



Sharif University of Technology

<https://sjie.journals.sharif.edu/>


Research Note

Evaluation Model for the Establishment of Industries in the Hinterland of Ports with AHP and VIKOR (Case Study of Shahid Rajaei Port)

Naser Shabakhty* and Hassan Asadzadeh

School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology.

* corresponding author: (shabakhty@iust.ac.ir)

Article Info

Article history:

Received:29 October 2023

Revised:25 May 2024

Accepted:23 July 2024

Keywords:

Analytic hierarchy process (AHP),
vikor method,
heavy industries,
Hinterland,
shahid rajaei port.

Abstract

The topic of industrial location has lately gained significant global attention and importance in recent years. Evaluating the placement of heavy industries in a studied region involves considering criteria such as environmental factors, infrastructure, foundational impacts, and natural elements. Methods like the Analytic Hierarchy Process (AHP) and VIKOR within a Geographic Information System (GIS) environment can be used for this evaluation. In the present study, an initial and preliminary assessment of the placement of heavy industries in the hinterland of Shahid Rajaei's port has been conducted as a case study. By utilizing higher-level documents and studying the target region at each stage, including determining criteria based on the region, collecting data and information, and ultimately integrating this information and maps, we can be guided to the optimal location for industry placement. Therefore, the methodology will be practical and based on descriptive-analytical methods. Using the VIKOR method within a Geographic Information System (GIS) software environment, the potential locations in the hinterland of Shahid Rajaei's port have been divided into four hypothetical zones, numbered 1 to 4. The results of this research indicate that the most suitable areas for the establishment of heavy industries are those with access to main roads, flat terrain, prevailing wind direction, and distance from regional interferences as the determining criteria. The study highlights the importance of a systematic approach to industrial location, considering multiple factors to ensure the optimal placement of heavy industries. By integrating various data sources and using advanced analytical methods, the research provides a comprehensive framework for evaluating potential industrial sites. This approach not only helps in identifying the most suitable locations but also ensures that the environmental and infrastructural impacts are minimized, leading to sustainable industrial development in the region. Also, the results show that the eastern lands of the hinterland have a special priority due to their proximity to the road and the existing facilities for the establishment of heavy industries, and in the next stage, the western lands should be allocated for light and administrative-welfare industries due to the access to the road from the west side.

Funding: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions: All authors contributed to the reported work for conceptualization, methodology, validation, writing-review and editing, and supervision.

To Cite this article:

Shabakhty, N. and Asadzadeh, H. 2026. Evaluation model for the establishment of industries in the Hinterland of ports with AHP and VIKOR (case study of shahid rajaei port), Sharif Industrial Engineering and Management Journal, 41(2), pp.167-177. <https://doi.org/10.24200/j65.2025.66084.2426>



مدل ارزیابی استقرار صنایع در پس کرانه‌ی بنادر به کمک AHP و VIKOR (مطالعه‌ی موردی: پس کرانه‌ی بندر شهیدرجایی)

ناصر شابختی* و حسن اسدزاده

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

*نویسنده مسئول (shabakhty@iust.ac.ir)

چکیده

در سال‌های اخیر، انتخاب مکان بهینه برای استقرار صنایع سنگین، به‌ویژه در مناطق بندری، به یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان توسعه‌ی پایدار تبدیل شده است. فشارهای زیست‌محیطی، لزوم بهره‌برداری مؤثر از زیرساخت‌ها، و ضرورت جلوگیری از ناهماهنگی‌های کاربری زمین، اهمیت موضوع اخیر را دوچندان کرده است. با توجه به معیارهایی از قبیل: عوامل زیست‌محیطی، زیرساخت، و آثار زیربنایی و عوامل طبیعی، می‌توان نحوه‌ی استقرار صنایع سنگین را ارزیابی کرد. در مطالعه‌ی حاضر، با استفاده از روش‌های AHP و ویکور در محیط GIS، استقرار صنایع سنگین در پس کرانه بندر رجایی بررسی شده است. با توجه به مطالعه‌های اسناد بالادستی و منطقه‌ی موردنظر، معیارها تعیین و داده‌ها جمع‌آوری شده‌اند. اطلاعات به‌دست‌آمده و نقشه‌های مذکور تلفیق شده‌اند تا مکان بهینه‌ی صنایع مشخص شود. روش کار توصیفی-تحلیلی و کاربردی بوده است. با توجه به روش ویکور، که محیط نرم‌افزار GIS مکان‌های قابل‌استقرار پس کرانه‌ی بندر شهیدرجایی را به چهار منطقه‌ی فرضی از ۱ تا ۴ بخش‌بندی کرده است، نتایج نشان می‌دهند که مناسب‌ترین مناطق برای استقرار صنایع سنگین، مکان‌هایی با دسترسی به جاده‌های اصلی، همواربودن منطقه، جهت باد غالب، و دوربودن از مداخله‌های منطقه‌ای هستند. یافته‌ها نشان داده‌اند که رویکرد پیشنهادی موجب بهبود دقت تصمیم‌گیری مکانی، کاهش تداخل‌های کاربری، و انطباق بهتر با الزام‌های زیست‌محیطی در فرآیند مکان‌یابی شده است.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷
تاریخ اصلاحیه: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

واژگان کلیدی:

پس کرانه،
صنایع سنگین،
بندر شهیدرجایی،
مدل ویکور (VIKOR)،
مدل سلسله مراتبی AHP.

۱. مقدمه

ضرورت و اهمیت انتخاب مکان برای بنگاه صنعتی تا حدی است که در ادبیات حوزه‌ی اخیر، به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در موفقیت اقتصادی بنگاه صنعتی به‌شمار می‌رود؛ زیرا مکان آن می‌تواند در رشد اشتغال بنگاه، خروج بنگاه از صنعت، سودآوری بنگاه، و رقابت آن تأثیر بگذارد. این موضوع برای شهرک‌های صنعتی اهمیتی دوچندان دارد؛ چون می‌تواند اهداف گروه‌های مختلف را برآورده سازد. از دیدگاه برنامه‌ریزان توسعه‌ی منطقه‌ای، شهرک‌های صنعتی منجر به اشتغال‌زایی، جلوگیری از مهاجرت افراد منطقه، متوازن‌ساختن سیاست‌های توسعه، حمایت از رشد سریع صنایع، جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی، کاهش سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد زیرساخت‌های تولیدی می‌شوند، و بهترین مکان برای انباشت سرمایه هستند.^[۱]

رشد صنعت به‌طور مجتمع، منطقه، ناحیه، قطب، یا شهرک صنعتی پدیده‌ای است که از لحاظ اهمیت، از آغاز قرن بیستم میلادی در توسعه‌ی صنعت

کشورهای جهان و استفاده از امکانات و قابلیت‌های هر منطقه به آن توجه شده است. هر کشوری که در راه صنعتی‌شدن گام بر می‌دارد، باید از لحاظ آمایش سرزمین و تقسیم نیروی کار در مناطق مختلف کشور با هدف توسعه‌ی صنعتی محورها و قطب‌ها، مکان‌هایی را برای تجمع واحدهای صنعتی به شکل شهرک یا مجتمع، انتخاب و سازماندهی کند؛ که متأثر از عواملی، مانند: رشد جمعیت، اشتغال، محدودیت زمین، حفاظت و توسعه‌ی محیط‌زیست، و تعیین کاربری زمین‌های صنعتی است. بدین ترتیب، از رشد بی‌رویه‌ی صنعت در برخی نواحی و مناطق، به‌ویژه از آلودگی محیط‌زیست جلوگیری می‌شود.^[۲]

در پژوهش حاضر تلاش شده است با استفاده از چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره، به بررسی و تحلیل معیارهای مؤثر در استقرار صنایع سنگین در منطقه‌ی موردمطالعه پرداخته شود و درنهایت، با تلفیق روش‌های AHP^۱ و ویکور^۲، مکان بهینه برای توسعه‌ی صنعتی در قالب سناریوهای مختلف شناسایی و ارزیابی شود.

² VIKOR (Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje)

¹ Analytic Hierarchy Process

۲. پیشینه‌ی نظری پژوهش

در ادامه، به مطالعات انجام‌شده در زمینه‌ی مکان‌یابی صنایع پرداخته شده است. محمود^۱ و همکاران (۲۰۲۴)^[۳] در پژوهشی در رابطه با توسعه‌ی یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاری برای انتخاب محل نیروگاه هسته‌ای با استفاده از روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ویکور با تمرکز بر عوامل اجتماعی-اقتصادی فرض کرده‌اند که انتخاب محل مناسب برای نیروگاه هسته‌ای در اندونزی برای راه‌حل‌های انرژی پایدار، حیاتی است. سپس ۱۰ معیار اجتماعی-اقتصادی، شامل: شبکه‌ی انتقال، هزینه‌های عملیاتی، تأثیر اقتصادی، امنیت، شبکه‌ی حمل‌ونقل، ملاحظات قانونی، تأثیر در گردشگری، مالکیت زمین، سایت‌های تاریخی، و پذیرش عمومی ارزیابی و بررسی شده‌اند. در پژوهش اخیر، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy-AHP) برای اولویت‌بندی معیارهای اخیر و روش ویکور فازی برای ارزیابی دو محل احتمالی: کالیمانتان^۲ شرقی و کالیمانتان غربی استفاده شده است. محاسبات با استفاده از نرم‌افزارهای ماکروسافت اکسل^۳ و اکسپرت چویز^۴ انجام و نتیجه گرفته شده است که امنیت، شبکه‌ی انتقال، و شبکه‌ی حمل‌ونقل از اولویت‌های اصلی هستند. روش ویکور فازی، کالیمانتان غربی را به‌عنوان محل بهینه برای ساخت نیروگاه هسته‌ای شناسایی کرده است.^[۳]

کارچی^۵ و همکاران (۲۰۲۴)^[۴] نیز در رابطه با انتخاب فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر برای ساختمان‌های هتل با یک رویکرد هدفمند براساس روش‌های AHP و ویکور، در مطالعه‌ی به ارزیابی فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر (RETs)^۶ برای ساختمان‌های هتل پرداخته و بر معیارهایی، مانند: هزینه‌ی اولیه‌ی سرمایه‌گذاری، ظرفیت تولید انرژی، و آثار زیست‌محیطی تمرکز داشته‌اند. در پژوهش اخیر، از روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و ویکور برای ارزیابی و رتبه‌بندی ۸ فناوری انرژی تجدیدپذیر، از جمله پنل‌های فتوولتائیک و پمپ‌های حرارتی استفاده شده است. همچنین، با استفاده از مصاحبه‌های کارشناسی، بررسی‌های ادبیات، و مطالعه‌ی معیارهای کلیدی شناسایی شده و روش‌های اخیر برای تعیین مناسب‌ترین فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر دریافته‌اند که پنل‌های فتوولتائیک به‌دلیل تعادل بین هزینه، کارایی، و پایداری، بهترین انتخاب هستند. این رویکرد جامع به‌ذی‌نفعان کمک می‌کند تا تصمیم‌های آگاهانه‌ای برای دستیابی به اهداف انرژی صفر خالص در ساختمان‌های هتل بگیرند.^[۴]

گلتوم^۷ و همکاران (۲۰۲۴)^[۵] نیز در رابطه با ادغام روش‌های AHP و ویکور برای انتخاب مسیر بهینه‌ی مقصد، مطالعه و فرض کرده‌اند که ادغام روش‌های AHP (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) و ویکور (رتبه‌بندی مصالح‌های چندمعیاری) می‌تواند به‌طور مؤثر، مشکل ایجاد مسیرهای بهینه به جاذبه‌های گردشگری تاریخی در شهر مدان^۸ را حل کند. معیارهای ارزیابی، شامل: دسترسی، امکانات، و جاذبه‌ها بوده‌اند. در پژوهش اخیر از پرسش‌نامه‌های مقایسه‌ی زوجی AHP براساس ارزیابی‌های کارشناسان و نیز از نرم‌افزار

آرکمپ^۹ برای پردازش داده‌ها و همچنین از فایل‌های شکلی شهر مدان و داده‌های آماری مربوط به تعداد بازدیدکنندگان و امکانات جاذبه‌ها استفاده شده است. ادغام روش‌های AHP و ویکور به همراه تحلیل شبکه‌ای، در تعیین انتخاب مسیر بهینه برای گردشگری تاریخی در شهر مدان مؤثر بوده است. در مطالعه‌ی مذکور نتیجه گرفته شده است که راهبرد به‌روزرشده، هم عملی و هم واقع‌بینانه، برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مؤثر است.^[۵]

یوزچوچ^{۱۰} و همکارانش (۲۰۲۱)^[۶] پژوهشی در رابطه با مکان‌یابی بندر خشک برای بندر ریچکا^{۱۱}، که یکی از مهم‌ترین مسیرهای حمل‌ونقل راهبردی اتحادیه‌ی اروپا TEN-T (راه‌های ترانزیتی مدیترانه و بالتیک^{۱۲} - آدریاتیک^{۱۳}) در کرواسی است؛ با استفاده از روش AHP انجام داده و فرض کرده‌اند که ایجاد یک بندر خشک برای بندر ریچکا، ازدحام را کاهش می‌دهد و نیازهای فزاینده‌ی بار را برآورده می‌سازد. معیارهایی برای ارزیابی فرضیه‌ی اخیر، شامل: عوامل فنی، فناوری، سازمانی، زیست‌محیطی، اطلاعات و ارتباطات (IT)^{۱۴}، اقتصادی، حقوقی، و نظارتی و عوامل خاص در نظر گرفته شده است. در پژوهش ذکرشده از روش AHP (فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی) و نیز از ابزار نرم‌افزاری اکسپرت چویز برای تحلیل و رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه‌ی بندر خشک براساس معیارهای تعریف‌شده استفاده شده است. همچنین، ارزیابی برای سه گروه از مکان‌های بندر خشک احتمالی فاصله‌های نزدیک، متوسط، و دور صورت گرفته و مکان‌های بهینه‌ی بندر خشک برای بندر ریچکا به‌عنوان میکلاولیه^{۱۵}، ولیکا گوریتسا^{۱۶}، و وینکووتسی^{۱۷} به ترتیب فاصله‌های نزدیک، متوسط، و دور شناسایی شده‌اند، که ظرفیت و کارایی بندر را افزایش می‌دهند و به توسعه‌ی منطقه‌ای و ادغام در شبکه‌ی حمل‌ونقل اتحادیه‌ی اروپا کمک می‌کنند.^[۶]

ژنگ^{۱۸} و همکاران (۲۰۱۱)^[۷] بر روی موضوع بهینه‌سازی مکان‌های بندرهای خشک برای منطقه‌ی اقتصادی غربی کشور تایوان با استفاده از سیستم‌های مکان‌یابی جغرافیایی (GIS) بر مبنای حمل‌ونقل داخلی مرسوم و براساس پیوندهای متعدد از طریق جاده و فقط تعداد محدودی از طریق راه‌آهن مطالعه کرده‌اند. حمل‌ونقل ریلی به‌طور کلی محدود به خدمات‌رسانی به مناطق شهری بزرگ در فواصل نسبتاً طولانی از بندر است؛ و مفهوم بندر خشک مبتنی بر یک بندر دریایی است، که مستقیماً از طریق راه‌آهن به بندر خشک داخلی متصل می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده، آثار افزایش ظرفیت ریل را نشان داده است؛ که با افزایش آن، کانتینرهای حمل‌شده توسط ریل افزایش یافته و باعث کاهش کل هزینه‌ی حمل‌ونقل شده است. به‌علاوه در پژوهش اخیر مشاهده شده است که با اضافه‌کردن بندر خشک و یا زیادکردن تعداد مسیرهای ریلی، هزینه‌ی حمل‌ونقل کاهش یافته است.^[۷]

رحیمی و برنا (۲۰۱۷)^[۷] پژوهشی بر روی استقرار صنایع سنگین در بندرهای ماهشهر و امام خمینی (ره) با هدف مکان‌یابی صنایع سنگین در بندرهای مذکور با توجه به عوامل مختلفی، از قبیل: محیطی، طبیعی، و زیربنایی انجام داده‌اند. روش پژوهش اخیر بر مبنای کاربردی و براساس ماهیت توصیفی-

¹⁰ Josip Božićević

¹¹ Rijeka

¹² Baltic

¹³ Adriatic

¹⁴ Information Technology

¹⁵ Miklavlje

¹⁶ Velika Gorica

¹⁷ Vinkovci

¹⁸ Qingcheng ZENG

¹ Mahmudah

² Kalimantan

³ Microsoft Excel

⁴ Expert Choice

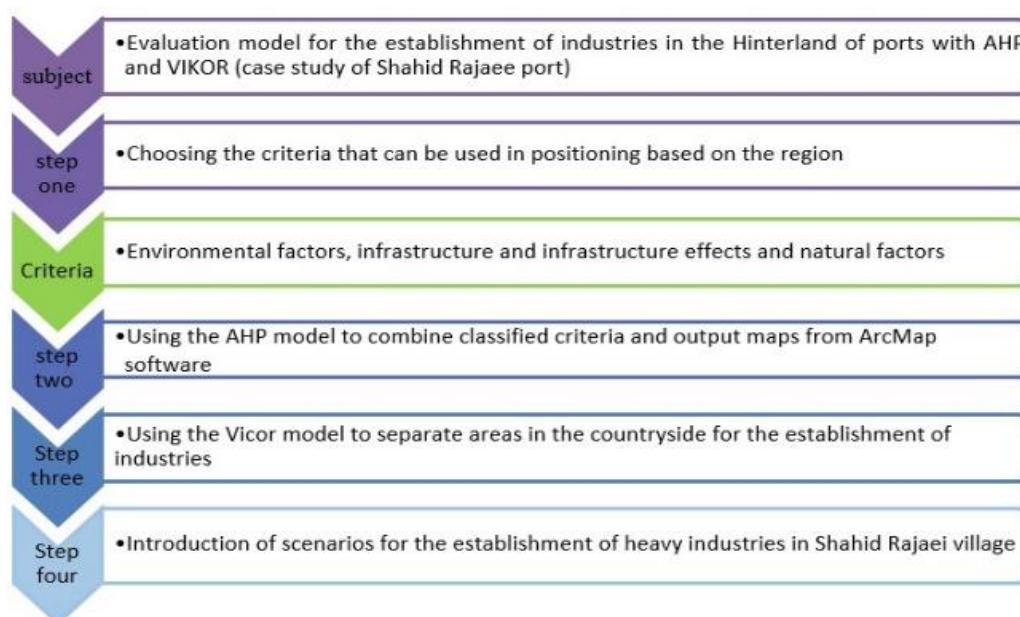
⁵ Kargi

⁶ Renewable energy technologies

⁷ Parapat Gultom

⁸ Medan

⁹ ARCMAP



شکل ۱. مراحل کلی پژوهش.

مطالعات مشابه در حوزه‌ی مکان‌یابی صنعتی، و همچنین تناسب ساختار روش‌های مذکور با ماهیت پروژه صورت گرفته است. AHP به‌منظور استخراج وزن نسبی معیارها و VIKOR برای رتبه‌بندی گزینه‌های مکانی و انتخاب راه‌حل مصالحه‌ای استفاده شده‌اند. در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست به تهیه‌ی نقشه‌ی اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهیدرجایی پرداخته شده است. سپس با استفاده از سایت earthexplorer.usgs.gov، نقشه‌ی ارتفاعات منطقه (DEM)^{۱۹} تهیه و سپس نقشه‌ی شیب منطقه در محیط نرم‌افزار GIS تولید شده است. در پژوهش حاضر به‌منظور دستیابی به هدف تعیین مکان مناسب و درجه‌بندی اولویت آن‌ها، ماتریس مقایسه‌های زوجی در AHP تشکیل شده است. معیارهایی که برای مکان‌یابی صنایع سنگین در پس کرانه‌ی شهیدرجایی در نظر گرفته شده است، عبارت از عوامل زیست‌محیطی، زیرساخت، آثار زیربنایی، و عوامل طبیعی هستند. زیرمعیارهای عوامل طبیعی، شامل: جهت باد، شیب، و ارتفاع هستند. زیرمعیارهای زیرساخت و آثار زیربنایی شامل: دسترسی به انرژی (دسترسی به نفت، دسترسی به گاز، دسترسی به برق، و دسترسی به آب) و دسترسی به راه‌ها بوده است. در انتها، زیرمعیار عوامل زیست‌محیطی عبارت از کاربری اراضی و پوشش گیاهی بوده‌اند. همه‌ی معیارهای اخیر طوری تنظیم شده‌اند که ارجحیت در گزینه‌ها نسبت به معیارها در اولویت بوده و از طریق نرم‌افزار اکسپرت چویز انجام شده است. سپس با استفاده از روش ویکور و تلفیق نتایج روش‌های ذکر شده و وارد کردن در محیط نرم‌افزار GIS، نقشه‌ی مکان صنایع سنگین در پس کرانه‌ی شهیدرجایی به‌دست آمده است (در شکل ۱، مراحل کلی پژوهش ملاحظه می‌شود).

۴. محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی فرضی

برای مطالعه‌ی موردی از پس کرانه‌ی مجتمع بندری شهیدرجایی بندرعباس، که از مهم‌ترین بنادر ایران به شمار می‌رود، استفاده شده است. بندر شهیدرجایی در فاصله‌ی ۲۳ کیلومتری غرب بندرعباس مرکز استان هرمزگان واقع شده است و با بیش از ۲۴۰۰ هکتار وسعت (محدوده‌ی عملیاتی و پس کرانه)، ظرفیت پذیرش سالانه بیش از ۸۸ میلیون تن کالا را دارد. در آخرین

تحلیلی بوده و به‌منظور دستیابی به تعیین مکان مناسب و درجه‌بندی اولویت، از ماتریس مقایسه‌های زوجی در AHP استفاده شده است. بندرهای ماهشهر و امام خمینی به ۴ محدوده‌ی ضعیف، متوسط، خوب، و عالی تقسیم‌بندی شده و نتایج نشان داده‌اند که نواحی شمالی و مرکزی از محدوده‌های ضعیف و متوسط و قسمتی از ناحیه‌ی مرکزی و جنوب محدوده‌ی مذکور در ناحیه‌های خوب و عالی قرار گرفته‌اند.^[۱۷]

احدنژاد و همکاران (۲۰۱۴)،^[۱۸] نیز پژوهشی در مورد مکان استقرار صنایع در اراضی بخش مرکزی منطقه‌ی آزاد ارس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی (AHP) (توسط نرم‌افزار اکسپرت چویز)، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (ویکور) (توسط نرم‌افزار اکسل)، و مکان صنایع (توسط نرم‌افزار آرکمپ) انجام داده‌اند. در پژوهش اخیر، زیرمعیارهای صورت‌گرفته، شامل: مناطق حفاظت شده، گسل (اصلی یا فرعی)، فاصله از جاده (اصلی)، فاصله از خطوط انتقال گاز، فاصله از خطوط برق فشار قوی، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از خطوط ریل، فاصله از سد، فاصله از مسیر و آبراهه‌ها، کاربری اراضی، فرسایش، و شیب بوده‌اند. بعد از مدل‌سازی زیرمعیارها نتایج پژوهش ذکر شده نشان داده است که اراضی بخش مرکزی منطقه‌ی آزاد ارس، بالاترین قابلیت و اراضی بخش مرکزی، کمترین قابلیت برای استقرار صنایع را دارند. همچنین آنجایی که تمامی پهنه‌ها برای استقرار صنایع از نظر مساحت، ارزش یکسانی نداشته‌اند، اقدام به جداسازی اراضی بالای ۲۰۰ هکتار شده است. برای اولویت‌بندی پهنه‌های بالای ۲۰۰ هکتار از مدل ویکور استفاده شده و نتایج نشان داده است که ۵ پهنه، مساحتی بیشتر از ۲۰۰ هکتار داشته‌اند و در ادامه، با استفاده از ۸ معیار، که در مکان‌یابی استقرار صنایع می‌توانند ضروری باشند، اقدام به اولویت‌بندی پهنه‌های مذکور شده است.^[۱۸]

۳. روش پژوهش

در مطالعه‌ی حاضر، با رویکرد اسنادی و نرم‌افزاری از مواد و داده‌های ذکر شده برای تولید معیارهای موردنیاز در پژوهش استفاده شده است. به‌علاوه انتخاب روش‌های AHP و VIKOR با توجه به مطالعات پیشین، الگوگیری از

^{۱۹} Digital Elevation Model

جدول ۱. مقادیر ضریب اهمیت برای مقایسه‌های زوجی.^[۱۲]

Preferences	Numerical value
Absolutely more important or absolutely desirable	9
Very strong importance or desirability	7
Strong importance or desirability	5
A little more important or a little more desirable	3
Same utility	1
Preferences between the above intervals	2,4,6,8

می‌شوند. جهت تعیین اهمیت و ترجیح در مقایسه‌های زوجی از طیف ۱ تا ۹ ساعتی، ارائه‌شده در جدول ۱، استفاده شده است.^[۱۲]

۳.۵. عوامل مؤثر در مکان‌یابی صنایع سنگین

با توجه به موضوع پژوهش حاضر، در بخش کنونی به معرفی معیارهای در نظر گرفته‌شده برای استقرار صنایع سنگین پرداخته شده است. معیارهای مؤثر در مکان‌یابی صنایع سنگین در پژوهش حاضر، ابتدا از طریق مرور نظام‌مند ادبیات موضوع، تحلیل اسناد بالادستی منطقه‌ی بندر شهیدرجایی و مصاحبه با ۱۰ کارشناس خبره در حوزه‌ی سواحل، صنایع، و محیط‌زیست شناسایی شده‌اند. در مرحله‌ی نخست، سه معیار اصلی، شامل: عوامل طبیعی، عوامل زیربنایی، و عوامل محیط‌زیستی به‌عنوان چارچوب اولیه انتخاب شده‌اند. سپس با تلفیق نتایج حاصل از بررسی منابع پیشین، تحلیل شرایط زیرساختی منطقه، شناخت محلی، و بازدیدهای میدانی، سه معیار مذکور به ۱۰ زیرمعیار تفکیک شده‌اند. فرآیند حاضر با استفاده از اجماع میان متخصصان انجام شده است، تا ابعاد مختلف تصمیم‌گیری به شکل جامع‌تری پوشش داده شود. درنهایت، به‌منظور حفظ سادگی ساختار سلسله‌مراتبی و جلوگیری از ابهام در وزن‌دهی، فقط زیرمعیارهای نهایی اخیر در مدل AHP لحاظ شده‌اند. سپس اطلاعات موردنیاز تهیه و با استفاده از توانمندی‌های روش GIS به لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز تبدیل و درنهایت، آثار متقابل هر کدام از معیارها در مکان‌یابی صنایع سنگین ارزیابی شده‌اند. در جدول ۲، معیارها به ریزمعیار ارائه شده‌اند.^[۱۴]

۴.۵. تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها

با توجه به امتیازدهی خبرگان که عددی از ۱ تا ۹ را با توجه به سؤال‌های طرح‌شده انتخاب کرده‌اند، به مقایسه‌ی بین سه شاخص اصلی پرداخته شده است. نتایج مربوط به خروجی نرم‌افزار اکسپرت چویز و ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارهای اصلی در جدول ۳ ارائه شده‌اند، که طبق آن، نرخ ناسازگاری ۰/۰۴ به‌دست آمده است.^[۱۴]

اعداد داخل جدول ۳، نشانگر اولویت شاخص سطر نسبت به شاخص ستون مرتبط است. به‌علاوه، اعداد به رنگ قرمز، وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نشان می‌دهند. در شکل ۳، رتبه‌بندی و ارزش وزنی تعیین‌شده‌ی شاخص‌ها مشاهده می‌شود.

در شکل ۴ و جدول ۴، رتبه‌بندی و ارزش وزنی تمامی زیرمعیارها ملاحظه می‌شوند؛ که مطابق آن‌ها، مشخص می‌شود که ارتفاع، بیشترین ارزش و دسترسی به جاده‌ی فرعی (جاده‌ی خاکی)، کمترین ارزش را داشته‌اند. این

شکل ۲. پلان منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی فرضی.^[۱۹]

رتبه‌بندی برترین بنادر جهان، که در سپتامبر ۲۰۱۳ منتشر شده است، بندر شهیدرجایی در رتبه‌ی ۵۹ جهان قرار گرفته است (پلان فرضی آن در شکل ۲ مشاهده می‌شود).^[۹]

۵. روش کار

۱.۵. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP

روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) توسط ساعتی (۱۹۸۰)،^[۱۰] معرفی شده است. روش AHP، روشی توانمند و منعطف در دسته‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، که به‌وسیله‌ی آن می‌توان مسائل پیچیده را در سطوح مختلف حل کرد. به این دلیل به آن مدل سلسله‌مراتب گفته می‌شود که به‌صورت یک مدل درختی و مراتب‌وار است. روش AHP هر دو ارزیابی عینی و ذهنی را در یک ساختار یکپارچه بر مبنای مقیاس‌هایی با زوج مقایسه، ترکیب و به تحلیل‌گران کمک می‌کند تا جوانب اساسی یک مسئله را در یک قالب سلسله‌مراتبی سازماندهی کنند. از جمله مزایای روش AHP، می‌توان به موارد: سنجش سازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان، ایجاد مقایسه‌های زوجی در انتخاب راهکار و گزینه‌ی بهینه، توان در نظر گرفتن معیارها و زیرمعیارها در ارزیابی گزینه‌ها، ایجاد قابلیت دستیابی به بهترین گزینه از طریق مقایسه‌های زوجی اشاره کرد.^[۱۰] در روش AHP، مسئله‌ی تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها، زیرمعیارها، و گزینه‌ها تقسیم می‌شود. در فرایند اخیر، گزینه‌های مختلفی در تصمیم‌گیری دخالت داده می‌شوند و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها وجود دارد. تحلیل حساسیت به این معناست که با تغییر وزن معیارها در رتبه‌ی گزینه‌ها چه تغییری ایجاد می‌شود. از مزایای دیگر روش AHP، تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم است. فرایند AHP با تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده، آن‌ها را به شکل ساده تبدیل می‌کند. ارزیابی اهمیت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری و مقایسه‌ی گزینه‌های تصمیم‌گیری با توجه به هر معیار با مقایسه‌های زوجی انجام می‌شود، که شامل ایجاد یک ماتریس مقایسه در هر سطح از سلسله‌مراتب، با شروع از سطح دوم و پایین‌آمدن آن، محاسبه‌ی وزن‌های نسبی برای هر عنصر سلسله‌مراتب، و در آخر تخمین نرخ سازگاری برای بررسی سازگاری داوری بوده است.^[۱۱]

۲.۵. تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی

در این مرحله عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر مرتبط با خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه و ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی تشکیل

جدول ۲. معیارهای پژوهش حاضر برای استقرار صنایع سنگین.^[۱۴]

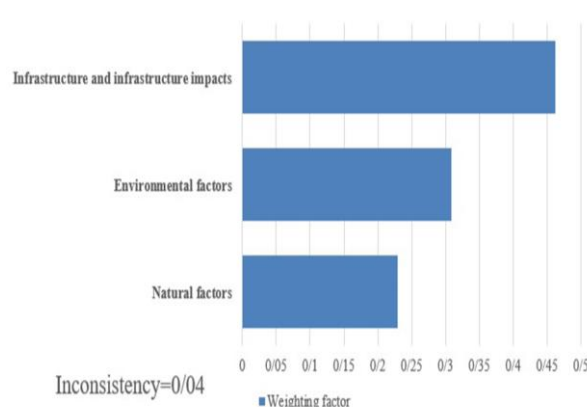
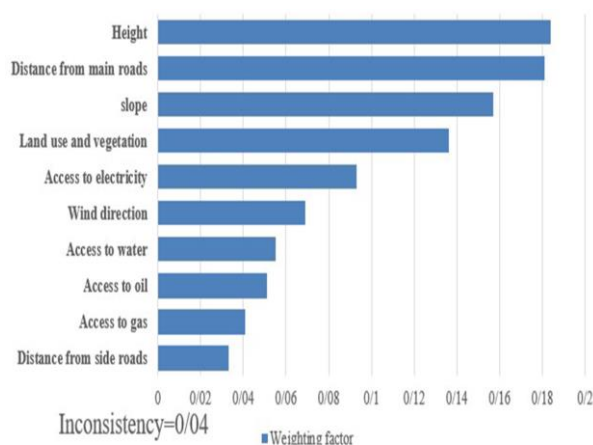
Sub-criteria		Criteria	Objective
land use and vegetation		Environmental factors	Optimal location for heavy industries in Shahid Rajaee Port hinterland
access to oil	access to energy	Infrastructure And Infrastructure Impacts	
access to gas			
access to electricity			
access to water			
Distance from main roads	access to roads		
Distance from side roads			
Wind direction		Natural factors	
Height			
Slope			

جدول ۳. مقایسه‌های زوجی معیارهای اصلی (خروجی نرم افزار EC2000).^[۱۴]

	Infrastructure And Infrastructure Impacts	Environmental factors	Natural factors
Infrastructure And Infrastructure Impacts		1.64341	1.82901
Environmental factors			1.65047
Natural factors	Icon:0.01		

جدول ۴. رتبه‌بندی و ارزش وزنی شاخص تمامی زیرمعیارها.^[۱۴]

Number	Sub-Criterion	Weighted Value	Rank	Nember	Sub-Criterion	Weighted Value	Rank
1	Height	0.184	1	6	Wind direction	0.069	6
2	Distance from main	0.181	2	7	Access to water	0.055	7
3	Slope	0.157	3	8	Access to oil	0.051	8
4	land use and vegetation	0.136	4	9	Access to gas	0.041	9
5	access to electricity	0.093	5	10	Distance from side roads	0.033	10



شکل ۳. رتبه‌بندی و ارزش وزنی شاخص اصلی (خروجی نرم افزار EC2000).^[۱۴]

شکل ۴. رتبه‌بندی و ارزش وزنی تمامی زیرمعیارها (خروجی نرم افزار EC2000).^[۱۴]

مناسب برای استقرار صنایع سنگین به رنگ تیره و مناطق نامناسب به رنگ روشن مشاهده می‌شوند. مطابق شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت که منطقه‌های شرقی و شمال شرقی پس کرانه، بهترین مکان برای استقرار صنایع سنگین هستند؛ در حالی که مناطق جنوبی پس کرانه، نامناسب‌ترین منطقه برای استقرار صنایع سنگین در پس کرانه‌ی ۲۴۰۰ هکتاری شهید رجایی محسوب می‌شوند.^[۱۴]

تذکر لازم است که نرخ سازگاری در این حالت، مساوی ۰/۰۴ از ارزیابی نتایج حاصل شده است.

بنابراین، شاخص‌ها به ترتیب اولویت (اهمیت) مطابق جدول ۴ هستند.

در شکل ۵، با استفاده از روش AHP در محیط نرم افزار GIS، به تحلیل و بررسی مکان‌های مناسب برای استقرار صنایع سنگین در پس کرانه‌ی بندر شهیدرجایی پرداخته شده است. براساس خروجی نرم افزار GIS، مناطق

$$S_j = \sum_{i=1}^n W_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \quad (1)$$

$$R_j = \max \left\{ W_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right\} \quad (2)$$

سپس شاخص ترکیبی Q_i طبق رابطه‌ی ۳ به‌دست می‌آید: [۱۳]

$$Q_i = v \left[\frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad (3)$$

که در آن‌ها، W_i وزن معیار (استخراج‌شده از AHP)، f_{ij} عملکرد گزینه‌ی j در معیار i ، و v پارامتر راهبردی تصمیم‌گیرنده (در مطالعه‌ی حاضر $v = 0.5$) هستند. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها براساس مقادیر Q_i و قواعد انتخاب راه‌حل مصالحه انجام شده است. [۱۳]

۵.۶. ماتریس تصمیم‌گیری

در گام نخست، ماتریس تصمیم‌گیری^{۲۲} براساس داده‌های حاصل از نظرهای خبرگان و مقایسه‌های انجام‌شده بین گزینه‌ها (مثلاً پنج عامل کلیدی پژوهش) تشکیل شده است، که ساختار آن مطابق جدول ۵ است.

۵.۷. محاسبه‌ی شاخص ویکور (Q) و رتبه‌بندی گزینه‌ها

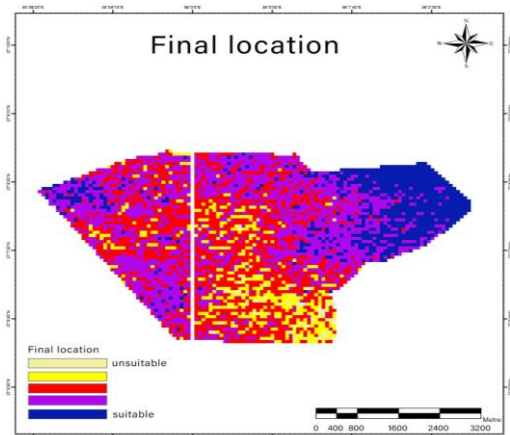
در بخش حاضر، مقادیر قطعی S ، R ، و Q به‌دست آمده‌اند. در جدول ۶، مقادیر به‌دست‌آمده از روابط و رتبه‌ی گزینه‌ها ارائه شده است..

۵.۸. انتخاب بهترین گزینه

در مرحله‌ی کنونی با توجه به مقادیر S ، R ، و Q مربوط به گزینه‌ها، که به‌صورت نزولی مرتب شده‌اند، تصمیم گرفته می‌شود. برای تصمیم‌گیری دو شرط بررسی و براساس آن‌ها، سه حالت به‌وجود می‌آید، که براساس آن‌ها تصمیم گرفته می‌شود.

الف) شرط اول: شرط مزیت قابل قبول

طبق رابطه‌ی ۴، شرط یک بررسی شده و این نتیجه به‌دست آمده است.



شکل ۵. نقشه‌ی صنایع سنگین مکان‌یابی فرضی به‌دست‌آمده به روش AHP. [۱۴]

گام ۹) تعیین وزن نسبی معیار (مطابق رابطه‌ی ۲۱).

۵.۵. مدل ویکور

واژه‌ی ویکور (VIKOR) از حروف اختصاری عبارت صربستانی Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje گرفته شده است؛ که پس از گسترش کاربرد روش تاپسیس^{۲۰} توسط اپریکویک^{۲۱} (۱۹۸۴)، [۱۳] برای حل مشکلات تاپسیس ارائه شده است. ویکور، روشی مبتنی بر ماتریس تصمیم برای انتخاب گزینه‌ی بهینه براساس تعدادی معیار است؛ به همین دلیل مقایسه‌ی روش ویکور و تاپسیس همیشه موردتوجه پژوهشگران بوده است. اپریکویک پس از مطرح‌شدن منطق فازی، روش ویکور فازی را ارائه کرده و در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ آن را توسعه داده است. روش اخیر مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است و مسائلی با معیارهای نامتناسب و ناسازگار را ارزیابی می‌کند. [۱۳]

در روش ویکور، ابتدا بهترین (f_i^*) و بدترین (f_i^-) مقدار هر معیار تعیین می‌شود. سپس برای هر گزینه‌ی j ، شاخص‌های فاصله‌ی تجمعی و بیشینه به‌ترتیب مطابق روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند: [۱۳]

جدول ۵. ماتریس تصمیم‌گیری.

	Region 4	Region 3	Region 2	Region 1
land use and vegetation	1.64	3.48	5.48	7.56
access to oil	1.39	3.95	5.73	7.75
access to gas	1.92	3.66	5.67	7.01
access to electricity	2.09	3.68	6.64	8.49
access to water	2.12	4.11	6.44	8.22
Distance from main roads	2.48	4.63	7.36	8.71
Distance from side roads	1.80	3.70	5.83	7.32
Wind direction	2.10	4.06	5.47	7.80
Slope	1.54	3.90	5.78	7.69
Height	1.60	3.93	6.05	7.95

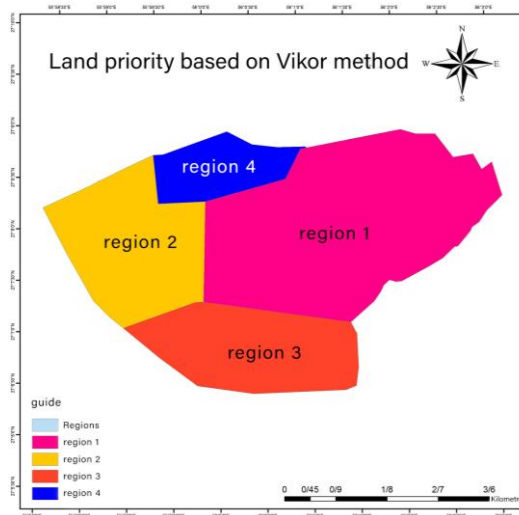
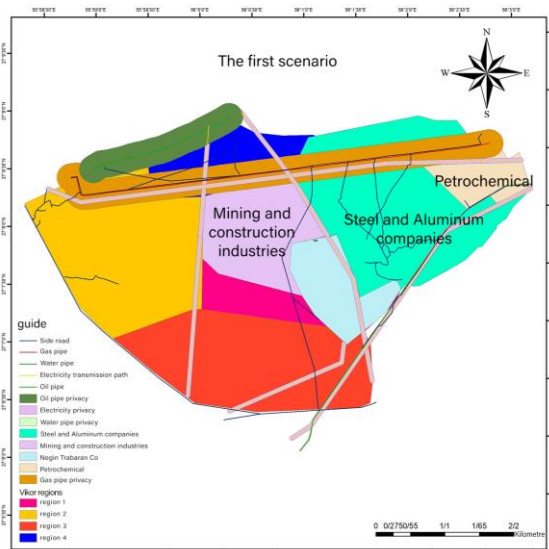
²¹ Opricovic

²² Decision Matrix

²⁰ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

جدول ۶. مقادیر قطعی Q، S، R و [۱۴]

Region	R	Rank R	S	Rank S	Q	Rank Q	Final status
Region 1	0.121	3	0.231	1	0.187	2	The most suitable area
Region 2	0.0846	1	0.3	2	0.128	1	Suitable
Region 3	0.118	2	0.423	3	0.53	3	Needs further investigation.
Region 4	0.181	4	0.503	4	1	4	Inappropriate



شکل ۶. خروجی روش ویکور در تعیین قرارگیری صنایع سنگین. [۱۴]

شکل ۷. سناریوی اول استقرار صنایع سنگین در اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهیدرجایی.

$$Q(A_2) - Q(A_1) = 0.059 \quad \frac{1}{n-1} = \frac{1}{3} = 0.33 \quad (4)$$

شرط یک برقرار نیست. پس شرط دوم مطابق رابطه‌ی ۵ بررسی می‌شود.

در بخش کنونی، براساس رابطه‌ی ۵، اولویت گزینه‌ها بررسی شده است.

$$\frac{1}{n-1} + Q(A_1) = 0/461 \quad Q(A_m) = 0/461 \quad (5)$$

با توجه به جدول ۶ و مقدار به‌دست‌آمده از رابطه‌ی ۵، شرط دوم بررسی شده است، که طبق نتایج به‌دست‌آمده، دو منطقه‌ی مناسب فرضی (منطقه‌های ۲ و ۱) به ترتیب شرق و غرب پس کرانه) برای استقرار صنایع سنگین وجود دارند. در شکل ۶، خروجی نتایج روش ویکور در محیط نرم‌افزار GIS مشاهده می‌شود. [۱۴]

۶. سناریوهای استقرار صنایع سنگین در پس کرانه‌ی بندر شهیدرجایی با GIS

در بخش حاضر، با توجه به موارد ارزیابی‌شده، سناریوهایی برای استقرار صنایع سنگین در پس کرانه‌ی بندر شهیدرجایی با استفاده از نرم‌افزار آرکمپ بیان شده‌اند.

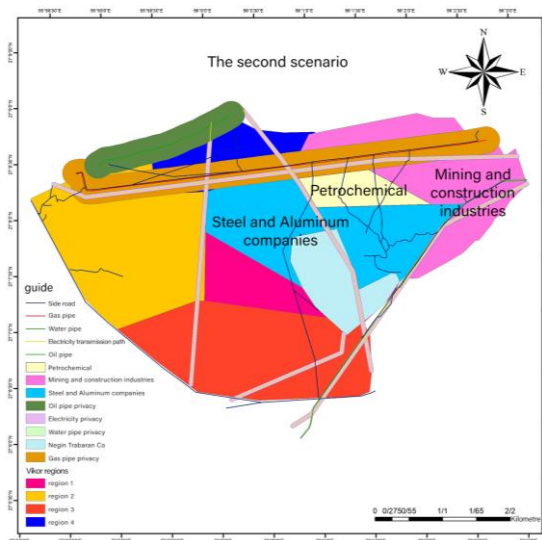
۶.۱. سناریوی اول

در سناریوی اول، مطابق شکل ۷ مشاهده می‌شود که صنعت پتروشیمی در شمال شرق پس کرانه، سپس صنعت فولاد و آلومینیوم در کنار صنعت پتروشیمی در شرق پس کرانه، و بعد از آن صنایع معدنی و ساختمانی در مرکز پس کرانه قرار گرفته‌اند.

۶.۲. سناریوی دوم

در سناریوی دوم، مطابق شکل ۸ مشاهده می‌شود که صنایع معدنی و ساختمانی در شرق و شمال شرق پس کرانه و در کنار آن صنعت پتروشیمی در شرق پس کرانه، و سپس صنعت فولاد و آلومینیوم در قسمت مرکزی پس کرانه‌ی شهیدرجایی قرار گرفته‌اند.

شکل ۸. سناریوی دوم استقرار صنایع سنگین در اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهیدرجایی.



جدول ۷. مقایسه‌ی سناریوهای پیشنهادی.

Scenario	explanation	main advantage
First Scenario	By strategically locating petrochemical facilities away from residential areas and placing related industries (such as steel and aluminum) in close proximity to each other, both environmental and traffic interference has been reduced.	Minimal environmental impact and suitable distribution of industries
Second Scenario	The main industries are located in the east and center, and transportation to the main roads is easy, but it may interfere with recreational use.	Balanced distribution of capacities and good access to infrastructure.
third scenario	The linear arrangement of small industries in the center and northeast prevents high density, but increases their distance from transit routes.	Minimal spatial interference and suitable for small units.

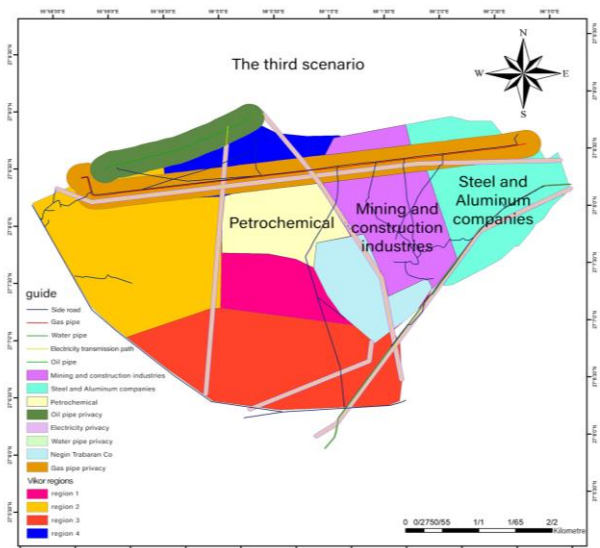
شهیدرجایی شناسایی شده‌اند. ابتدا، معیارهای مؤثر در مکان‌یابی از طریق مرور ادبیات، اسناد بالادستی، و مصاحبه با خبرگان استخراج و در سه دسته‌ی کلی: عوامل طبیعی، زیربنایی، و محیط‌زیستی طبقه‌بندی شده‌اند. سپس با استفاده از AHP، وزن نسبی هر معیار تعیین شده است. در ادامه، وزن‌های مذکور در مدل VIKOR استفاده شده‌اند تا ارزیابی گزینه‌های مکانی صورت گیرد. نتایج حاصل، نواحی با اولویت بالا برای استقرار صنایع را نشان می‌دهد، که از نظر شاخص‌های مختلف توازن مناسبی دارند.

همچنین، با تفسیر نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی، چند سناریوی پیشنهادی در قالب تحلیل سیاست‌محور ارائه شده است، تا راهکارهای اجرایی برای بهره‌برداری از نتایج ذکر شده در سطوح برنامه‌ریزی منطقه‌ای فراهم شود. یافته‌های پژوهش می‌توانند به‌عنوان ابزاری قابل‌اتکا برای کاهش تعارض‌های محیط‌زیستی، افزایش بهره‌وری زیرساختی، و حمایت از توسعه‌ی پایدار صنعتی در منطقه استفاده شوند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از تلفیق روش‌های AHP و VIKOR، منطقه‌ی شرقی پس‌کرانه‌ی بندر شهیدرجایی به‌عنوان بهترین گزینه برای استقرار صنایع سنگین شناسایی شده است. این برتری از منظرهای مختلفی، مانند: دسترسی به زیرساخت‌های اصلی مانند جاده‌ی آسفالت، شبکه‌های برق، آب، و گاز، منطقه‌ی اخیر در رتبه‌ی نخست قرار گرفته‌اند. ویژگی‌های طبیعی نیز مانند زمین هموار و شیب مناسب، هزینه‌ی آماده‌سازی زمین در مرحله‌ی دوم، و ملاحظات زیست‌محیطی نظیر فاصله از مناطق مسکونی و رفاهی در مرحله‌ی سوم یا انتهای قرار گرفته‌اند؛ که سبب کاهش آثار منفی صنایع سنگین می‌شوند.

همچنین، منطقه‌ی غربی نیز در اولویت دوم قرار دارد و با توجه به شرایط موجود، مناسب برای استقرار صنایع سبک و خدماتی تشخیص داده شده است. نتایج پژوهش حاضر، با ارائه‌ی رویکردی ساختاریافته می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری نهادهای مسئول در توسعه‌ی زیرساخت‌های صنعتی با کمترین آسیب محیط‌زیستی و بیشترین بهره‌وری فضایی باشد. نتیجه‌ی نهایی استقرار انواع صنایع سنگین با رنگ‌های مختلف در شکل ۱۰ مشاهده می‌شوند.

۸. بحث

نتایج تلفیق روش‌های AHP و VIKOR نشان داده است که سناریوی اول، با استقرار پتروشیمی در شمال شرق و صنایع فولاد و آلومینیوم در شرق، به‌دلیل دسترسی به زیرساخت‌های اصلی و کاهش تداخل زیست‌محیطی نسبت به سایر



شکل ۹. سناریوی سوم استقرار صنایع سنگین در اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهیدرجایی.

۳.۶. سناریوی سوم

در سناریوی سوم، مطابق شکل ۹ مشاهده می‌شود که صنعت فولاد و آلومینیوم در شرق پس‌کرانه و در کنار آن صنایع معدنی و ساختمانی، و سپس پتروشیمی در مرکز پس‌کرانه‌ی کنار صنایع دیگر قرار گرفته‌اند.

در ادامه، سه سناریوی پیشنهادی برای استقرار صنایع سنگین در پس‌کرانه‌ی بندر شهیدرجایی از منظر مزیت اصلی و محدودیت‌های هر یک، در جدول ۷ با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

در نتیجه، سناریوی اول به‌دلیل تعادل میان کاهش آثار زیست‌محیطی، بهره‌برداری منطقه‌ای از زیرساخت‌ها و هم‌افزایی صنایع مرتبط، به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه شناسایی شده است. سناریوی دوم با توزیع متعادل واحدها قابل قبول بوده است. سناریوی سوم، نیز به‌دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری اضافی در زیرساخت کمتر در اولویت قرار گرفته است.

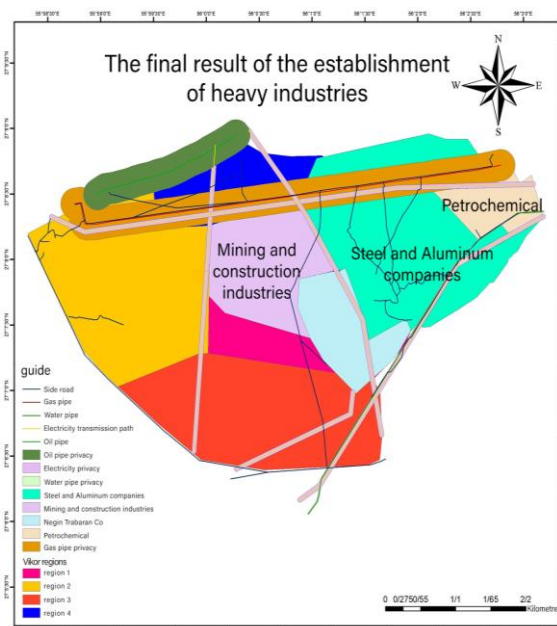
۷. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی AHP و VIKOR، مکان‌های مختلفی برای استقرار صنایع سنگین در منطقه‌ی بندر

معیارهای کلی به زیرمعیارهای دقیق‌تر نیز موجب شده است تا تحلیل مسائل مکانی چندبُعدی‌تر و واقعی‌تر صورت گیرد، رویکردی که در مطالعات مشابه حوزه‌ی GIS نیز توصیه شده است.

از نکات قوت پژوهش حاضر می‌توان به تلفیق داده‌های میدانی و اسنادی اشاره کرد؛ زیرا بازدیدهای صحرایی و تحلیل اسناد بالادستی، اعتبار معیارها و نتایج را افزایش داده است. همچنین، استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی تفصیلی و تفکیک سه معیار اصلی به ۱۰ زیرمعیار، امکان شناسایی تأثیر جزئی‌ترین عوامل را در ارزیابی مناطق فراهم آورده است. افزودن جدول مقایسه‌ای سناریوها و فلوجارت فرآیند تصمیم‌گیری نیز شفافیت و وضوح ارائه‌ی نتایج را به‌طور قابل‌توجهی ارتقاء داده است.

با این حال، حدود تعمیم نتایج، محدود به منطقه‌ی بندر شهیدرجایی است و ممکن است نتایج در دیگر مناطق بندری با ویژگی‌های متفاوت تغییر کنند. علاوه بر این، شاخص‌های محیط‌زیستی و زیرساختی با گذر زمان ممکن است دچار تغییر شوند؛ لذا، وزن‌دهی معیارها نیازمند بازنگری دوره‌ای خواهد بود. برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود مدل حاضر در مقیاس ملی یا بین‌المللی به آزمون گذاشته شود تا قابلیت تعمیم بیشتری یابد. همچنین، ادغام روش‌های فازی در AHP و VIKOR می‌تواند خطاهای قضاتی را کاهش دهد. درنهایت، تکمیل چارچوب تصمیم‌گیری با تحلیل هزینه-فایده‌ی اقتصادی پروژه‌های استقرار صنایع سنگین، جنبه‌های مالی و اقتصادی مدل را تقویت خواهد کرد.



شکل ۱۰. خروجی نتیجه‌ی نهایی پژوهش حاضر با استفاده نرم‌افزار GIS.

گزینه‌ها برتری دارد. چپ‌نش اخیر ضمن ایجاد همجواری منطقه‌ی میان صنایع مرتبط و حفظ فاصله‌ی مناسب از مناطق مسکونی، توانسته است هزینه‌های آماده‌سازی زمین و آثار منفی زیست‌محیطی را به میزان کمینه برساند. تقسیم

References – منابع

- Nasorllahi, Z. and Salehi, F. O., 2012. Criteria of Eco-industrial park location and their prioritization with using Fuzzy AHP and triangular Fuzzy number. *Quarterly Journal Of Economic Growth And Development Research*, 2(7), 66-51. [In Persian]. doi: <https://www.magiran.com/paper/1048271>.
- Zeng, Q., Liu, Y., Yang, Z., and Yu, B., 2011. Optimization of Dry ports location for Western Taiwan Straits economic zone. In ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems (pp. 103-110).
- Mahmudah, R. S. Putri, D. I., Abdullah, A. G. Shafii, M. A., Hakim, D. L. and Setiadipura, T., 2024. Developing a Multi-Criteria Decision-Making model for nuclear power plant location selection using Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Fuzzy VIKOR methods focused on socio-economic factors. *Cleaner Engineering and Technology*, 19, 100737. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100737>.
- Arikan Kargi, V. S. and Cesur, F., 2024. Renewable Energy Technology Selection for Hotel Buildings: A Systematic Approach Based on AHP and VIKOR Methods. *Buildings*, 14(9), 2662. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings14092662>.
- Gultom, P. and Nababan, E. S., 2024. Integration of AHP and VIKOR Method to Select the Optimum Destination Route. *Journal of Research in Mathematics Trends and Technology*, 6(1), 24-34. doi: <https://doi.org/10.32734/jormtt.v6i1.17717>.
- Božičević, J. Lovrić, I. Bartulović, D. Steiner, S. Roso, V. and Pašagić Škrinjar, J., 2021. Determining optimal dry port location for Seaport Rijeka using AHP decision-making methodology. *Sustainability*, 13(11), 6471. doi: <https://doi.org/10.3390/su13116471>.
- Rahimi, A. and Borna, R., 2017. Application of analytical hierarchy process (AHP) in site selection of heavy industry using gis in ports of emam khomeini and mahshahr. *Regional Planning* [In Persian], 6(24), 115-128. <https://www.magiran.com/paper/1661228>.
- Ahadnejad, M. and Norozi, M. J., 2014. An Analysis of the location of land to establish industry using AHP and VIKOR Methods (Case Study: central

- section of Aras Free Zone) [In Persion].<https://www.magiran.com/paper/1283640>.
9. Technology, I. U., 2023. Plan to study the process of attracting investment in 2400 hectares of Dry Port in Shahid Rajaei port [In Persion].
10. Karayalcin, I. I .,1982. The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation: Thomas L. SAATY McGraw-Hill, New York, 1980, xiii+ 287 pages,£ 15.65
11. Soleimani, R. Balandeh, N. and Jamali, F., 2013. Using GIS for location Analysis of Heavy Industries establishment. *The 5th Conference & Exhibition on Environmental Engineering*. tehran. [In Persian].
12. Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International journal of geographical information science*, 20(7), 703-726., doi: <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>.
13. Huang, J. J. Tzeng, G. H. and Liu, H. H.,2009. A revised VIKOR model for multiple criteria decision making-The perspective of regret theory. In *Cutting-Edge Research Topics on Multiple Criteria Decision Making: 20th International Conference, MCDM 2009*, Chengdu/Jiuzhaigou, China, June 21-26, 2009. Proceedings (pp. 761-768). Springer Berlin Heidelberg, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02298-2_112.
14. Asadzadeh, H. and Shabakhty,N., 2022. Evaluation model for the establishment of industries in the Hinterland of ports with AHP and VIKOR (case study of Shahid Rajaei port). *13th International Congress on Civil Engineering*. Tehran[In Persian]:<https://civilica.com/doc/1852861>.