنگی سیستمی میان اهداف زیست‌محیطی و اقتصادی، بهره‌وری کل‌نگر را افزایش می‌دهد. این رویکرد با کاهش مصرف منابع و تولید آلاینده، به بهینه‌سازی عملکرد زیست‌محیطی در تمام مراحل چرخه عمر پروژه منجر می‌شود. همچنین، زمینه را برای تصمیم‌گیری مبتنی بر پایداری و افزایش انطباق با استانداردهای جهانی محیط‌زیستی در صنعت پالایش فراهم می‌سازد.

از طرفی، پیشران کاربری استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندها و واحدهای عملیاتی، تضمین‌کننده کاهش آلودگی، افزایش ایمنی و ارتقاء کیفیت زیست‌محیطی فعالیت‌های پالایشگاهی است. این استانداردها با هدایت طراحی‌ها به سوی رویکردهای پاک و کم‌اثر، نقش مهمی در پیشگیری از آلودگی در مبدأ ایفا می‌کنند. رعایت استانداردها باعث انتخاب فناوری‌ها و روش‌هایی می‌شود که با کمترین مصرف انرژی و مواد شیمیایی، بیشترین بازدهی را دارند. در سطح کلان، کاربری این استانداردها موجب افزایش انطباق با مقررات بین‌المللی و کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی و حقوقی پالایشگاه‌ها می‌گردد. در نتیجه، کاربری استانداردهای زیست‌محیطی در طراحی فرآیندهای پالایشگاهی، موجب نهادینه‌سازی پیشگیری از آلودگی در مبدأ و ارتقاء سطح ایمنی و سلامت محیطی می‌شود. این رویکرد با به‌کارگیری فناوری‌های بهینه، بهره‌وری عملیاتی را افزایش داده و مصرف منابع را کاهش می‌دهد. همچنین، پایبندی به این استانداردها زمینه‌ساز انطباق با الزامات بین‌المللی، ارتقاء اعتبار سازمانی و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی و حقوقی در سطح ملی و جهانی خواهد بود. در نهایت، پیشران آموزش و توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های زیست‌محیطی منابع انسانی، پایه‌گذار فرهنگ سازمانی سازگار با محیط‌زیست و محرکی برای اجرای مؤثر سیاست‌های زیست‌محیطی در پالایشگاه‌ها است. با افزایش دانش و آگاهی منابع انسانی

نسبت به خطرات زیست‌محیطی و راهکارهای پیشگیرانه، احتمال بروز خطاهای انسانی کاهش می‌یابد. این آموزش‌ها منجر به توانمندسازی نیروهای عملیاتی در استفاده صحیح از تجهیزات و واکنش به موقع در شرایط اضطراری می‌شود. همچنین، با توسعه شایستگی‌های تخصصی در زمینه محیط‌زیست، بستری برای نوآوری، بهبود فرآیندها و ارتقاء عملکرد کلی فراهم می‌گردد. در نهایت، سرمایه‌گذاری در آموزش، بازده بلندمدت و مزیت رقابتی برای صنعت پالایش فراهم می‌آورد. در نتیجه، آموزش و توسعه مهارت‌های زیست‌محیطی منابع انسانی، به عنوان زیربنای فرهنگ سازمانی پایدار، نقش کلیدی در کاهش مخاطرات زیست‌محیطی و افزایش اثربخشی سیاست‌های سبز ایفا می‌کند. این رویکرد با ارتقاء دانش تخصصی و توانمندسازی کارکنان، زمینه‌ساز واکنش سریع و مؤثر در مواجهه با شرایط بحرانی و کاهش خطاهای انسانی می‌شود. همچنین، موجب تسهیل نوآوری در فرآیندهای تولیدی و ارتقاء جایگاه رقابتی پالایشگاه‌ها در عرصه ملی و بین‌المللی خواهد شد.

در وهله دوم، یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیشران‌های بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی، بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی، اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه به عنوان پیشران‌های تأثیرپذیر(وابسته) هستند. به این معنا که این پیشران‌ها از قدرت تأثیرپذیری (وابستگی) به شدت بالایی در برابر سایر پیشران‌های شناسایی‌شده، دارند. به عبارت دیگر، میزان تأثیرپذیری (وابستگی) این پیشران‌ها، موجب می‌شود که در جهت پایداری سیستم تحت تأثیر سایر پیشران‌ها نقش خود را ایفا نمایند. یافته‌های این بخش با یافته‌های پژوهش [۳۴] با تأکید بر ادغام بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر در فرآیندهای پالایشگاه‌ها، پژوهش [۲۶] با تأکید بر پسماندهای صنعتی حاوی آلاینده‌های آلی و معدنی و رویکردهای زیست‌پالایی برای مدیریت زیست‌محیطی، پژوهش [۴۳] با تأکید بر اصلاح الگوی مصرف انرژی در فرآیند پالایش نفت خام مبتنی بر پارافین مصرف بصورت نسبی هم‌راستایی دارد. بر همین اساس، می‌توان استنباط نمود که پیشران بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در فرآیندهای عملیاتی و واحدهای تولیدی، موجب کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت نفت و گاز می‌شود. استفاده از منابعی مانند انرژی خورشیدی، بادی یا زیست‌توده، نه تنها ردپای کربنی را کاهش می‌دهد، بلکه پایداری انرژی در فرآیندهای تولیدی را نیز افزایش می‌دهد. این رویکرد، مسیر انتقال به اقتصاد کم‌کربن را هموار کرده و با استانداردهای بین‌المللی محیط‌زیستی همسو می‌شود. همچنین به دلیل تنوع‌بخشی در منابع انرژی، ریسک‌های عملیاتی مرتبط با نوسانات بازار سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد. در نتیجه، ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر در فرآیندهای پالایشگاهی می‌تواند به عنوان یک راهبرد کارآمد برای کاهش هزینه‌های بلندمدت انرژی و افزایش بهره‌وری عملیاتی به‌کار گرفته شود. این اقدام، زیرساخت‌های صنعت نفت و گاز را به سمت توسعه پایدار و تاب‌آوری در برابر شوک‌های زیست‌محیطی سوق می‌دهد. همچنین، زمینه جذب سرمایه‌گذاری سبز و افزایش رقابت‌پذیری بین‌المللی صنعت نفت و گاز ایران را فراهم می‌سازد. از طرفی، پیشران بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی و آلاینده‌های محیطی، گامی مؤثر در کاهش تأثیرات منفی فعالیت‌های پالایشگاهی بر جوامع محلی به‌شمار می‌رود. با اعمال این رویکرد، اولویت با کاهش پسماند در مبدأ، بازیافت مواد قابل استفاده و دفع اصولی و ایمن پسماندهای باقیمانده است. پیاده‌سازی رویکرد مدیریت سبز، موجب کاهش هزینه‌های تصفیه، حمل و نگهداری پسماندها می‌شود. این پیشران همچنین با افزایش بهره‌وری منابع و کاهش مصرف مواد شیمیایی مضر، به بهبود عملکرد زیست‌محیطی فرآیندها کمک می‌کند. در نتیجه، بهره‌گیری از رویکرد سبز در مدیریت پسماندهای صنعتی نه تنها میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند، بلکه موجب ارتقاء سلامت جوامع محلی و رضایت‌مندی ذی‌نفعان می‌شود. این رویکرد، فرصت‌هایی برای بازچرخانی منابع و کاهش وابستگی به مواد اولیه نو فراهم می‌سازد. همچنین با بهینه‌سازی فرآیندهای دفع و بازیافت، زمینه تحقق الزامات قانونی و استانداردهای محیط‌زیستی ملی و بین‌المللی را مهیا می‌کند. در نهایت، پیشران اصلاح الگوی مصرف انرژی در واحدهای سازمانی و عملیاتی پالایشگاه، یکی از مؤثرترین راهکارها در راستای افزایش کارایی انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌هاست. با بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق به‌کارگیری فناوری‌های کارآمد و اثربخش، کنترل هوشمند و تحلیل داده‌های مصرف، بهره‌وری فرآیندها به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. این اصلاحات منجر به کاهش هزینه‌های عملیاتی و کاهش فشار بر منابع انرژی فسیلی می‌شود. از طرفی، بهبود رفتار مصرفی کارکنان و نهادینه‌سازی فرهنگ صرفه‌جویی انرژی، نقش بسزایی در پایداری زیست‌محیطی ایفا می‌کند. لذا، این پیشران زمینه‌ساز ایجاد زیرساختی مقاوم در برابر بحران‌های انرژی و الزامات محیط‌زیستی آینده خواهد بود. در نتیجه، اصلاح الگوی مصرف انرژی در پالایشگاه‌ها با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و مدیریت هوشمند مصرف، موجب ارتقاء بهره‌وری انرژی و کاهش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. این

اقدام نه تنها هزینه‌های جاری را کاهش می‌دهد، بلکه زیرساختی پایدار و تاب‌آور در برابر نوسانات انرژی ایجاد می‌کند. همچنین، با ترویج فرهنگ مصرف مسئولانه در میان کارکنان، پایداری زیست‌محیطی در سطح سازمانی نهادینه می‌گردد.

در وهله آخر، یافته‌های این پژوهش نشان داد که پیشران‌های ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه، تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی به عنوان پیشران‌های مستقل (حذف شونده) هستند. به این معنا که این پیشران‌ها هم تأثیرگذاری پایین و هم تأثیرپذیری پایین به سایر پیشران‌ها دارند و می‌توان پس از توجه به پیشران‌های مهم با اولویت پایین‌تر مورد توجه قرار گیرند یا اینکه بطور کامل حذف شوند. به عبارت دیگر، میزان تأثیرگذاری (نفوذ) و تأثیرپذیری (وابستگی) پایین این پیشران‌ها، موجب می‌شود که در جهت پایداری یا ناپایداری سیستم نقشی را ایفا نمایند. یافته‌های این بخش با یافته‌های پژوهش [۲۹] با تأکید بر مدیریت کیفیت هوای پایدار با ادغام فوتوکاتالیز و فیلتراسیون ذرات مشعل‌ها و دودکش‌ها، پژوهش [۲۳] با تأکید بر اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر عملکرد زیست‌محیطی سازمان بصورت نسبی هم‌راستایی دارد. بر همین اساس، می‌توان استنباط نمود که پیشران ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های خروجی پالایشگاه، نقش بسیار مؤثری در کاهش انتشار گازهای سمی، ذرات معلق و ترکیبات گوگردی دارد. با کنترل فیلترها، مشعل‌های کم‌نیتروژن و فناوری‌های حذف آلاینده، کیفیت هوا در مناطق پیرامونی پالایشگاه‌ها به‌طور قابل توجهی بهبود می‌یابد. این پیشران با کاهش آلودگی‌های هوا، به سلامت زیست‌بوم و جوامع محلی کمک نموده و پایداری به مقررات ملی و بین‌المللی را تسهیل می‌نماید. همچنین، افزایش کارایی تجهیزات تصفیه موجب صرفه‌جویی در انرژی و هزینه‌های ناشی از نشت یا تخلیه غیرمجاز آلاینده‌ها می‌شود. در نتیجه، ارتقاء سیستم‌های تصفیه هوا در مشعل‌ها و دودکش‌های پالایشگاه، راهکاری اثربخش برای کاهش مستقیم آلاینده‌های هوا و بهبود کیفیت محیط پیرامونی به‌شمار می‌رود. این اقدام با به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته، نه تنها سلامت کارکنان و ساکنان اطراف را تضمین می‌کند، بلکه ریسک‌های زیست‌محیطی و جرایم قانونی را نیز کاهش می‌دهد. همچنین، افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش اتلاف ناشی از انتشار آلاینده‌ها، به ارتقاء عملکرد اقتصادی پالایشگاه‌ها در کنار مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی منجر می‌گردد. در نهایت، پیشران تأکید بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی خطوط تولیدی، امکان پایش بلادرنگ، تحلیل داده‌محور و واکنش سریع به نشتی‌ها و ناهنجاری‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌سازد. سامانه‌های هوشمند مانند حسگرهای اینترنت اشیا، نرم‌افزارهای کنترل فرآیند و داشبوردهای مدیریتی، ابزارهایی کلیدی برای نظارت مستمر بر آلاینده‌ها هستند. این پیشران، موجب افزایش دقت در تشخیص و کاهش تأخیر در واکنش به آلودگی‌ها می‌شود که به کاهش خطرات محیط‌زیستی و ایمنی منجر می‌گردد. بنابراین، دیجیتال‌سازی کنترل آلودگی، زمینه‌ساز تصمیم‌سازی مبتنی بر داده و بهبود مستمر عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌ها است. در نتیجه، بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال در کنترل آلودگی، تحولی بنیادین در مدیریت زیست‌محیطی پالایشگاه‌ها ایجاد می‌کند که با پایش لحظه‌ای و تحلیل هوشمند داده‌ها، پیشگیری از نشت و ناهنجاری‌های زیست‌محیطی را امکان‌پذیر می‌سازد. این رویکرد، با کاهش خطاهای انسانی و افزایش سرعت واکنش، ریسک‌های زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند. همچنین، دیجیتال‌سازی با فراهم‌سازی بستر تصمیم‌سازی داده‌محور، نقش مؤثری در بهینه‌سازی فرآیندها و ارتقاء انطباق با استانداردهای محیط‌زیستی ایفا می‌کند.

بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود که:

مدیران صنعت نفت و گاز ایران می‌توانند با طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی و توانمندسازی در حوزه محیط‌زیست، زمینه‌ساز ارتقاء فرهنگ سبز سازمانی، افزایش انعطاف‌پذیری زیست‌محیطی و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شوند. ضروری است مدیران صنعت نفت و گاز کشور، بسترهای لازم برای تدوین و اجرای الزامات قانونی در خصوص استانداردهای سبز بومی در فرآیندهای پروژه‌ای را فراهم کنند تا عملکرد شرکت‌ها با اصول توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست همسو گردد. در نهایت، مدیران صنعت نفت و گاز با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین دیجیتال و سامانه‌های هوشمند مدیریت منابع، می‌توانند به پایش لحظه‌ای آلاینده‌ها، مصرف انرژی و مدیریت پسماندها پرداخته و گام مؤثری در تحقق اهداف مدیریت سبز در پروژه‌های عملیاتی بردارند.

بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهادهای آتی برای محققان توصیه می‌شود:

پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران جهت بازشناسی پیشران‌های بهسازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران، به تحلیل تطبیقی مدل‌های عملکرد زیست‌محیطی در پالایشگاه‌های نفت و گاز و ارائه راهکارهای بومی در جهت بهبود رفتار زیست‌محیطی کارکنان و تیم‌های عملیاتی پالایشگاه‌های نفت و گاز ج.ا.ایران بر اساس تحولات آینده پیش‌بینی کننده، بپردازند.

همچنین، پیشنهاد می‌شود که محققان با استفاده از داده‌های مقایسه‌ای، بررسی کنند که چگونه بازنگری و طراحی استانداردهای سبز بومی در فرآیندهای پروژه‌ای و تدوین چارچوبی برای پیاده‌سازی سامانه‌های محیط‌زیستی یکپارچه می‌تواند بر بهسازی و توسعه عملکرد زیست‌محیطی در پالایشگاه‌های نفت و گاز ایران مؤثر باشد.

در نهایت، پیشنهاد می‌شود محققان مطالعه‌ای با محور بررسی چالش‌ها و فرصت‌های استقرار استانداردهای زیست‌محیطی در فرآیندهای عملیاتی پالایشگاه‌های نفت و گاز ایران با تحلیل موانع اجرایی، هزینه‌ها و مزایای تطابق با استانداردهای بین‌المللی، به شناسایی راهکارهای بهبود عملکرد زیست‌محیطی در صنعت نفت انجام دهند. نتایج پژوهش می‌تواند به تسهیل فرایندهای انطباق با الزامات محیط‌زیستی و بهینه‌سازی فرآیندها کمک کند.

۵-منابع

- ۱- پاشایی، پ.، شاطری، م.، اشرفی، ا. تحلیل پروژه‌های زیست‌محیطی اجرا شده در شرکت پالایش گاز فجر، جم. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۱۴۰۱، ۱(۲): ۱۳-۲۶. doi: 10.22077/jgmd.2023.6102.1019
- ۲- علی، م.، خسروشاهی، ح.، سپردار، م. مروری بر الزامات زیست‌محیطی قابل اجرا بر صنعت بالادستی نفت و گاز مندرج در اسناد حقوقی اساسی ایران. پژوهش‌های حقوق عمومی، ۱۳۹۸، ۲۰(۶۲): ۲۱۷-۲۴۲. doi: 10.22054/qjpl.2018.21186.1545
- ۳- نظری زاده، ولی و بهمن پور، هومن. مروری بر آلاینده‌های زیست‌محیطی و منابع انتشار آلودگی در صنعت نفت و گاز، چهارمین کنفرانس بین‌المللی فناوری‌های نوین در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، انجمن مهندسی گاز ایران و دانشگاه تهران. ایران. ۱۴۰۱: ۱-۱۹. <https://civilica.com/doc/1679517>
- ۴- احمدپور، س.، جعفری‌نیا، گ.، پاسالارزاده، ح. بررسی رابطه بین پیامدهای زیست‌محیطی صنعت نفت و گاز و کیفیت زندگی شهروندان در پارس جنوبی. ۱۳۹۹، ۱۱(۴۰): ۱۰۷-۱۲۲. https://jupm.marvdasht.iau.ir/article_4011.html
- 5-Liow, Festus Evly RI, et al. Analysis Of The Influence Of Financial, Environmental Performance And Corporate Governance On Performance Of Corporate Social Responsibility Of Energy And Mineral Companies Listed In Indonesian Stock Exchange. JEMSI (Jurnal Ekonomi, Manajemen, dan Akuntansi), 2023, 9.6: 2621-2626. <http://dx.doi.org/10.36555/almana.v8i3.2706>
- 6-Panait, Mirela, et al. Corporate social responsibility and environmental performance: Reporting initiatives of oil and gas companies in Central and Eastern Europe. In: Corporate governance for climate transition. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 167-186. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-26277-7_6
- 7-Abdulameer, Susan Sabah; IBRAHIM, Yousif Munadhil. Effect of Green Training on Individual Environmental Performance: Evidence from Oil and Gas Industry in Iraq. International Journal of Energy Economics and Policy, 2025, 15.1: 338-343. <https://doi.org/10.32479/ijeep.17487>
- 8-Bhatti, Sabeen Hussain, et al. Exploring the impact of green human resource management on environmental performance: the roles of perceived organizational support and innovative environmental behavior. International Journal of Manpower, 2022, 43.3: 742-762. <https://doi.org/10.1108/ijm-05-2020-0215>
- 9-Zaharova, E. A.; Likhacheva, N. A. Environmental performance evaluation of oil refineries. Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2021, 57.3: 482-486. <http://dx.doi.org/10.1007/s10553-021-01270-7>

- 10-Muazu, Muazu Hassan. Operational excellence and the implications for health, safety and environmental performance in the oil and gas industry. *Journal of Technology Management and Business*, 2019, 6.1. <http://dx.doi.org/10.30880/jtmb.2019.06.01.003>
- 11-Li, J., Lu, R., Ye, H., Wang, A., Yu, W., & Dong, H. Production planning optimization framework for integrated refinery, ethylene and aromatics industrial chains considering environmental performance. *Process Safety and Environmental Protection*, 2024, 185: 1103-1121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2024.03.081>
- 12-Frank, A. G., Dalle Molle, N., Gerstlberger, W., Bernardi, J. A. B., & Pedrini, D. C. An integrative environmental performance index for benchmarking in oil and gas industry. *Journal of cleaner production*, 2016, 133: 1190-1203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.064>
- 13-Al Zarkani, H. M., Mezher, T., & El-Fadel, M. Life cycle assessment in the petroleum industry: A systematic framework towards improved environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 408: 137196. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137196>
- 14-Muehlenbachs, L., Cohen, M. A., & Gerarden, T. The impact of water depth on safety and environmental performance in offshore oil and gas production. *Energy Policy*, 2013, 55: 699-705. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.074>
- 15-Semenova, N., & Hassel, L. G. On the validity of environmental performance metrics. *Journal of business ethics*, 2015, 132: 249-258. <http://dx.doi.org/10.1007/s10551-014-2323-4>
- 19-Tarmizi, N. F. A., & Brahmana, R. K. Environmental performance, political connection, and financial performance: evidence from global oil and gas companies. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 30.4: 11081-11098. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22881-5>
- 20-Pendley, A. Measuring Environmental Performance for Oil and Gas Development. *Oil, gas & energy quarterly*, 2017; 66(4), p.699. <https://doi.org/10.2523/60981-ms>
- ۲۱-رضایی منش، ب.، حمزوی، ح. و حسینی، م. س. شناسایی و اولویت‌بندی محرک‌های بهینه‌سازی عملکرد پایدار سازمان‌های نفت، گاز و پتروشیمی با رویکرد آینده‌پژوهی. پژوهش‌های نوین در ارزیابی عملکرد، ۱۴۰۴؛ ۴(۱)، ۱۱-۲۶. [doi: 10.22105/mrpe.2025.506185.1146](https://doi.org/10.22105/mrpe.2025.506185.1146)
- ۲۲-اسحاقی گرجی، م.، زارعی، ع. ا.، حمزوی، ح.، اسدبک، م.، و محمدی شیرکلایی، ح. اولویت‌بندی مسائل سیاست زیست‌محیطی جمهوری اسلامی ایران. نشریه حکمرانی و توسعه، ۱۴۰۳؛ ۴(۱)، ۷۵-۹۲. [doi:10.22111/jipaa.2024.447250.1166](https://doi.org/10.22111/jipaa.2024.447250.1166)
- 23-Wen, H., Lee, C. C., & Song, Z. Digitalization and environment: how does ICT affect enterprise environmental performance?. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28.39: 54826-54841. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14474-5>
- 24-Chiarini, A. Industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: are we sure they are all relevant for environmental performance?. *Business Strategy and the Environment*, 2021, 30.7: 3194-3207. <http://dx.doi.org/10.1002/bse.2797>
- 25-Ye, F., Ouyang, Y., & Li, Y. Digital investment and environmental performance: The mediating roles of production efficiency and green innovation. *International Journal of Production Economics*, 2023, 259: 108822. [DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.108822](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108822)
- 26-Bharagava, R. N., Saxena, G., & Mulla, S. I. Introduction to industrial wastes containing organic and inorganic pollutants and bioremediation approaches for environmental management.

- Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety: Volume I: Industrial Waste and Its Management, 2020, 1-18. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-1891-7_1
- 27-Kanagaraj, J., Senthilvelan, T., Panda, R. C., & Kavitha, S. Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 89: 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.013>
- 28-GAUR, V. K., Sharma, P., Sirohi, R., Awasthi, M. K., Dussap, C. G., & Pandey, A. Assessing the impact of industrial waste on environment and mitigation strategies: A comprehensive review. *Journal of hazardous materials*, 2020, 398: 123019. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123019>
- 29-Mandal, D. K., Bose, S., Biswas, N., Manna, N. K., Cuce, E., & Benim, A. C. Solar chimney power plants for sustainable air quality management integrating photocatalysis and particulate filtration: A comprehensive review. *Sustainability*, 2024; 16(6), 2334. <https://doi.org/10.3390/su16062334>
- 30-Li, M., Wang, J., Chen, Z., Qian, X., Sun, C., Gan, D., ... & Li, X. A comprehensive review of thermal management in solid oxide fuel cells: Focus on burners, heat exchangers, and strategies. *Energies*, 2024; 17(5), 1005. <https://doi.org/10.3390/en17051005>
- 31-Al-Mutairi, E. M., & El-Halwagi, M. M. Environmental-impact reduction through simultaneous design, scheduling, and operation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2010; 12, 537-545. <https://doi.org/10.1007/s10098-009-0259-7>
- 32-Sarkodie, P. A., Agyapong, D., Larbi, G. O., & Owusu-Ansah, E. A comparative study of the quality of wastewater from Tema Oil Refinery (TOR) against EPA standards and its effect on the environment. *Civil and Environmental Research*, 2014; 6, 85-91. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2023-edc.132>
- 33-Oladimeji, T. E., Sonibare, J. A., Odunfa, K. M., & Oresegun, O. R. Environmental impact analysis of the emission from petroleum refineries in Nigeria. *Energy and Environment Research*, 2015; 5(1), <https://doi.org/10.4236/jpee.2015.36004>
- 34-Alnifro, M., Taqvi, S. T., Ahmad, M. S., Bensaida, K., & Elkamel, A. Optimal renewable energy integration into refinery with CO2 emissions consideration: an economic feasibility study. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017; (Vol. 83, No. 1, p. 012018). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/83/1/012018>
- 35-Mathebula, N., Thango, B. A., & Okojie, D. OPTIMAL MANAGEMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS: AN OIL REFINERY CASE STUDY. *Renewable Energy*, 2023; 24, 27. <https://doi.org/10.20944/preprints202407.1538.v1>
- 36-Toghyani, M., & Saadat, A. From challenge to opportunity: Enhancing oil refinery plants with sustainable hybrid renewable energy integration. *Energy Conversion and Management*, 2024; 305, 118254. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118254>

- 37-Radelyuk, I., Tussupova, K., Klemeš, J. J., & Persson, K. M. Oil refinery and water pollution in the context of sustainable development: Developing and developed countries. *Journal of Cleaner Production*, 2021; 302, 126987. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126987>
- 38-Silva, J. M. D., Santos, M. O. S. D., Augusto, L. G. D. S., & Gurgel, I. G. D. Sustainable development and workers' health in the environmental impact assessment on oil refineries in Brazil. *Saúde e Sociedade*, 2013; 22, 687-700. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902013000300004>
- 39-Suhadi, A., Febriyanti, E., & Sari, L. N. The role of failure analysis on maintaining reliability of oil refinery for sustainable development goals. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021; (Vol. 1053, No. 1, p. 012100). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012100>
- 40-Kola-Olusanya, A. Embedding environmental sustainability competencies in human capital training and development. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2013; 4(4), 65. <https://doi.org/10.5901/mjss.2013.v4n4p65>
- 41-Gull, S., & Idrees, H. Green training and organizational efficiency: mediating role of green competencies. *European Journal of Training and Development*, 2022; 46(1/2), 105-119. <https://doi.org/10.1108/ejtd-10-2020-0147>
- 42-Vidal-Salazar, M. D., Cordon-Pozo, E., & Ferrón-Vilchez, V. Human resource management and developing proactive environmental strategies: The influence of environmental training and organizational learning. *Human Resource Management*, 2012; 51(6), 905-934. <https://doi.org/10.1002/hrm.21507>
- 43-Jia, F. R., Jing, W. T., Liu, G. X., Yue, Q., Wang, H. M., & Shi, L. Paraffin-based crude oil refining process unit-level energy consumption and CO2 emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 2020; 255, 120347. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120347>
- 44-Elgowainy, A., Han, J., Cai, H., Wang, M., Forman, G. S., & DiVita, V. B. Energy efficiency and greenhouse gas emission intensity of petroleum products at US refineries. *Environmental science & technology*, 2014; 48(13), 7612-7624. <https://doi.org/10.1021/es5010347>
- 45-Morrow III, W. R., Marano, J., Hasanbeigi, A., Masanet, E., & Sathaye, J. Efficiency improvement and CO2 emission reduction potentials in the United States petroleum refining industry. *Energy*, 2015; 93, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.097>
- ۴۶- بخشی زاده برج، ک.، حمزوی، ح.، جمالی، م. شناسایی و اولویت‌بندی محرک‌های بهینه‌سازی زنجیره ارزش پایدار صنعت پتروشیمی ایران با رویکرد آینده‌نگاری استراتژیک. مدیریت زنجیره ارزش راهبردی، ۱۴۰۳؛ ۱(۳): ۲۶-۱. [doi: 10.22075/svcm.2025.36996.1024](https://doi.org/10.22075/svcm.2025.36996.1024)
- ۴۷- نیازی، ی. آینده‌نگاری استراتژی‌ها برای بازیگران کلیدی نفت خام با استفاده از ترکیب تحلیل ساختاری و روش MACTOR. مطالعات میان‌رشته‌ای دانش راهبردی، ۱۴۰۲؛ ۷(۲۵): ۱۲۳-۱۶۴. https://issk.sndu.ac.ir/article_2857.html?lang=en
- ۴۸- ذوالفقارزاده، م. م.، نجفی رستاقی، ح.، حسینی، ع.، نصرالهی، ح. و سامرادجاه، ک. سناریوهای آینده شرکت‌های گاز استانی در ایران: پژوهشی مبتنی بر کارگاه‌های آینده‌پژوهی و تحلیل تعامل عدم قطعیت‌های کلیدی (مطالعه موردی: شرکت گاز تهران). مطالعات مدیریت دولتی ایران، ۱۴۰۲؛ ۴(۳): ۵۷-۹۰. [doi: 10.22034/jipas.2022.316098.1295](https://doi.org/10.22034/jipas.2022.316098.1295)