مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار ۱۴۰۰، سال ۸، شماره ۳: ۳۰۱-۳۱۳

توسعه روشی برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر بر مبنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

علی‌جان علی‌اکبری[۱]، فرزام بابایی سمیرمی*[۲]، رضا ارجمندی[۳]، معصومه شجاعی[۴]

[۱]دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۲]استادیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۳]دانشیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۴]استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۱/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر به عنوان یکی از دو بخش اصلی در سیستم حمل‌ونقل دریایی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. این مطالعه با هدف توسعه روشی برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی طراحی و انجام شده است.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر با مشارکت ۲۲ نفر از متخصصین در زمینه‌های محیط زیست و علوم دریایی و در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. گام‌های مطالعه شامل بررسی جامع متون، طراحی پرسشنامه ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی و توسعه روش ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بود.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن نهایی نرمال شده برای شش فاکتور عملکرد زیست‌محیطی شامل عملکرد واکنشی، عملکرد کنشی، پایداری، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و حاکمیتی به ترتیب ۰/۲۰۲، ۰/۲۴۱، ۰/۲۲۶، ۰/۰۷۰، ۰/۰۸۰ و ۰/۱۸۲ برآورد گردید. بعلاوه، مشخص گردید هر یک از پارامترها در فاکتورهای موثر بر عملکرد زیست‌محیطی دارای وزن و تاثیرگذاری متفاوت می‌باشد .بیشترین و کمترین تاثیر بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی در این مطالعه متعلق به پارامترهای ارزیابی ریسک زیست‌محیطی با وزن ۰/۲۱۷ (فاکتور عملکرد کنشی) و تاثیرات فرهنگی و عدالت با وزن ۰/۱۰۷ (فاکتور اجتماعی-فرهنگی) بود.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه یک روش جدید برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر مبتنی بر ۶ فاکتور و ۳۲ پارامتر و همچنین بر اساس مبنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی توسعه یافته است. لذا، استفاده از این روش می‌تواند گامی موثر در راستای ارتقا سطح عملکرد زیست‌محیطی در بنادر برای رسیدن به هدف "بندر سبز" باشد.

کلید واژه‌ها: عملکرد زیست‌محیطی؛ اثرات زیست‌محیطی، بندر سبز؛ تحلیل سلسله مراتبی؛ منطق فازی

***نویسنده مسئول:** استادیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

ایمیل: farzam.babaei@gmail.com- شماره تماس: ۰۹۱۲۸۰۷۸۱۳۱

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

مقدمه

پس از انقلاب صنعتی و با توجه به توسعه چشمگیر صنایع و تلاش کشورها جهت دستیابی به توسعه اقتصادی از یک سو و پایین بودن سواد زیست‌محیطی جوامع و عدم کارایی و یا فقدان قوانین کنترلی آلاینده‌های تولیدی از سوی دیگر باعث شده است مشکلات مربوط به آلودگی‌های زیست‌محیطی و مسائل مرتبط با آن بیشتر مورد توجه محققان و سیاست‌گزاران در این حوزه قرار گیرد. در اکثر کشورهای درحال توسعه، استقبال از روند روبه رشد صنعتی شدن موجب فراهم‌شدن بستر لازم برای رشد اقتصادی و درآمد سرانه این کشورها شده است. رشد اقتصادی براساس آمار در کشورهای پیشرفته نسبت به سایر کشورها بسیار چشمگیر می‌باشد. رشد اقتصادی همزمان با رشد صنعتی مستلزم افزایش مصرف منابع انرژی می‌باشد. افزایش مصرف انرژی تأثیر بسزایی در افزایش آلاینده‌های تولیدی صنایع دارا می‌باشد [۱، ۲].

براساس تحقیقات انجام شده ارتباط مستقیمی بین رشد صنعتی و افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی وجود دارد که آثار پیامدهای آن بصورت انواع آلودگی به ویژه آلودگی هوا و کاهش کیفییت محیط زیست می‌باشد. بررسی انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای نشان‌دهنده این موضوع است که بیشترین میزان انتشار این گازها به ترتیب به بخش صنعت، حمل‌ونقل، خانگی، تجاری و عمومی مربوط می‌باشد. مهمترین دلایل بروز آلودگی هوا ناشی از فعالیت کارخانه‌ها و صنایع، عدم رعایت ضوابط زیست‌محیطی در خصوص کنترل حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها، عدم نصب تجهیزات کاهش آلایندگی، بهره‌گیری از فناوری‌های تولیدی ناسالم و فرسوده، بی دقتی در مکان یابی و از همه مهمتر عدم ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی یا ارزیابی نادرست اثرات زیست‌محیطی می‌باشد [۳-۵]. بر این اساس، ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی مناسب به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در توسعه و بهره‌وری پایدار سازمان‌ها و صنایع مطرح می‌باشد.

سیستم حمل‌ونقل دریایی یکی از فاکتورهای مهم در تجارت بین‌المللی می‌باشد. حدود چهار-پنجم تجارت جهانی از طریق دریا و بنادر انجام می‌گردد. سهم کشورهای در حال توسعه از حمل‌ونقل دریایی در تجارت جهانی از این مقدار هم بیشتر می‌باشد [۶، ۷]. لذا، کشتی‌ها و بنادر دو بخش اصلی سیستم حمل‌ونقل دریایی بوده و دارای اهمیت فراوانی هستند. علی‌رغم اینکه حمل‌ونقل دریایی یکی از انواع حمل‌ونقل بسیار سازگار با محیط زیست محسوب می‌شود، اما نتایج بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد افزایش حمل‌ونقل، حفظ و پایداری بلند مدت این رشد به عنوان یکی از چالش‌های مهم سیاست‌گذاری در حیطه‌های تجارت و توسعه، پایداری زیست‌محیطی، امنیت انرژی و تغییر اقلیم مورد توجه قرار گرفته است [۸].

اثرات زیست‌محیطی ناشی از فرآیندهای شغلی و عملیاتی یکی از مهمترین چالش‌هایی است که سازمان‌ها و صنایع و در نتیجه آن کشورها و جامعه بین‌الملل با آن مواجه می‌باشد. تأثیرات زیست‌محیطی احتمالی نه تنها از عملیات درون بندری، بلکه از فعالیت‌ها و حمل‌ونقل دریایی نیز ناشی می‌شوند [۹، ۱۰]. بر این اساس، ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در یک سازمان و محیط شغلی بزرگ و پیچیده مانند بنادر به عنوان یکی از دو بخش اصلی در سیستم حمل‌ونقل دریایی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. بعلاوه، با توجه به نوع سازماندهی فرآیندها و فعالیت‌ها، کشتی ها، بنادر و به طور کلّی سیستم حمل‌ونقل دریایی تحت تاثیر انواع چالش‌های زیست‌محیطی هستند. مطالعاتی که در زمینه حمل‌ونقل دریایی و چالش تغییر آب و هوا انجام شده است نشان می‌دهد که حمل‌ونقل دریایی یکی از پارامترهایی است که می‌تواند در تغییرات اقلیم تأثیرگذار باشد [۳، ۴، ۱۱-۱۶]. به دلیل تغییرات غیرطبیعی محیط زیست جهانی، جوامع با مشکلاتی جدّی مانند گرم شدن کره زمین، آلودگی آب، دفع مواد زائد، آلودگی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

هوا، تخریب لایه ازن، انهدام فضا و مصرف سریع انرژی مواجه هستند. از طرفی، میزان و شدت آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بندری موجب می شود پایداری این نوع حمل‌ونقل نیز مورد تردید قرار بگیرد. این مسأله به یکی از اولویت های مهم تبدیل شده است، زیرا تعداد زنجیره‌های تأمین جهانی که عملیات پایدار را ترویج می دهند و به دنبال شبکه‌های پاک‌تر و سبزتر هستند، در حال افزایش می باشد. بعلاوه، ساختار شبکه های زنجیره تأمین جهانی دیگر فقط به کاهش هزینه‌ها محدود نیست، بلکه کاهش اثرات منفی بر محیط زیست نیز حائز اهمیت می باشد. در چنین شرایطی، طرح توسعه پایدار به منظور کاهش تخریب زمین مورد دفاع قرار گرفته و حمایت شده است [۱۷،۱۸].

با توجه به نقش حمل‌ونقل دریایی در تجارت جهانی، اهمیت بنادر به عنوان یکی از دو بخش اصلی در سیستم حمل‌ونقل دریایی و همچنین اثرات زیست‌محیطی مرتبط با انواع عملیات ها، فرآیندهای شغلی و همچنین فعالیت‌های مختلف در بنادر، این مطالعه در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در بنادر، به عبارت دیگر دستیابی به رویکرد "بندر سبز" طراحی و انجام شده است.

در این مطالعه از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروفترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. از این روش هنگامی که چند گزینه و چند معیار کمّی یا کیفی جهت تصمیم‌گیری وجود دارد، استفاده می‌شود. در این روش بر مبنای یک هدف معین و با استفاده از معیارها یا سنجه‌های مختلف و وزن‌دهی به هر یک از آنها می‌توان از میان گزینه‌های مختلف، گزینهٔ بهتر یا برتر را برای هدفی خاص برگزید و سایر گزینه‌ها را نیز بر اساس وزن کلّی که به دست می‌آورند، رتبه‌بندی نمود [۱۹]. منطق فازی یک ابزار بسیار مفید برای اندازه‌گیری مفاهیم مبهم مرتبط با قضاوت‌های ذهنی افراد است. در نتیجه، یک ابزار قدرتمند مناسب برای غلبه مشکلات ذکر شده بوده و باعث می‌شود که در قالب عبارت‌های کلامی اطلاعات دقیق‌تری بدست آید [۲۰].

مطالعه حاضر جزء اولین مطالعاتی به شمار می‌رود که در راستای طراحی و توسعه ابزاری برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر مبتنی بر اصول و شاخص‌های بندر سبز و همچنین تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی انجام شده است. بنابراین، نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌تواند گامی موثر در راستای برنامه جامع مدیریت عملکرد زیست‌محیطی در بنادر و ارتقا سطح عملکرد این بنادر در راستای نیل به رویکرد بندر سبز به شمار رود. توجه به رویکرد بندر سبز برای توسعه این روش به عنوان یک نوآوری مهم می‌تواند منجر به پیامدهای زیست‌محیطی مثبت گردد. بنابراین، این مطالعه با هدف توسعه روشی برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) طراحی و انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و با مشارکت ۲۲ نفر از متخصصین حوزه محیط زیست و علوم دریایی در سال ۱۳۹۹ انجام شده است.

فرآیند اجرای مطالعه شامل بررسی جامع متون، طراحی پرسشنامه ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی و توسعه روش ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بود.

در گام اول، مطالعات مختلف در زمینه عوامل موثر بر عملکرد زیست‌محیطی بنادر شامل پارامترها و شاخص‌های موثر بر عملکرد زیست‌محیطی و همچنین اثرات زیست‌محیطی مختلف در بنادر مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعد، ابتدا شش گروه شاخص یا فاکتوری موثر بر عملکرد زیست‌محیطی در بنادر شامل عملکرد واکنشی (Reactive Performance (RP))، عملکرد کنشی (Proactive Performance (PP))،

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

پایداری ((Sustainability (S))، اجتماعی-فرهنگی (Socio-Cultural (SC))، اقتصادی ((Economic (E)) و حاکمیتی ((Governance (G)) مشخص شده و سپس بر اساس مطالعات بررسی شده و با توجه به تاثیر، نقش و اهمیت پارامترهای مختلف، این پارامترها در این شش گروه طبقه بندی شدند. بر این اساس، ساختار اولیه برای این روش با عنوان پرسشنامه ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر طراحی شد.در گام نهایی، ابتدا پرسشنامه‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در اختیار متخصصان قرار گرفت. سپس، این پرسشنامه‌ها جمع‌آوری و اعتبار تک تک پرسش‌نامه‌ها و ماتریس‌های مقایسه زوجی از طریق محاسبه نرخ ناسازگاری بررسی شد و پرسش‌نامه‌های فاقد اعتبار حذف گردید. سپس، بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن هر یک از فاکتورهای شش‌گانه و همچنین پارامترهای مرتبط با آن در پرسشنامه توسعه یافته در گام سوم تعیین گردید. بر این اساس، با تعیین وزن هر یک از پارامترها، ابزار و روش ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی توسعه یافت.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای مقایسه زوجی معیارها و بیان اهمیت معیارها نسبت به هم از عبارت‌های کلامی استفاده می‌شود. زیرا، افراد تمایل دارند ارزیابی خود را از یک موضوع بیشتر در قالب عبارت‌های کلامی بیان کنند. با توجه به اینکه عبارت‌های کلامی غیردقیق، غیرقطعی و مبهم هستند، بنابراین تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی نتایج دچار مشکل می‌شود [20]. در این موارد، استفاده از روش‌های قطعی امتیازدهی می‌تواند به دو دلیل با انتقاد مواجهه شود. لذا، روش‌های قطعی ابهام ناشی از قضاوت افراد را در پی داشته و قضاوت ذهنی افراد و انتخاب اولویت‌ها تأثیر زیادی بر نتایج دارد. بر این اساس، در مطالعات مختلف از تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با منطق فازی برای رتبه‌بندی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها استفاده و روش‌های مختلفی برای انجام آن ارائه شده است. این مطالعه بر اساس روش ارائه شده توسط Chang انجام شد، به این دلیل که اجرای آن ساده‌تر از سایر روش‌ها بوده و در عین حال نتایج دقیق ارائه می‌دهد [21]. اعداد فازی دارای انواع مختلفی می‌باشند که کاربردی‌ترین آنها اعداد فازی مثلثی می‌باشند. یک عدد فازی مثلثی به صورت A=(l, m, u) نمایش داده می شود که در آن l، m و u مشخص‌کننده یک مجموعه فازی می‌باشند. کران بالا که با u نشان داده می‌شود، بیشینه مقادیری است که عدد فازی A می‌تواند اختیار کند. کران پایین که با l نشان داده می‌شود کمینه مقادیری است که عدد فازی A می‌تواند اختیار کند. مقدار m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است [22].

قابل ذکر است، هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها، نتیجه نهایی بدست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد، بنابراین نیاز است که اعتبار پاسخ‌ها و داده‌های دریافت شده از خبرگان تأیید شود. در این روش اعتبار پاسخ‌های خبرگان و داده‌ها بر اساس نرخ ناسازگاری تعیین گردید. در صورتی‌که نرخ سازگاری ۰/۱ یا کمتر باشد، بیانگر سازگاری در مقایسات است و اعتبار پاسخ دهنده‌ها تایید می‌گردد [21]. بنابراین برای تمامی ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی نرخ ناسازگاری محاسبه گردید و پاسخ‌های نامعتبر از مطالعه حذف گردید.

پس از جمع‌آوری اطلاعات و نظرات خبرگان و بررسی اعتبار اطلاعات، برای هر سطح ماتریس مقایسه زوجی کل که حاصل میانگین نظرات خبرگان است تشکیل می‌گردد. برای محاسبه ماتریس میانگین و وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها روش‌های مختلفی مثل مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و میانگین هندسی استفاده می‌شود. در این مطالعه از روش میانگین هندسی استفاده شده است. در این روش برای محاسبه وزن گزینه‌ها، ابتدا میانگین هندسی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

سطرهای ماتریس معیار به دست می‌آید و نرمال می‌شوند. در ادامه وزن نسبی معیارهای کلی و زیرمعیارها محاسبه و مؤثرترین فاکتورها و زیرفاکتورها شناسایی می‌گردد [۲۱]. در یک فرایند سلسله مراتبی، وزن نهایی گزینه‌ها از حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها بدست می‌آید. برای این کار از "اصل ترکیب سلسله مراتبی" که منجر به یک "بُردار اولویت" با در نظرگرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود، استفاده می‌شود [۲۳].

یافته‌ها

میانگین سن و سابقه کار ۲۲ متخصص شرکت کننده در این مطالعه به ترتیب ۷/۷۳±۴۰/۴۲ و ۱۵/۳۵±۱۲/٤ سال بود. بعلاوه، ۱۵ نفر (٦٨/١٨ درصد) این افراد دارای تحصیلات کارشناسی ارشد و ۷ نفر (۳۱/۸۲ درصد) نیز دارای تحصیلات دکتری بودند.

پرسشنامه ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر مشتمل بر شش فاکتور عملکرد زیست‌محیطی شامل عملکرد واکنشی، عملکرد کنشی، پایداری، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و حاکمیتی طراحی گردید. ۳۲ پارامتر مرتبط با عملکرد زیست‌محیطی در بنادر شامل ردپای کربن، میزان انواع پسماند تولید شده، بهبود کیفیت هوا و منابع آبی، آلودگی گرد و غبار و آلودگی صوتی (فاکتور عملکرد واکنشی)، برنامه مدیریت محیط زیستی، آموزش‌های محیط زیستی، برنامه پایش محیط زیستی، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و مدیریت محموله‌های خطرناک (فاکتور عملکرد کنشی)، آموزش و ارتقا سطح فعالیت‌های بندری، توسعه فناوری، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از منابع قابل بازیافت و کاهش مصرف انرژی و پیاده‌سازی شیوه‌های پایدار در طراحی و ساخت (فاکتور پایداری)، عدالت، تاثیرات کالبدی، تاثیرات فرهنگی، امنیت عمومی، گفتمان-تعامل و آموزش جامع و مشارکت اجتماعی (فاکتور اجتماعی-فرهنگی)، اشتغال مستقیم، اشتغال غیرمستقیم، سرمایه‌گذاری‌ها در زمینه پیشرفت تکنولوژی، ایجاد ارزش افزوده، الگوهای تولید و مصرف (فاکتور اقتصادی)، سرمایه‌گذاری دولتی در بندر، بهره‌وری کارکنان بخش دولتی بندر، بازار باز بندر، گزارش مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها، مدیریت مستقل و یکپارچگی فعالیت‌های ذینفعان بندری (فاکتور حاکمیتی) بودند. قابل ذکر است، ارزیابی این پارامترها بر اساس طیف لیکرت پنج گزینه‌ای (خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد) قابل انجام می باشد.

ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی شش فاکتور موثر بر عملکرد زیست‌محیطی بنادر در جدول ۱ و رابطه ۱ ارائه شده است. وزن نهایی نرمال شده برای شش فاکتور عملکرد واکنشی (RP)، عملکرد کنشی (PP)، پایداری (S)، اجتماعی-فرهنگی (SC)، اقتصادی (E) و حاکمیتی (G) برای محاسبه و ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر به ترتیب ۰/۲۰۲، ۰/۲٤۱، ۰/۲۲٦، ۰/۰۷۰، ۰/۰۸۰ و ۰/۱۸۲ بدست آمد. شاخص عملکرد زیست‌محیطی بنادر (Ports Environmental Performance Indicator (PEPI)) بر اساس رابطه ۱ قابل محاسبه می‌باشد:

$$PEPI = ۰/۲۰۲\ RP + ۰/۲٤۱\ PP + ۰/۲۲٦\ S + ۰/۰۷۰\ SC + ۰/۰۸۰\ E + ۰/۱۸۲\ G \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق، PEPI شاخص عملکرد زیست‌محیطی بنادر، RP فاکتور عملکرد واکنشی، PP فاکتور عملکرد کنشی، S فاکتور پایداری، SC فاکتور اجتماعی-فرهنگی، E فاکتور اقتصادی و G فاکتور حاکمیتی می‌باشد.

وزن نهایی نرمال شده برای پارامترهای فاکتور عملکرد واکنشی شامل آلودگی گرد و غبار، بهبود کیفیت هوا و منابع آبی، آلودگی صوتی، میزان پسماند تولید شده و ردپای کربن به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۲۰٦، ۰/۱۸۲، ۰/۲۱۱ و ۰/۲٤۵ بدست آمد (جدول ۲). وزن نهایی نرمال شده برای پنج پارامتر فاکتور عملکرد کنشی شامل برنامه پایش محیط زیستی، مدیریت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

محموله‌های خطرناک، آموزش‌های محیط زیستی، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و برنامه مدیریت محیط زیستی به ترتیب ۰/۱۶۶، ۰/۲۱۶، ۰/۱۸۵، ۰/۲۱۷ و ۰/۲۱۶ بدست آمد (جدول ۳). وزن نهایی نرمال شده برای پارامترهای فاکتور پایداری شامل آموزش و ارتقا فعالیت‌های بندری، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه فناوری، پیاده‌سازی شیوه‌های پایدار در طراحی و ساخت و استفاده از منابع قابل بازیافت و کاهش مصرف انرژی به ترتیب ۰/۱۷۸، ۰/۲۲۰، ۰/۱۸۸، ۰/۲۱۴ و ۰/۲۰۰ ارزیابی گردید (جدول٤). وزن نهایی نرمال شده برای پارامترهای فاکتور اقتصادی شامل ایجاد ارزش افزوده، اشتغال مستقیم، الگوهای تولید و مصرف، سرمایه‌گذاری در زمینه پیشرفت تکنولوژی و اشتغال غیرمستقیم به ترتیب ۰/۱٤٦، ۰/۲۸۵، ۰/۱٤۰، ۰/۱۵۷ و ۰/۲۷۲ برآورد شد (جدول ۵). وزن نهایی نرمال شده برای پارامترهای فاکتور اجتماعی-فرهنگی تاثیرات کالبدی، مشارکت اجتماعی، امنیت عمومی، گفتمان-تعامل و آموزش جامع، تاثیرات فرهنگی و عدالت بر اساس ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده به ترتیب ۰/۱۹۸، ۰/۲۰٤، ۰/۲۱۳، ۰/۱۷۱، ۰/۱۰۷ و ۰/۱۰۷ بدست آمد (جدول ٦). ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده پارامترهای فاکتور حاکمیتی در جدول ۷ نشان داد وزن نهایی نرمال شده برای پارامترهای فاکتور حاکمیتی شامل بهره‌وری کارکنان بخش دولتی بندر، گزارش مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها، سرمایه‌گذاری دولتی در بندر، بازار باز بندر، یکپارچگی فعالیت‌های ذینفعان بندری و مدیریت مستقل به ترتیب ۰/۲۰۸، ۰/۲۰۵، ۰/۲۱۳، ۰/۱٦۲، ۰/۱۰۵ و ۰/۱۰۸ برآورد شده است

جدول ۱: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی شش فاکتور موثر بر عملکرد زیست‌محیطی بنادر

	عملکرد واکنشی	عملکرد کنشی	پایداری	اجتماعی-فرهنگی	اقتصادی	حاکمیتی	وزن نرمال شده
عملکرد واکنشی	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۲۲، ۰/۷۱، ۰/٤۷	۱/۲۲، ۰/۸۳، ۰/٦۱	۱/۰۵، ۰/۹۷، ۰/۹۰	۳/۱۳، ۲/۲۰، ۱/۲۵	۳/۲۱، ۲/۲۹، ۱/۳۳	۰/۲۰۲
پایداری	۲/۱۱، ۱/٤۱، ۰/۸۲	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/٤۹، ۱/۰۳، ۰/۷۰	۱/٤۲، ۱/۰۳، ۰/۷٤	۳/۰۹، ۲/۲٦، ۱/۳۷	۳/۳٤، ۲/٤۲، ۱/٤٦	۰/۲۲٦
عملکرد کنشی	۱/٦۵، ۱/۲۱، ۰/۸۲	۱/٤۲، ۰/۹۷، ۰/٦۷	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/۵۹، ۱/۹۸، ۱/۲۹	۳/۳۰، ۲/۳۷، ۱/٤۱	۳/٤٤، ۲/۵۱، ۱/۵٤	۰/۲٤۱
حاکمیتی	۱/۱۱، ۱/۰۳، ۰/۹۵	۱/۳۵، ۰/۹۷، ۰/۷۰	۰/۷۸، ۰/۵۱، ۰/۳۹	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/٤٦، ۱/۸۸، ۱/۲۲	۲/٦۹، ۱/۹۲، ۱/۱۰	۰/۱۸۲
اقتصادی	۰/۸۰، ۰/٤۵، ۰/۳۲	۰/۷۳، ۰/٤٤، ۰/۳۲	۰/۷۱، ۰/٤۲، ۰/۳۰	۰/۸۳، ۰/۵٤، ۰/٤۲	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۵۷، ۱/۱۰، ۰/۷٤	۰/۰۸۰
اجتماعی-فرهنگی	۰/۷۵، ۰/٤٤، ۰/۳۱	۰/٦۹، ۰/٤۱، ۰/۳۰	۰/٦۵، ۰/٤۰، ۰/۲۹	۰/۹۱، ۰/۵۲، ۰/۳۷	۱/۳۵، ۰/۹۱، ۰/٦٤	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۰/۰۷۰

جدول ۲: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی پارامترهای موثر بر فاکتور عملکرد واکنشی

	آلودگی گرد و غبار	بهبود کیفیت هوا و منابع آبی	آلودگی صوتی	میزان پسماند تولید شده	ردپای کربن	وزن نرمال شده
آلودگی گرد و غبار	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۰۲، ۰/٦۲، ۰/٤۳	۱/۰۲، ۰/٦۲، ۰/۵۷	۱/۲۹، ۰/۹۵، ۰/٦۸	۱/۲۱، ۰/٦۸، ۰/٤٤	**۰/۱۵۵**
بهبود کیفیت هوا و منابع آبی	۲/۳٤، ۱/٦۲، ۰/۹۸	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/٦۳، ۱/۰۳، ۰/٦۲	۱/۱۵، ۰/۷۸، ۰/۵٤	۱/۱۱، ۰/۸٦، ۰/٦۸	**۰/۲۰٦**
آلودگی صوتی	۱/۷٦، ۱/۲۸، ۰/۹۱	۱/٦۱، ۰/۹۷، ۰/٦۱	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۰٤، ۰/۷۰، ۰/۵٤	۱/۰٦، ۰/٦۹، ۰/۵۰	**۰/۱۸۲**
میزان پسماند تولید شده	۱/٤۸، ۱/۰٦، ۰/۷۷	۱/۸۵، ۱/۲۸، ۰/۸۷	۱/۸۷، ۱/٤۲، ۰/۹٦	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۱۳، ۰/٦۹، ۰/٤۹	**۰/۲۱۱**
ردپای کربن	۲/۲۸، ۱/٤۷، ۰/۸۳	۱/٤۸، ۱/۱٦، ۰/۹۰	۱/۹۹، ۱/٤۵، ۰/۹۵	۲/۰٤، ۱/٤٤، ۰/۸۹	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	**۰/۲٤۵**

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

جدول ۳: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی پارامترهای موثر بر فاکتور عملکرد کنشی

	برنامه پایش محیط زیستی	مدیریت محموله‌های خطرناک	آموزش‌های محیط زیستی	ارزیابی ریسک زیست‌محیطی	برنامه مدیریت محیط زیستی	وزن نرمال شده
برنامه پایش محیط زیستی	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۰۱، ۰/۶۶، ۰/۴۶	۱/۳۷، ۱/۰۴، ۰/۷۴	۱/۱۶، ۰/۸۹، ۰/۶۸	۱/۰۴، ۰/۶۷، ۰/۴۷	۰/۱۶۶
مدیریت محموله‌های خطرناک	۲/۱۶، ۱/۵۱، ۰/۹۹	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۶۷، ۱/۱۱، ۰/۷۰	۱/۱۰، ۰/۸۰، ۰/۵۷	۱/۴۸، ۱/۰۸، ۰/۷۵	۰/۲۱۶
آموزش‌های محیط زیستی	۱/۳۵، ۰/۹۶، ۰/۷۳	۱/۴۳، ۰/۹۰، ۰/۶۰	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۱۵، ۰/۸۷، ۰/۶۶	۱/۳۰، ۰/۹۵، ۰/۶۷	۰/۱۸۵
ارزیابی ریسک زیست‌محیطی	۱/۴۷، ۱/۱۳، ۰/۸۶	۱/۷۴، ۱/۲۵، ۰/۹۱	۱/۵۱، ۱/۱۵، ۰/۸۷	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۳۹، ۰/۹۹، ۰/۶۹	۰/۲۱۷
برنامه مدیریت محیط زیستی	۲/۱۳، ۱/۴۸، ۰/۹۶	۱/۳۳، ۰/۹۳، ۰/۶۷	۱/۴۹، ۱/۰۶، ۰/۷۷	۱/۴۵، ۱/۰۱، ۰/۷۲	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۰/۲۱۶

جدول ٤: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی پارامترهای موثر بر فاکتور پایداری

	آموزش و ارتقا فعالیت‌های بندری	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر	توسعه فناوری	پیاده‌سازی شیوه‌های پایدار در طراحی و ساخت	استفاده از منابع قابل بازیافت و کاهش مصرف انرژی	وزن نرمال شده
آموزش و ارتقا فعالیت‌های بندری	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۱۵، ۰/۷۱، ۰/۴۹	۱/۵۱، ۱/۱۰، ۰/۷۷	۱/۲۰، ۰/۹۰، ۰/۶۹	۱/۲۵، ۰/۷۵، ۰/۵۱	۰/۱۷۸
استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر	۲/۰۵، ۱/۴۰، ۰/۸۷	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۷۲، ۱/۱۳، ۰/۷۱	۱/۲۱، ۰/۸۵، ۰/۶۰	۱/۷۵، ۱/۲۷، ۰/۸۵	۰/۲۲۰
توسعه فناوری	۱/۳۰، ۰/۹۱، ۰/۶۶	۱/۴۱، ۰/۸۸، ۰/۵۸	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۲۲، ۰/۹۰، ۰/۶۸	۱/۴۸، ۱/۰۲، ۰/۷۱	۰/۱۸۸
پیاده‌سازی شیوه‌های پایدار در طراحی و ساخت	۱/۴۵، ۱/۱۱، ۰/۸۳	۱/۶۷، ۱/۱۸، ۰/۸۳	۱/۴۸، ۱/۱۱، ۰/۸۲	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۵۸، ۱/۰۷، ۰/۷۳	۰/۲۱۴
استفاده از منابع قابل بازیافت و کاهش مصرف انرژی	۱/۹۶، ۱/۳۳، ۰/۸۰	۱/۱۸، ۰/۷۹، ۰/۵۷	۱/۴۱، ۰/۹۸، ۰/۶۸	۱/۳۷، ۰/۹۳، ۰/۶۳	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۰/۲۰۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

جدول ۵: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی پارامترهای موثر بر فاکتور اقتصادی

	ایجاد ارزش افزوده	اشتغال مستقیم	الگوهای تولید و مصرف	سرمایه‌گذاری در زمینه پیشرفت تکنولوژی	اشتغال غیرمستقیم	وزن نرمال شده
ایجاد ارزش افزوده	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۰/۹۳، ۰/۵٤، ۰/۳۹	۱/۲۲، ۱/۰۰، ۰/۸۲	۱/۳۵، ۱/۰۷، ۰/۸۲	۰/۹٤، ۰/۵۳، ۰/۳٦	**۰/۱٤٦**
اشتغال مستقیم	۲/۵۹، ۱/۸٤، ۱/۰۸	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/۹۰، ۲/۰۰، ۱/۱۱	۲/۲۳، ۱/٦۲، ۱/۰۳	۱/٤۲، ۱/۱۰، ۰/۸۲	**۰/۲۸۵**
الگوهای تولید و مصرف	۱/۲۲، ۱/۰۰، ۰/۸۲	۰/۹۰، ۰/۵۰، ۰/۳۵	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۲۸، ۰/۸۸، ۰/٦٤	۰/۹۳، ۰/٦۰، ۰/٤۵	**۰/۱٤۰**
سرمایه‌گذاری‌ها در زمینه پیشرفت تکنولوژی	۱/۲۲، ۰/۹٤، ۰/۷٤	۰/۹۷، ۰/٦۲، ۰/٤۵	۱/۵۷، ۱/۱۳، ۰/۷۸	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۰/۹۹، ۰/٦۰، ۰/٤٤	**۰/۱۵۷**
اشتغال غیرمستقیم	۲/۷٦، ۱/۸۷، ۱/۰٦	۱/۲۲، ۰/۹۱، ۰/۷۰	۲/۲۳، ۱/٦۷، ۱/۰۸	۲/۲۸، ۱/٦٦، ۱/۰۱	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	**۰/۲۷۲**

جدول ٦: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی پارامترهای موثر بر فاکتور اجتماعی-فرهنگی

	بهره‌وری کارکنان بخش دولتی بندر	گزارش مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها	سرمایه‌گذاری دولتی در بندر	بازار باز بندر	یکپارچگی فعالیت‌های ذینفعان بندری	مدیریت مستقل	وزن نرمال شده
بهره‌وری کارکنان بخش دولتی بندر	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۱۸، ۰/۸۷، ۰/٦۹	۱/۵۷، ۱/۰۷، ۰/۷۰	۱/۳۵، ۱/۰۳، ۰/۷۸	۲/۸۳، ۲/۰۱، ۱/۱۹	۲/۸۷، ۲/۰٤، ۱/۲۲	**۰/۲۰۸**
گزارش مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها	۱/٤٤، ۱/۱۵، ۰/۸۵	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۷۵، ۱/۱۹، ۰/۷٦	۱/۵۷، ۱/۱۳، ۰/۷۸	۲/۲٦، ۱/٦۲، ۱/۰۹	۲/۳۵، ۱/۸۰، ۱/۲۲	**۰/۲۰۵**
سرمایه‌گذاری دولتی در بندر	۱/٤۲، ۰/۹٤، ۰/٦٤	۱/۳۱، ۰/۸٤، ۰/۵۷	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/۳۸، ۱/۷۸، ۱/۲۰	۲/۱۵، ۱/۵۰، ۰/۹٦	۳/۱۵، ۲/۲۳، ۱/۳۳	**۰/۲۱۳**
بازار باز بندر	۱/۲۸، ۰/۹۷، ۰/۷٤	۱/۲۸، ۰/۸۸، ۰/٦٤	۰/۸۳، ۰/۵٦، ۰/٤۲	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/۰۱، ۱/٦۰، ۱/۱۵	۱/۵۳، ۱/۲۱، ۰/۹۲	**۰/۱٦۲**
یکپارچگی فعالیت-های ذینفعان بندری	۰/۸٤، ۰/۵۰، ۰/۳۵	۰/۹۲، ۰/٦۲، ۰/٤٤	۱/۰٤، ۰/٦۷، ۰/٤۷	۰/۸۸، ۰/٦٤، ۰/۵۱	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۲۸، ۰/۸۹، ۰/٦٤	**۰/۱۰۵**
مدیریت مستقل	۰/۸۲، ۰/٤۹، ۰/۳۵	۰/۸۲، ۰/۵٦، ۰/٤۳	۰/۷۵، ۰/٤۵، ۰/۳۲	۱/۰۹، ۰/۸۲، ۰/٦۵	۱/۵٦، ۱/۱۲، ۰/۷۸	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	**۰/۱۰۸**

جدول ۷: ماتریس میانگین فازی و وزن‌های نرمال شده نهایی پارامترهای موثر بر فاکتور حاکمیتی

	بهره‌وری کارکنان بخش دولتی بندر	گزارش مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها	سرمایه‌گذاری دولتی در بندر	بازار باز بندر	یکپارچگی فعالیت‌های ذینفعان بندری	مدیریت مستقل	وزن نرمال شده
بهره‌وری کارکنان بخش دولتی بندر	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۱۸، ۰/۸۷، ۰/٦۹	۱/۵۷، ۱/۰۷، ۰/۷۰	۱/۳۵، ۱/۰۳، ۰/۷۸	۲/۸۳، ۲/۰۱، ۱/۱۹	۲/۸۷، ۲/۰٤، ۱/۲۲	**۰/۲۰۸**
گزارش مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها	۱/٤٤، ۱/۱۵، ۰/۸۵	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۷۵، ۱/۱۹، ۰/۷٦	۱/۵۷، ۱/۱۳، ۰/۷۸	۲/۲٦، ۱/٦۲، ۱/۰۹	۲/۳۵، ۱/۸۰، ۱/۲۲	**۰/۲۰۵**
سرمایه‌گذاری دولتی در بندر	۱/٤۲، ۰/۹٤، ۰/٦٤	۱/۳۱، ۰/۸٤، ۰/۵۷	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/۳۸، ۱/۷۸، ۱/۲۰	۲/۱۵، ۱/۵۰، ۰/۹٦	۳/۱۵، ۲/۲۳، ۱/۳۳	**۰/۲۱۳**
بازار باز بندر	۱/۲۸، ۰/۹۷، ۰/۷٤	۱/۲۸، ۰/۸۸، ۰/٦٤	۰/۸۳، ۰/۵٦، ۰/٤۲	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۲/۰۱، ۱/٦۰، ۱/۱۵	۱/۵۳، ۱/۲۱، ۰/۹۲	**۰/۱٦۲**
یکپارچگی فعالیت‌های ذینفعان بندری	۰/۸٤، ۰/۵۰، ۰/۳۵	۰/۹۲، ۰/٦۲، ۰/٤٤	۱/۰٤، ۰/٦۷، ۰/٤۷	۰/۸۸، ۰/٦٤، ۰/۵۱	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	۱/۲۸، ۰/۸۹، ۰/٦٤	**۰/۱۰۵**
مدیریت مستقل	۰/۸۲، ۰/٤۹، ۰/۳۵	۰/۸۲، ۰/۵٦، ۰/٤۳	۰/۷۵، ۰/٤۵، ۰/۳۲	۱/۰۹، ۰/۸۲، ۰/٦۵	۱/۵٦، ۱/۱۲، ۰/۷۸	۱/۰، ۱/۰، ۱/۰	**۰/۱۰۸**

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

بحث

حفظ محیط زیست یکی از ارکان اصلی مدیریت در هر سازمان و واحد صنعتی می‌باشد. لذا، در صورت عدم توجه به آن توسعه سازمانی به یک توسعه ناپایدار و تک بُعدی منجر خواهد شد. مطابق با آنچه در سیستم‌های مدیریتی و استانداردهای مرتبط با محیط زیست بیان شده است، ارزیابی عملکرد زیست محیطی می‌تواند منجر به ارائه راهکارهایی برای کاهش پیامدهای زیست محیطی زیانبار شود. بر این اساس، طراحی و بکارگیری یک روش یا تکنیک قابل اعتماد برای ارزیابی عملکرد زیست محیطی در سازمانها و صنایع بسیار حائز اهمیت خواهد بود [۲۴، ۲۵]. بنابراین، با توجه به نقش حمل‌ونقل دریایی در تجارت جهانی، اهمیت بنادر به عنوان یکی از دو بخش اصلی در سیستم حمل‌ونقل دریایی و همچنین اثرات زیست‌محیطی مرتبط با انواع عملیات ها، فرآیندهای شغلی و همچنین فعالیت‌های مختلف در بنادر، این مطالعه با هدف توسعه روشی برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بنادر مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) طراحی و انجام شده است.

یافته‌های این مطالعه مبتنی بر بررسی متون گسترده در زمینه ارزیابی عملکرد زیست محیطی در بنادر و همچنین اصول شش‌گانه رویکرد بندر سبز ارئه شده است [۱۱-۱۳]. لذا، نتایج استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) در این مطالعه نشان داد روش توسعه یافته برای ارزیابی عملکرد زیست محیطی بنادر دارای شش فاکتور عملکرد زیست‌محیطی شامل عملکرد واکنشی، عملکرد کنشی، پایداری، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و حاکمیتی و شامل ۳۲ پارامتر می‌باشد (جدول ۱). نتایج این مطالعه نشان دهنده این بود که شش فاکتور عملکرد زیست‌محیطی دارای وزن، سهم و اثر متفاوت بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی در بنادر می‌باشند. بر اساس این نتایج، فاکتورهای عملکرد کنشی، پایداری و عملکرد واکنشی به ترتیب با وزن ۰/۲۴۱، ۰/۲۲۶ و ۰/۲۰۲ دارای بیشترین اثر و همچنین فاکتورهای حاکمیتی، اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی به ترتیب با وزن ۰/۰۷۰، ۰/۰۸۰ و ۰/۱۸۲ دارای کمترین اثر بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی در بنادر بودند. بر اساس ساختار سیستم های نوین سازمانی و مدیریتی، اولین گام و شاید مهمترین گام در استقرار یک شرایط بهینه، تحلیل و ارزیابی ریسک‌ها و فرصت‌های یک سازمان می باشد. این گام به شناسایی و ارزیابی شرایط بالقوه و بالفعل ریسک‌ها پرداخته و می‌تواند به عنوان یک پایه و اساس برای هرگونه طراحی جدید، تغییرات گسترده و جزئی، اتخاذ انواع روش های کنترلی، ارتقا هدفمند سطح عملکرد زیست محیطی و همچنین افزایش سطح رضایت ذینفعان منجر شود. بنابراین، توجه به فاکتور کنشی شامل شناسایی ، ارزیابی و مدیریت ریسک‌های زیست محیطی و همچنین درس‌گرفتن و عبرت آموزی از تجربیات گذشته در قالب فاکتور کنشی، بعلاوه توجه اساسی به اصول پایداری زیست محیطی در جهت اهداف توسعه پایدار از مهمترین عواملی است که می تواند عملکرد زیست محیطی را در یک سازمان مورد ارزیابی قرار داده و مبتنی بر آن ارتقا یابد [۲۶، ۲۷].

همچنین، یافته‌های این مطالعه بیانگر این بود که اغلب پارامترها در هر یک از فاکتورهای موثر بر عملکرد زیست‌محیطی در بنادر دارای وزن و اثر متفاوتی نسبت به یکدیگر می باشند. نتایج جداول ۲ تا ۷ نشان می‌دهد وزن‌های ارائه شده با برخی از مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است دارای همخوانی و تناسب قابل قبول می‌باشد [۳، ۴، ۱۴-۱۶]. به عنوان مثال، پارامترهای ردپای کربن و میزان پسماند تولید شده به عنوان دو پارامتر اصلی در فاکتور عملکرد واکنشی مشخص شدند (وزن = ۰/۲۴۵ و ۰/۲۱۱). شاخص ردپای کربن به عنوان مقیاسی از مقدار کل خروجی دی‌اکسیدکربن و

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

متان خروجی ناشی از کلیه فعالیت‌های بندر [4, 14] و همچنین شاخص میزان پسماند تولید شده شامل زائدات ناشی از عملیات‌ها و فعالیت‌های محیطی بندری [3] می‌توانند به عنوان پارامترهای مهم در ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر مطرح بوده و سیستم را به سمت اهداف عالی محیط زیستی شامل نیل به سمت بندر سبز هدایت نمایند [15, 16].

بعلاوه، پارامترهای ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و برنامه مدیریت محیط زیستی به عنوان دو پارامتر اصلی در فاکتور عملکرد کنشی مشخص شدند (وزن = ۰/۲۱۷ و ۰/۲۱۶). نتایج مطالعه Haque و Ntim و همچنین یافته‌های مطالعه Kortcheva و همکاران نشان داده است که ارزیابی ریسک زیست‌محیطی به عنوان یک فرآیند سیستماتیک ارزیابی اثرات سوء بالقوه فعالیت‌ها و انواع آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر دارایی‌ها و اکوسیستم و برنامه مدیریت محیط زیستی به عنوان روشی نظامند برای مدیریت کربن که بیانگر فعالیت‌های بندری در راستای بهبود مستمر کیفی زیست محیطی و انطباق آن با قوانین جز عناصر اصلی یک عملکرد زیست محیطی بهینه و در راستای اهداف توسعه پایدار به شمار می‌روند [26, 28].

نتایج تحلیل سلسله مراتبی فازی پارامترهای موثر بر فاکتور پایداری بیانگر این بود که پارامترهای استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و پیاده‌سازی شیوه‌های پایدار در طراحی و ساخت به عنوان دو پارامتر با بیشترین تاثیر بر این فاکتور برآورد شدند (وزن = ۰/۲۲۰ و ۰/۲۱۴). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که این پارامترها دارای قابلیت‌های بالایی برای افزایش سطح عملکرد زیست محیطی بوده و می توانند علاوه بر ایفای نقش خود، به عنوان پارامترهای تاثیرگذار بر دیگر پارامترها و فاکتورهای مربوطه به کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از فرآیندها و عملیات ها در یک سازمان یا صنعت نیز کمک نمایند [29-31]. برای مثال، نتایج مطالعه Dkhili (۲۰۱۸) نشان می‌دهد شواهد متقنی از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در دسترس هست که عملکرد زیست محیطی و کیفیت فعالیت های سازمانی با ویژگی‌هایی مانند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر دارای ارتباط قوی می‌باشد [30]. همچنین، Khan و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که انرژی‌های تجدیدپذیر و بکارگیری شیوه‌های پایدار در طراحی و ساخت از طریق توسعه بهداشت عمومی و زیرساخت‌های پایدار می‌تواند همزمان بر عملکرد زیست محیطی و رشد اقتصادی تاثیرگذار باشد [31].

نتیجه‌گیری

بنادر نقش مهمی در سیستم حمل‌ونقل دریایی و در نتیجه تجارت ایفا می‌کنند. با توجه به اهمیت فراوان بنادر در توسعه کشور ایران و تجارت با کشورهای دیگر، استفاده از یک رویکردی که بتواند در راستای اهداف توسعه پایدار باشد برای بنادر در ایران بسیار مهم می باشد. لذا، بکارگیری روشی قابل قبول و مناسب برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر بسیار مهم می‌باشد. یافته‌های این مطالعه بیانگر این می‌باشد که روش و الگوریتم توسعه یافته در این مطالعه می‌تواند به عنوان یک ابزار با قابلیت اطمینان بالا برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی در بنادر مورد استفاده قرار گیرد. بعلاوه، توجه به اصول و پارامترهای رویکرد "بندر سبز" در طراحی این روش یکی دیگر از نقاط قوتی بود که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین بکارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی نشان داد که هر یک از فاکتورها و پارامترهای مورد استفاده در ارزیابی عملکرد زیست محیطی بنادر دارای وزن و اثر متفاوت می‌باشد. بنابراین، استفاده از این روش می‌تواند گامی مهم و موثر در ارزیابی صحیح و دقیق عملکرد زیست‌محیطی در بنادر بوده و نتایج بکارگیری آن می‌تواند به عنوان ابزار مناسب برای تصمیم‌گیری در زمینه محیط زیست در بنادر مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از همکاری متخصصین علوم زیســـت‌محیطی و دریایی در این مطالعه اعلام می‌دارند.

این مطالعه برگرفته شـــده از رســـاله دکتری در دانشـــگاه آزاد اســـلامی واحـد علوم تحقیقـات با عنوان "تدوین مدل جامع ارزیابی عملکرد بنادر سبز ایران بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی" می‌باشد.

References

1. Li Y, Zhou S, Jia Z, Ge L, Mei L, Sui X, et al. Influence of industrialization and environmental protection on environmental pollution: a case study of Taihu Lake, China. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018; 15(12): 26-28.
2. Morroni L, d'Errico G, Sacchi M, Molisso F, Armiento G, Chiavarini S, et al. Integrated characterization and risk management of marine sediments: The case study of the industrialized Bagnoli area (Naples, Italy). Mar. Environ. Res. 2020; 160: 49-64.
3. Svaetichin I, Inkinen T. Port waste management in the Baltic Sea area: A four port study on the legal requirements, processes and collaboration. Sustainability. 2017; 9(5): 699.
4. Yang Y-C. Operating strategies of CO2 reduction for a container terminal based on carbon footprint perspective. J. Clean. Prod. 2017; 141: 472-80.
5. Rezaee E, Hadi Abolhasani M. Evaluation of Landfill Gas Generation for Exploitation Energy(Case Study: Landfill No. 2 of Shahinshahr). J Environ Health Eng. 2018; 5(4): 389-400. [in persian]
6. Shi W, Li KX. Themes and tools of maritime transport research during 2000-2014. Marit. Policy Manag. 2017; 44(2): 151-69.
7. Lam JSL, Cullinane KPB, Lee PT-W. The 21st-century Maritime Silk Road: challenges and opportunities for transport management and practice. Taylor & Francis; 2018. 124.
8. Woo J-K, Moon DS, Lam JSL. The impact of environmental policy on ports and the associated economic opportunities. Transp Res Part A Policy Pract. 2018; 110: 234-42.
9. Poulsen RT, Ponte S, Sornn-Friese H. Environmental upgrading in global value chains: The potential and limitations of ports in the greening of maritime transport. Geoforum. 2018; 89: 83-95.
10. Lee PT-W, Kwon OK, Ruan X. Sustainability challenges in maritime transport and logistics industry and its way ahead. MDPI; 2019. 84-98.
11. Wan C, Zhang D, Yan X, Yang Z. A novel model for the quantitative evaluation of green port development–A case study of major ports in China. TRANSPORT RES D-TR E. 2018; 61: 431-43.
12. Pavlic B, Cepak F, Sucic B, Peckaj M, Kandus B. Sustainable port infrastructure, practical implementation of the green port concept. Therm. Sci. 2014; 18(3): 935-48.
13. Sheu J-B, Hu T-L, Lin S-R. The Key Factors of Green Port in Sustainable Development. Pakistan J. Stat. 2013; 29 (5): 45-58.
14. Teerawattana R, Yang Y-C. Environmental performance indicators for green port policy evaluation: case study of Laem Chabang port. Asian J. Shipp. Logist. 2019; 35(1): 63-9.
15. Venkatesh S, Sriraman V. A Notional Research On Implementing Green Port Strategy At The New Mangalore Port Trust. Int. J. Manag. 2020; 11(10): 1210-1220.
16. Lawer ET, Herbeck J, Flitner M. Selective adoption: How port authorities in Europe and West Africa Engage with the globalizing 'Green Port'idea. Sustainability. 2019; 11(18): 5119.
17. Jägerbrand AK, Brutemark A, Svedén JB, Gren M. A review on the environmental impacts of shipping on aquatic and nearshore ecosystems. Sci. Total Environ. 2019; 695: 133637.
18. 18. Shi W, Xiao Y, Chen Z, McLaughlin H, Li KX. Evolution of green shipping research: themes and methods. Marit. Policy Manag. 2018; 45(7): 863-76.
19. Zheng G, Zhu N, Tian Z, Chen Y, Sun B. Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments. Saf. Sci. 2012; 50(2): 228-39.
20. Zhou Q, Huang W, Zhang Y. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. Saf. Sci. 2011; 49(2): 243-52.
21. Chang D-Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. Eur. J. Oper. Res. 1996;95(3):649-55.
22. Mohammadfam I, Aliabadi MM, Soltanian AR, Tabibzadeh M, Mahdinia M. Investigating interactions among vital variables affecting situation awareness based on Fuzzy DEMATEL method. Int. J. Ind. Ergon. 2019; 74: 1028-42.
23. Saaty TL. What is the analytic hierarchy process? Mathematical models for decision support: Springer; 1988; 109-21.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

24. Nikpishe Kohjhari F, Morovati M, Sadeghinia M, Amanat Yazdi L. Assessment and Management of Environmental Risks of Steel Industries by EFMEA Method (Case Study: Ardakan Steel and Melting factory). J Environ Health Eng (HSE Special Issue). 2020; 10: 76-88. [in persian]

25. Noorisepehr M, Omidvari M, Tahmasebi S. Evaluation of the Effectiveness of ISO14001 on Hospital Wastes Management Using AHP in Tehran Hospitals. J Environ Health Eng. 2014; 1(3): 225-35. [in persian]

26. Haque F, Ntim CG. Environmental policy, sustainable development, governance mechanisms and environmental performance. Bus Strategy Environ. 2018; 27(3): 415-35.

27. Xing X, Wang J, Tou L. The relationship between green organization identity and corporate environmental performance: The mediating role of sustainability exploration and exploitation innovation. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2019; 16(6): 921.

28. Kortcheva A, Galabov V, Marinski J, Andrea V, Stylios C. New approaches and mathematical models for environmental risk management in seaports. IFAC-PapersOnLine. 2018; 51(30): 366-71.

29. Hou Y, Iqbal W, Muhammad Shaikh G, Iqbal N, Ahmad Solangi Y, Fatima A. Measuring energy efficiency and environmental performance: a case of South Asia. Processes. 2019; 7(6): 325.

30. Dkhili H. Environmental performance and institutions quality: evidence from developed and developing countries. J. Mark. Manage In. 2018; 3: 333-344.

31. Khan SAR, Zhang Y, Kumar A, Zavadskas E, Streimikiene D. Measuring the impact of renewable energy, public health expenditure, logistics, and environmental performance on sustainable economic growth. Sustain. Dev. 2020; 28(4): 833-43.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]

Journal of Environmental Health Engineering, may 2021; Vol. 8, No3: 301-313

Development of a method for evaluating the environmental performance of ports based on the fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)

Alijan Ali Akbari[1]; Farzam Babaei Samiromi[*2]; Reza Arjmandi[3]; Masoumeh Shojaei[4]

[1]PhD Candidate in Environmental Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Environmental Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[3]Associated Professor, Department of Environmental Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[4]Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Parand Branch, Tehran, Iran

E-mail:farzam.babaei@gmail.com

Received: 26 January 2021; Accepted: 22 May 2021

ABSTRACT

Background: Evaluating ports' environmental performance as one of the two main parts of the maritime transport system is of great importance. This study was designed and conducted to develop a method for evaluating ports' environmental performance based on the fuzzy analytical hierarchical process.

Method: The present study was conducted in 2020 with the participation of 22 experts in the field of environment and marine sciences. The study steps included a comprehensive review of the literature, design of an environmental performance evaluation questionnaire, development of a questionnaire in a Delphi study, and a method for evaluating environmental performance in ports based on a fuzzy hierarchical analysis process.

Results: Based on the results of the fuzzy analytical hierarchical process, the final normalized weight for six factors of environmental performance, including reactive performance, active performance, sustainability, socio-cultural, economic, and governance, were estimated to be 0.202, 0.241, 0.226, 0.070, 0.080 and 0.182 respectively. Besides, it was found that each of the parameters in the factors affecting the environmental performance has a different weight and impact. The highest and lowest effects on the environmental performance index in this study belonged to the environmental risk assessment parameters with a weight of 0.217 (active performance factor) and cultural and justice effects with a weight of 0.107 (socio-cultural factor).

Conclusion: In this study, a novel method for evaluating ports' environmental performance has been developed based on 6 factors and 32 parameters, and the fuzzy analytical hierarchy process approach. Therefore, using this method can be a practical step towards improving the level of environmental performance in ports to achieve the goal of "green port."

Keywords: Environmental Performance; Environmental Impacts, Green Port; Analytic Hierarchy Process (AHP); Fuzzy Logic.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.301]