

مدل ارزیابی استقرار صنایع در پس کرانه بندر به کمک AHP و VIKOR (مطالعه موردی پس کرانه بندر شهید رجایی)

دکتر ناصر شابختی^۱

دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران
shabakhty@iust.ac.ir

حسن اسدزاده

کارشناسی ارشد سواحل، بندر و سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت تهران
hassan_asadzadeh@alumni.iust.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، انتخاب مکان بهینه برای استقرار صنایع سنگین، به‌ویژه در مناطق بندری، به یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان توسعه پایدار تبدیل شده است. فشارهای زیست‌محیطی، لزوم بهره‌برداری مؤثر از زیرساخت‌ها، و ضرورت جلوگیری از ناهماهنگی‌های کاربری زمین، اهمیت این موضوع را دوچندان کرده است. با توجه به معیارهایی از قبیل عوامل زیست‌محیطی، زیرساخت و تأثیرات زیربنایی و عوامل طبیعی، می‌توان نحوه استقرار صنایع سنگین را ارزیابی نمود. در این مطالعه، با استفاده از روش‌های AHP و ویکور در محیط GIS، استقرار صنایع سنگین در پس کرانه بندر رجایی بررسی شده است. با توجه به مطالعات اسناد بالادستی و منطقه موردنظر، معیارها تعیین و داده‌ها جمع‌آوری شده‌اند. سپس این اطلاعات و نقشه‌ها تلفیق شده‌اند تا مکان بهینه صنایع مشخص شود. روش کار توصیفی - تحلیلی و کاربردی است. با توجه به روش ویکور که محیط نرم‌افزار GIS مکان‌های قابل استقرار پس کرانه بندر رجایی به چهار منطقه فرضی از ۱ تا ۴ بخش‌بندی گردیده، نتایج نشان می‌دهد که مناسب‌ترین مناطق برای استقرار صنایع سنگین، مکان‌هایی با دسترسی به جاده‌های اصلی، هموار بودن منطقه، جهت باد غالب و دور بودن از مداخلات منطقه‌ای هستند. یافته‌ها نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی موجب بهبود دقت تصمیم‌گیری مکانی، کاهش تداخلات کاربری، و انطباق بهتر با الزامات زیست‌محیطی در فرآیند مکان‌یابی شده است.

کلمات کلیدی: پس کرانه، صنایع سنگین، بندر شهید رجایی، مدل ویکور Vikor، مدل سلسله‌مراتبی AHP

^۱ نویسنده مسئول

Evaluation model for the establishment of industries in the Hinterland of ports with AHP and VIKOR (case study of Shahid Rajaei port)

Naser Shabakhty, (corresponding author), Shabakhty@iust.ac.ir
Associate Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology

Hassan Asadzadeh, hassan_asadzadeh@alumni.iust.ac.ir
M.Sc. in Port, Coastal and Marine Structures, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology

Abstract

The topic of industrial location lately has 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 to incorporate. 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 have 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 industries placements. Therefore, the methodology will be practical and based on descriptive-analytical methods. Using the VIKOR method within the 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 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.

Keywords: Analytic Hierarchy Process (AHP), Vikor Method, Heavy Industries, Hinterland , Shahid Rajaei Port

i. مقدمه

ضرورت و اهمیت انتخاب مکان برای بنگاه صنعتی تا حدی است که در ادبیات این حوزه به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر موفقیت اقتصادی بنگاه صنعتی به شمار می رود به این علت که مکان می تواند بر رشد اشتغال بنگاه، خروج بنگاه از صنعت، سودآوری بنگاه و رقابت آن تأثیر گذارد. این موضوع برای شهرک های صنعتی اهمیتی دوچندان دارد چرا که می تواند اهداف گروه های مختلف را برآورده سازد. از دیدگاه برنامه ریزان توسعه منطقه ای، شهرک های صنعتی منجر به اشتغال زایی، جلوگیری از مهاجرت افراد منطقه، متوازن نمودن سیاست های توسعه، حمایت از رشد سریع صنایع، جذب سرمایه های داخلی و خارجی، کاهش سرمایه گذاری اولیه برای ایجاد زیر ساخت های تولیدی و بهترین مکان برای انباشت سرمایه می باشد [۱].

رشد صنعت به طور مجتمع، منطقه، ناحیه، قطب یا شهرک صنعتی پدیده ای است که از لحاظ اهمیت، از آغاز قرن بیستم میلادی در توسعه صنعت کشورهای جهان و بهره گیری از امکانات و قابلیت های هر منطقه به آن توجه شده است. هر کشوری که در راه صنعتی شدن گام بر می دارد، باید از لحاظ آمایش سرزمین و تقسیم نیروی کار در مناطق مختلف کشور باهدف توسعه صنعتی محورها و قطب ها، مکان هایی را برای تجمع واحدهای صنعتی به شکل شهرک یا مجتمع، انتخاب و سازماندهی کند. این سازماندهی متأثر از عواملی مانند رشد جمعیت، اشتغال، محدودیت زمین، حفاظت و توسعه محیط زیست و تعیین کاربری زمین های صنعتی است. بدین ترتیب، از رشد بی رویه صنعت در برخی نواحی و مناطق، به ویژه از آلودگی محیط زیست جلوگیری می شود [۲].

در این پژوهش تلاش شده با استفاده از چارچوب تصمیم گیری چندمعیاره، به بررسی و تحلیل معیارهای مؤثر

بر استقرار صنایع سنگین در منطقه مورد مطالعه پرداخته شود و در نهایت با تلفیق روش های AHP و VIKOR، مکان بهینه برای توسعه صنعتی در قالب سناریوهای مختلف شناسایی و ارزیابی شود.

ii. پیشینه نظری تحقیق

در ادامه به مطالعات انجام شده در زمینه مکان یابی صنایع خواهیم پرداخت. در سال ۲۰۲۴ میلادی پژوهشی توسط محمودیه^۱ و همکاران^[۳] در رابطه با توسعه یک مدل تصمیم گیری چندمعیاری برای انتخاب محل نیروگاه هسته ای با استفاده از روش های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ویکور^۲ با تمرکز بر عوامل اجتماعی-اقتصادی انجام گردید. این مطالعه فرض می کند که انتخاب محل مناسب برای نیروگاه هسته ای در اندونزی برای راه حل های انرژی پایدار حیاتی است. سپس ده معیار اجتماعی-اقتصادی ارزیابی شده شامل شبکه انتقال، هزینه های عملیاتی، تأثیر اقتصادی، امنیت، شبکه حمل و نقل، ملاحظات قانونی، تأثیر بر گردشگری، مالکیت زمین، بایات های تاریخی و پذیرش عمومی مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy-AHP) برای اولویت بندی این معیارها و روش ویکور فازی برای ارزیابی دو محل احتمالی: کالیمانتان^۳ شرقی و کالیمانتان غربی استفاده می کند. محاسبات با استفاده از نرم افزارهای ماکروسافت اکسل^۴ و اکسپرت چویز^۵ انجام شده است. این مطالعه نتیجه می گیرد که امنیت، شبکه انتقال و شبکه حمل و نقل از اولویت های اصلی هستند. روش ویکور فازی کالیمانتان غربی را به عنوان محل بهینه برای ساخت نیروگاه هسته ای شناسایی می کند [۳].

در سال ۲۰۲۴ میلادی پژوهشی توسط کارجی^۶ و همکاران^[۴] در رابطه با انتخاب فناوری انرژی های تجدیدپذیر برای

^۱ Rida SN. Mahmudah

^۲ VIKOR(Vlsekriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje)

^۳ Kalimantan

^۴ Microsoft Excel

^۵ Expert Choice

^۶ Kargi

ساختمان های هتل با یک رویکرد سیستماتیک بر اساس روش های AHP و ویکور انجام پذیرفت. این مطالعه به ارزیابی فناوری های انرژی تجدیدپذیر (RETs^۱) برای ساختمان های هتل می پردازد و بر معیارهایی مانند هزینه اولیه سرمایه گذاری، ظرفیت تولید انرژی و تأثیرات زیست محیطی تمرکز دارد. پژوهش از روش های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و ویکور برای ارزیابی و رتبه بندی هشت فناوری انرژی تجدیدپذیر، از جمله پنل های فتوولتائیک و پمپ های حرارتی استفاده می کند. با استفاده از مصاحبه های کارشناسی و بررسی های ادبیات، مطالعه معیارهای کلیدی را شناسایی کرده و این روش ها را برای تعیین مناسب ترین فناوری های انرژی تجدیدپذیر به کار می گیرد. نتایج نشان می دهد که پنل های فتوولتائیک به دلیل تعادل بین هزینه، کارایی و پایداری، بهترین انتخاب هستند. این رویکرد جامع به ذینفعان کمک می کند تا تصمیمات آگاهانه ای برای دستیابی به اهداف انرژی صفر خالص در ساختمان های هتل بگیرند^۴.

در سال ۲۰۲۴ میلادی پژوهشی توسط گلتوم^۲ و همکاران^۵ در رابطه با ادغام روش های AHP و ویکور برای انتخاب مسیر بهینه مقصد انجام گردید. این مطالعه فرض می کند که ادغام روش های AHP (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) و ویکور (رتبه بندی مصالحه ای چندمعیاری) می تواند به طور مؤثر مشکل ایجاد مسیرهای بهینه به جاذبه های گردشگری تاریخی در شهر مدان^۳ را حل کند. معیارهای ارزیابی شامل دسترسی، امکانات و جاذبه ها هستند. این تحقیق از پرسشنامه های مقایسه زوجی AHP بر اساس ارزیابی های کارشناسان استفاده می کند و از نرم افزار آرک مپ^۴ برای پردازش داده ها بهره می برد. همچنین از فایل های شکلی شهر مدان و داده های آماری مربوط به تعداد بازدیدکنندگان و امکانات جاذبه ها استفاده می شود. ادغام روش های AHP و ویکور به همراه

تحلیل شبکه ای، در تعیین انتخاب مسیر بهینه برای گردشگری تاریخی در شهر مدان مؤثر است. این مطالعه نتیجه می گیرد که استراتژی به روز شده هم عملی و هم واقع بینانه برای برنامه ریزی حمل و نقل موثر است^۵.

در سال ۲۰۲۱ میلادی، پژوهشی توسط یوزیچویچ^۶ و همکارانش^۷ پژوهشی در رابطه با مکان یابی بندر خشک برای بندر ریجکا در کرواسی با استفاده از روش AHP انجام گردید. بندر ریجکا یکی از مهم ترین مسیرهای حمل و نقل استراتژیک اتحادیه اروپا TEN-T (راه های ترانزیتی مدیریت شده و بالتیک^۸ - آدریاتیک^۹) می باشد. این مطالعه فرض می کند که ایجاد یک بندر خشک برای بندر ریجکا، ازدحام را کاهش داده و نیازهای فزاینده بار را برآورده می کند. معیارهایی برای ارزیابی این فرضیه شامل عوامل فنی، فناوری، سازمانی، زیست محیطی، اطلاعات و ارتباطات (IT^۹)، اقتصادی، حقوقی و نظارتی و عوامل خاص در نظر گرفته است. این تحقیق از روش AHP (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) استفاده می کند و از ابزار نرم افزاری اکسپرت چویز برای تحلیل و رتبه بندی مکان های بالقوه بندر خشک بر اساس معیارهای تعریف شده بهره می برد. ارزیابی برای سه گروه از مکان های بندر خشک احتمالی فاصله نزدیک، متوسط و دور صورت گرفت و مکان های بهینه بندر خشک برای بندر ریجکا به عنوان میکلاولیه^{۱۰}، ولیکا گوریتسا^{۱۱} و وینکووتسی^{۱۲} به ترتیب فاصله نزدیک، متوسط و دور شناسایی شده اند که ظرفیت و کارایی بندر را افزایش داده و به توسعه منطقه ای و ادغام در شبکه حمل و نقل اتحادیه اروپا کمک می کنند^{۱۳}.

در پژوهشی که توسط ژنگ^{۱۳} و همکاران^{۱۲} در سال ۲۰۱۱ میلادی بر روی موضوع بهینه سازی مکان های بندرهای خشک برای منطقه اقتصادی غربی کشور تایوان با استفاده از سیستم های مکان یابی جغرافیایی (جی آی اس) انجام گردید. بررسی های این محققین بر مبنای حمل و نقل داخلی مرسوم و

^۸ Adriatic

^۹ Information Technology

^{۱۰} Miklavlje

^{۱۱} Velika Gorica

^{۱۲} Vinkovci

^{۱۳} Qingcheng ZENG

^۱ Renewable energy technologies

^۲ Parapat Gultom

^۳ Medan

^۴ ARCMAP

^۵ Josip Božićević

^۶ Rijeka

^۷ Baltic

بر اساس پیوندهای متعدد از طریق جاده بوده و تنها تعداد محدودی از طریق راه آهن مورد مطالعه قرار گرفت. حمل و نقل ریلی به طور کلی محدود به خدمات رسانی به مناطق شهری بزرگ در فواصل نسبتاً طولانی از بندر است. در ادامه این تحقیق این گونه ارائه شد که مفهوم بندر خشک مبتنی بر یک بندر دریایی است که مستقیماً از طریق راه آهن با بنادر خشک داخلی متصل می شود. نتایج تأثیرات افزایش ظرفیت ریل را نشان می دهد. با افزایش ظرفیت ریلی، کانتینرهای حمل شده توسط ریل افزایش می یابد و باعث کاهش کل هزینه حمل و نقل می شود. بعلاوه در این تحقیق مشاهده گردید با اضافه کردن بندر خشک و یا زیاد کردن تعداد مسیرهای ریلی هزینه حمل و نقل کاهش می یابد^[۷].

رحیمی و برنا^[۷] در سال ۲۰۱۷ میلادی تحقیقی بر روی استقرار صنایع سنگین در بندر ماهشهر و بندر امام خمینی (ره) انجام دادند. پژوهش ایشان با هدف مکان یابی صنایع سنگین در بندر ماهشهر و بندر امام خمینی با توجه به عوامل مختلفی از قبیل محیطی، طبیعی و زیربنایی در نظر گرفته شده است. روش تحقیق بر مبنای کاربردی و بر اساس ماهیت، توصیفی - تحلیلی بوده و به منظور دستیابی به تعیین مکان مناسب و درجه بندی اولویت، از ماتریس مقایسات زوجی در AHP استفاده نموده اند. بندر ماهشهر و بندر امام خمینی به چهار محدوده ضعیف، متوسط، خوب و عالی تقسیم بندی نموده و نتایج این پژوهش نشان داد که نواحی شمالی و مرکزی از محدوده های ضعیف و متوسط و قسمتی از ناحیه مرکزی و جنوب این محدوده در ناحیه خوب و عالی قرار گرفته است^[۷].

در سال ۲۰۱۴ میلادی احدنژاد و همکاران^[۸] پژوهشی در مورد مکان استقرار صنایع در اراضی بخش مرکزی منطقه آزاد ارس انجام دادند. در این پژوهش از تکنیک های تصمیم گیری سلسله مراتبی (AHP) با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویز و تکنیک تصمیم گیری چندمعیاره (ویکور) با استفاده از اکسل و مکان صنایع با استفاده از نرم افزار آرک مپ استفاده شده است. در این تحقیق زیر معیارهای صورت گرفته شامل مناطق حفاظت شده، گسل (اصلی یا فرعی)، فاصله از

جاده (اصلی)، فاصله از خطوط انتقال گاز، فاصله از خطوط برق فشارقوی، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از خطوط ریل، فاصله از سد، فاصله از مسیل و آبراهه ها، کاربری اراضی، فرسایش و شیب بوده است. بعد از مدل سازی زیرمعیارها نتایج پژوهش نشان داد که اراضی بخش مرکزی منطقه آزاد ارس دارای بالاترین قابلیت و اراضی بخش مرکزی دارای کمترین قابلیت برای استقرار صنایع می باشد. در این مطالعه از آنجایی که تمامی پهنه های برای استقرار صنایع از نظر مساحت دارای ارزش یکسانی نمی باشند اقدام به جداسازی اراضی بالای ۲۰۰ هکتار کردند. برای اولویت بندی پهنه های بالای ۲۰۰ هکتار از مدل ویکور استفاده گردید. نتایج نشان می دهد که پنج پهنه که دارای مساحتی بیشتر از ۲۰۰ هکتار بودند و در ادامه با استفاده از هشت معیار که در مکان یابی استقرار صنایع می تواند ضروری باشد اقدام به اولویت بندی این پهنه ها گردید^[۸].

۳. روش تحقیق

در این مطالعه با رویکرد اسنادی و نرم افزاری از مواد و داده های زیر برای تولید معیارهای مورد نیاز در پژوهش استفاده شده است. بعلاوه انتخاب روش های AHP و VIKOR در این پژوهش با توجه به مطالعات پیشین، الگویی از تحقیقات مشابه در حوزه مکان یابی صنعتی و همچنین تناسب ساختار این روش ها با ماهیت پروژه صورت گرفته است. AHP به منظور استخراج وزن نسبی معیارها و VIKOR برای رتبه بندی گزینه های مکانی و انتخاب راه حل مصلح ای مورد استفاده قرار گرفته اند. در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره لندست به تهیه نقشه اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهید رجایی پرداخته شده است. سپس با استفاده از سایت earthexplorer.usgs.gov نقشه ارتفاعات منطقه DEM^۱ تهیه و سپس نقشه شیب منطقه در محیط نرم افزار جی آی اس تولید گردید. در این پژوهش به منظور دستیابی به هدف تعیین مکان مناسب و درجه بندی اولویت آنها، ماتریس مقایسات زوجی در AHP تشکیل شد. معیارهایی که برای مکان یابی صنایع سنگین در پس کرانه

^۱ Digital Elevation Model



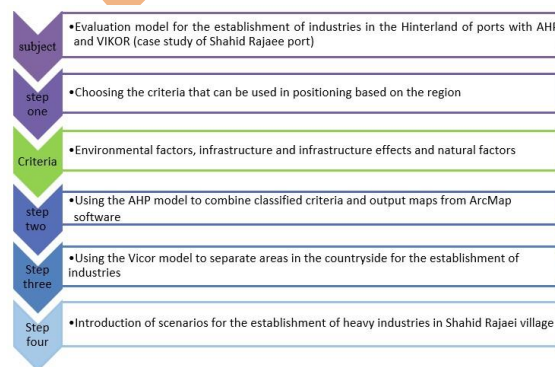
شکل ۲؛ پلان منطقه مورد مطالعه فرضی^[۹]

۵. روش کار

۱. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP

روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) توسط ساعتی^[۱۰] در سال ۱۹۸۰ معرفی گردید. این تکنیک، روشی توانمند و منعطف در دسته روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به‌وسیله آن می‌توان مسائل پیچیده را در سطوح مختلف حل کرد. به این دلیل به آن مدل سلسله‌مراتب گفته می‌شود؛ چون که به‌صورت مدلی درختی و مراتب وار می‌باشد. روش AHP هر دو ارزیابی عینی و ذهنی را در یک ساختار یکپارچه بر مبنای مقیاس‌هایی با زوج مقایسه ترکیب نموده و به تحلیل‌گران کمک می‌کند تا جوانب اساسی یک مسئله را در یک قالب سلسله‌مراتبی سازماندهی کنند. از جمله مزایای این روش شامل سنجش سازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان، ایجاد مقایسات زوجی در انتخاب راهکار و گزینه بهینه، توان در نظر گرفتن معیارها و زیر معیارها در ارزیابی گزینه‌ها، ایجاد قابلیت دستیابی به بهترین گزینه از طریق مقایسات زوجی بوده است^[۱۰]. در این روش، مسئله تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها تقسیم می‌شود. در این فرایند گزینه‌های مختلفی در تصمیم‌گیری دخالت داده می‌شود و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها وجود دارد تحلیل حساسیت به معنی این می‌باشد که با تغییر وزن معیارها در رتبه گزینه‌ها چه تغییری ایجاد می‌شود. از مزایای دیگر این روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم می‌باشد. فرایند AHP با تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده آنها را به شکل ساده تبدیل

شهید رجایی در نظر گرفته شد عبارت‌اند از: عوامل زیست‌محیطی، زیرساخت و تأثیرات زیر بنایی و عوامل طبیعی است. زیرمعیارهای عوامل طبیعی شامل: جهت باد، شیب و ارتفاع می‌باشد. زیرمعیارهای زیرساخت و تأثیرات بنایی شامل: دسترسی به انرژی (دسترسی به نفت، دسترسی به گاز، دسترسی به برق، دسترسی به آب) و دسترسی به راه‌ها می‌باشد. در آخر زیر معیار عوامل زیست‌محیطی عبارت‌اند از: کاربری اراضی و پوشش گیاهی می‌باشد. همه معیارهای بالا طوری تنظیم گردید که ارجحیت در گزینه‌ها نسبت به معیارها در اولویت باشد و از طریق نرم‌افزار اکسپرت چویز انجام گردید. سپس با استفاده از روش ویکور و تلفیق نتایج این روش‌ها و وارد کردن در محیط نرم‌افزار جی‌آی‌اس به نقشه مکان صنایع سنگین در پس کرانه شهید رجایی به دست آمد.



شکل ۱؛ مراحل کلی پژوهش

۴. محدوده‌ی مورد مطالعه فرضی

برای مطالعه موردی از پس کرانه مجتمع بندری شهید رجایی بندرعباس که مهم‌ترین بندر ایران به شمار می‌رود استفاده شده است. این بندر در فاصله ۲۳ کیلومتری غرب بندرعباس مرکز استان هرمزگان واقع شده و با بیش از ۲۴۰۰ هکتار وسعت (محدوده عملیاتی و پس کرانه)، ظرفیت پذیرش سالانه بیش از ۸۸ میلیون تن کالا را دارد. در آخرین رتبه‌بندی برترین بنادر جهان که در سپتامبر ۲۰۱۳ منتشر شد، بندر شهید رجایی در رتبه ۵۹ جهان قرار گرفته است^[۹].

می‌کند. ارزیابی اهمیت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری و مقایسه گزینه‌های تصمیم‌گیری با توجه به هر معیار با مقایسات زوجی انجام می‌شود که شامل ایجاد یک ماتریس مقایسه در هر سطح از سلسله‌مراتب، با شروع از سطح دوم و پایین آمدن آن، محاسبه وزن‌های نسبی برای هر عنصر سلسله‌مراتب و در آخر تخمین نرخ سازگاری برای بررسی سازگاری دآوری بوده است^[۱۱].

ii. تشکیل ماتریس مقایسات زوجی

در این مرحله عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس‌های مقایسات زوجی تشکیل می‌شوند. جهت تعیین اهمیت و ترجیح در مقایسات زوجی از طیف ۱ تا ۹ ساعتی که به صورت جدول ۱ بیان شده استفاده می‌شود^[۱۲].
جدول ۱. مقادیر ضرب اهمیت برای مقایسات زوجی^[۱۲]

Preferences	Numerical value
Absolutely more important or absolutely desirable	۹
Very strong importance or desirability	۷
Strong importance or desirability	۵
A little more important or a little more desirable	۳
Same utility	۱
Preferences between the above intervals	۲, ۴, ۶, ۸

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

Sub-criteria		Criteria	Objective
land use and vegetation		Environmental factors	Optimal location for heavy industries in Shahid Rajaei 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			

iii. عوامل مؤثر در مکان‌یابی صنایع سنگین

با توجه به موضوع مورد تحقیق، در این بخش به معرفی معیارهایی که برای استقرار صنایع سنگین در نظر گرفته شده پرداخته می‌شود. معیارهای مؤثر در مکان‌یابی صنایع سنگین در این پژوهش، ابتدا از طریق مرور نظام‌مند ادبیات موضوع، تحلیل اسناد بالادستی منطقه بندر شهید رجایی و مصاحبه با ده کارشناس خبره در حوزه سواحل، صنایع و محیط‌زیست شناسایی شدند. در مرحله نخست، سه معیار اصلی شامل عوامل طبیعی، عوامل زیربنایی و عوامل محیط‌زیستی به عنوان چارچوب اولیه انتخاب گردید. سپس با تلفیق نتایج حاصل از بررسی منابع پیشین، تحلیل شرایط زیرساختی منطقه، شناخت محلی و بازدیدهای میدانی، این سه معیار به ۱۰ زیرمعیار تفکیک شد. این فرآیند با استفاده از اجماع میان متخصصان انجام گرفت تا ابعاد مختلف تصمیم‌گیری به شکل جامع‌تری پوشش داده شود. در نهایت، به منظور حفظ سادگی ساختار سلسله‌مراتبی و جلوگیری از ابهام در وزن‌دهی، تنها همین زیرمعیارهای نهایی در مدل AHP لحاظ شدند. سپس اطلاعات موردنیاز تهیه گردیده و با استفاده از توانمندی‌های تکنیک جی‌آی‌اس به لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز تبدیل شده و تأثیرات آن متقابل هر کدام از معیارها در مکان‌یابی صنایع سنگین مورد سنجش قرار گرفت. در جدول ۲ معیارها به ریز مطرح شده است^[۱۴].

iii. تعیین وزن معیارها و زیر معیارها

باتوجه به امتیازدهی خبرگان که عددی از ۱ تا ۹ را باتوجه به سؤالات طرح شده انتخاب می کنند به مقایسه بین سه شاخص اصلی می پردازیم. نتایج مربوط به خروجی نرم افزار اکسپرت

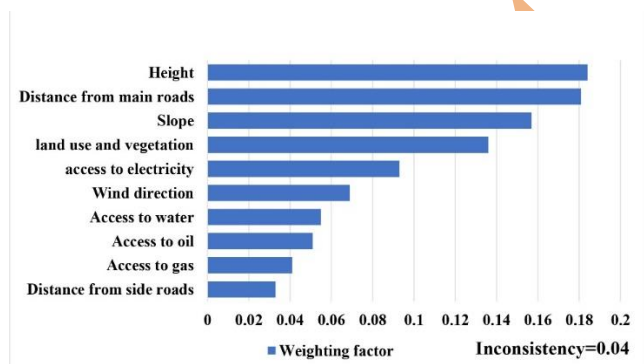
چویز و ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی در جدول ۳ نشان داده شده است که مشاهده می گردد نرخ ناسازگاری ۰/۰۴ حاصل گردیده است [۱۴].

جدول ۳. مقایسات زوجی معیارهای اصلی (خروجی نرم افزار EC۲۰۰۰) [۱۴]

	Infrastructure And Infrastructure Impacts	Environmental factors	Natural factors
Infrastructure And Infrastructure Impacts		۱/۶۴۳۴۱	۱/۸۲۹۰۱
Environmental factors			۱/۶۵۰۴۷
Natural factors	Icon: ۰/۰۱		

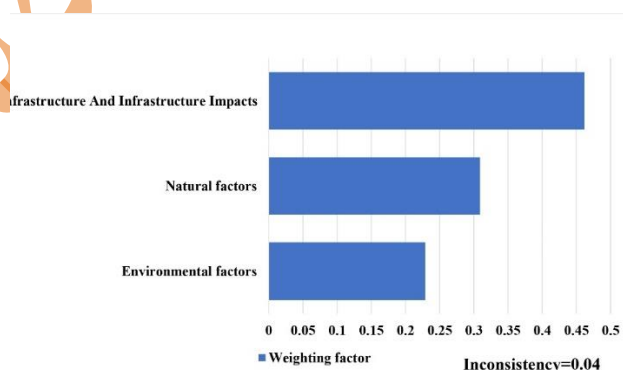
اعداد داخل جدول ۳ نشان دهنده اولویت شاخص سطر نسبت به شاخص ستون مربوطه است بعلاوه اعداد به رنگ قرمز وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نشان می دهند. شکل ۳ رتبه بندی و ارزش وزنی تعیین شده شاخص ها را نشان می دهد.

جدول ۴ مشخص می گردد که ارتفاع بیشترین ارزش و دسترسی به جاده فرعی (جاده خاکی) کمترین ارزش را داراست. لازم به ذکر است که نرخ سازگاری در این حالت ۰/۰۴ از ارزیابی نتایج حاصل گردیده است.



شکل ۴؛ رتبه بندی و ارزش وزنی تمامی زیر معیارها (خروجی نرم افزار EC۲۰۰۰) [۱۴]

بنابراین، شاخص ها به ترتیب اولویت (اهمیت) به قرار جدول ۴ می باشند.



شکل ۳؛ رتبه بندی و ارزش وزنی شاخص اصلی (خروجی نرم افزار EC۲۰۰۰) [۱۴]

در شکل ۴ و جدول ۴ رتبه بندی و ارزش وزنی تمامی زیر معیارها نشان داده شده است. با توجه به این شکل ۴ و

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

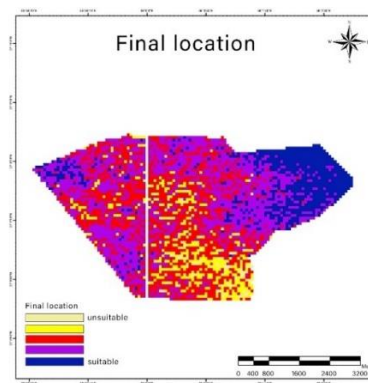
Number	Sub-Criterion	Weighted Value	Rank	Nember	Sub-Criterion	Weighted Value	Rank
۱	Height	۰,۱۸۴	۱	۶	Wind direction	۰,۰۶۹	۶
۲	Distance from main roads	۰,۱۸۱	۲	۷	Access to water	۰,۰۵۵	۷
۳	Slope	۰,۱۵۷	۳	۸	Access to oil	۰,۰۵۱	۸
۴	land use and vegetation	۰,۱۳۶	۴	۹	Access to gas	۰,۰۴۱	۹
۵	access to electricity	۰,۰۹۳	۵	۱۰	Distance from side roads	۰,۰۳۳	۱۰

۱. مدل ویکور

ویکور روشی مبتنی بر ماتریس تصمیم برای انتخاب گزینه بهینه بر اساس تعدادی معیار است که توسط اپریکویک معرفی شد. واژه ویکور حروف اختصاری عبارت صربستانی Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje می‌باشد. این روش پس از گسترش کاربرد روش تاپسیس توسط اپریکویک^[۱۳] به سال ۱۹۸۴ برای حل مشکلات تاپسیس ارائه شد. به همین دلیل مقایسه روش ویکور و تاپسیس همیشه مورد توجه پژوهشگران بوده است. پس از مطرح شدن منطق فازی، اپریکویک روش ویکور فازی را ارائه کرد. در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ آن را توسعه دادند. این روش مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است، مسائلی با معیارهای نامتناسب و ناسازگار را مورد ارزیابی قرار می‌دهد^[۱۳].

در روش VIKOR ابتدا بهترین (f_i^*) و بدترین (f_i^-) مقدار هر معیار تعیین می‌شود. سپس برای هر گزینه j شاخص‌های فاصله تجمعی و بیشینه به ترتیب از روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌گردند^[۱۳].

شکل ۵ نتایج روش AHP را در محیط نرم‌افزار جی آی اس نشان می‌دهد. شکل ۵ به تحلیل و بررسی مکان‌های مناسب برای استقرار صنایع سنگین در پسرکانه بندر شهید رجایی می‌پردازد. بر اساس خروجی نرم‌افزار جی آی اس، مناطق مناسب برای استقرار صنایع سنگین به رنگ تیره و مناطق نامناسب به رنگ روشن نمایش داده شده‌اند. از شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت که منطقه شرقی و شمال شرقی پسرکانه بهترین مکان برای استقرار صنایع سنگین است، در حالی که مناطق جنوبی پسرکانه نامناسب‌ترین منطقه برای استقرار صنایع سنگین در پسرکانه ۲۴۰۰ هکتاری شهید رجایی محسوب می‌شوند^[۱۴].



شکل

۵؛ نقشه صنایع سنگین مکان‌یابی فرضی به دست آمده به روش

AHP^[۱۴]

Distance from side roads	۱,۸۰	۳,۷۰	۵,۸۳	۷,۳۲
Wind direction	۲,۱۰	۴,۰۶	۵,۴۷	۷,۸۰
Slope	۱,۵۴	۳,۹۰	۵,۷۸	۷,۶۹
Height	۱,۶۰	۳,۹۳	۶,۰۵	۷,۹۵

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

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

سپس شاخص ترکیبی Q_i طبق رابطه (۳) به دست می آید [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 آن w_i وزن معیار (استخراج شده از AHP)، f_{ij} عملکرد گزینه j در معیار i و v پارامتر استراتژی تصمیم گیرنده (در این مطالعه $v=0/5$) است. رتبه بندی نهایی گزینه ها بر اساس مقادیر Q_i و قواعد انتخاب راه حل مصالحه انجام می شود [۱۳].

ii. ماتریس تصمیم گیری

در گام نخست، ماتریس تصمیم گیری (Decision Matrix) بر اساس داده های حاصل از نظرات خبرگان و مقایسات انجام شده بین گزینه ها (مثلاً پنج عامل کلیدی پژوهش) تشکیل شد. ساختار این ماتریس به صورت جدول ۵ است:

جدول ۵: ماتریس تصمیم گیری

	Region ۴	Region ۳	Region ۲	Region ۱
land use and vegetation	۱,۶۴	۳,۴۸	۵,۴۸	۷,۵۶
access to oil	۱,۳۹	۳,۹۵	۵,۷۳	۷,۷۵
access to gas	۱,۹۲	۳,۶۶	۵,۶۷	۷,۰۱
access to electricity	۲,۰۹	۳,۶۸	۶,۶۴	۸,۴۹
access to water	۲,۱۲	۴,۱۱	۶,۴۴	۸,۲۲
Distance from main roads	۲,۴۸	۴,۶۳	۷,۳۶	۸,۷۱

نشانده

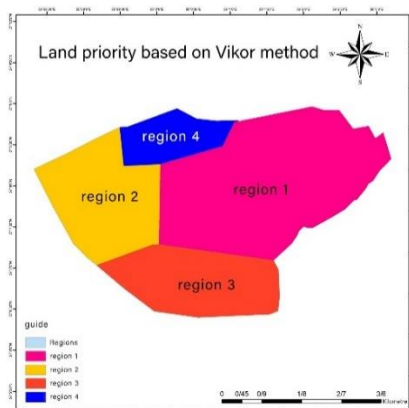
جدول ۶. مقادیر قطعی S, R, Q و [۱۴]

Region	R	Rank R	S	Rank S	Q	Rank Q	Final status
Region ۱	۰,۱۲۱	۳	۰,۲۳۱	۱	۰,۱۸۷	۲	The most suitable area
Region ۲	۰,۰۸۴۶	۱	۰,۳	۲	۰,۱۲۸	۱	Suitable
Region ۳	۰,۱۱۸	۲	۰,۴۲۳	۳	۰,۵۳	۳	Needs further investigation.
Region ۴	۰,۱۸۱	۴	۰,۵۰۳	۴	۱	۴	Inappropriate

$$\frac{1}{n-1} + Q(A_1) = 0/461 \quad (۵)$$

$$Q(A_m) = 0/461$$

با توجه به جدول ۶ و مقدار به دست آمده از رابطه ۵ شرط دوم بررسی گردیده است که برطبق نتایج به دست آمده ما دو منطقه مناسب فرضی برای استقرار صنایع سنگین داریم منطقه شماره ۲ و ۱ که به ترتیب شرق و غرب پس کرانه می شود. شکل ۶ خروجی نتایج روش ویکور را در محیط نرم افزار جی آی اس به تصویر کشیده است [۱۴].



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

۶. سناریو های استقرار صنایع سنگین در پس کرانه بندر شهید رجایی با جی آی اس

در این بخش با توجه به موارد ارزیابی شده، سناریو هایی برای استقرار صنایع سنگین در پس کرانه بندر شهید رجایی بیان

iv. انتخاب بهترین گزینه

در این مرحله با توجه به مقادیر S, R, Q و مربوط به گزینه ها که به صورت نزولی مرتب شده اند تصمیم گرفته می شود. برای تصمیم گیری دو شرط بررسی و بر اساس این دو شرط سه حالت به وجود می آید که بر اساس آن تصمیم گرفته می شود.

الف) شرط اول: شرط مزیت قابل قبول

طبق رابطه (۴) شرط یک را بررسی کرده و نتیجه چنین به دست آمده است.

$$Q(A_2) - Q(A_1) = 0/059 \quad (۴)$$

$$\frac{1}{n-1} = \frac{1}{3} = 0/33$$

شرط یک برقرار نیست. پس شرط دوم از رابطه (۵) بررسی می شود.

ب) شرط دوم: اولویت گزینه ها

$$\frac{1}{n-1} = \frac{1}{3} = 0/33$$

شرط یک برقرار نیست. پس شرط دوم از رابطه (۵) بررسی می شود.

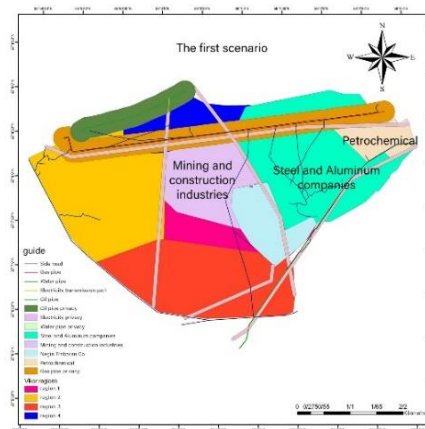
ب) شرط دوم: اولویت گزینه ها

در این بخش بر اساس رابطه (۵) اولویت گزینه ها بررسی می شود.

گردید که در ادامه با استفاده از نرم افزار آرک مپ این سناریو ها بیان می شود.

۱. سناریو اول

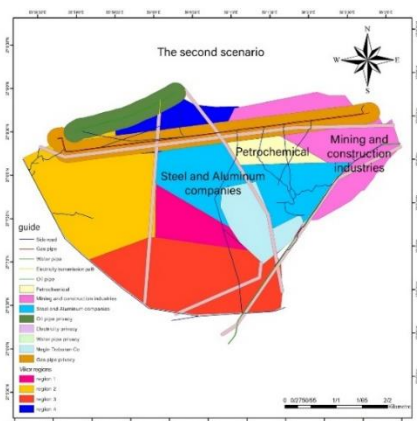
در این سناریو همان طور که در شکل ۷ مشاهده می شود صنعت پتروشیمی در شمال شرق پسرکانه سپس صنعت فولاد و آلومینیوم در کنار صنعت پتروشیمی در شرق پسرکانه و بعد از آن صنایع معدنی و ساختمانی در مرکز پسرکانه قرار گرفته اند.



شکل ۷؛ سناریو اول استقرار صنایع سنگین در اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهید رجایی

۲. سناریو دوم

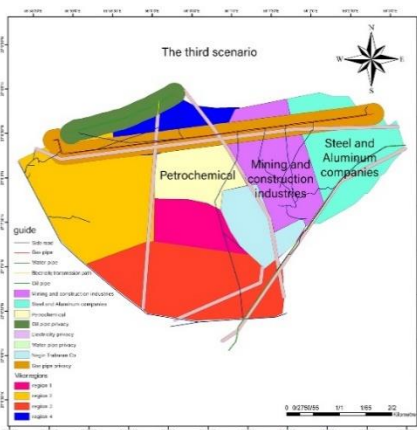
در سناریو دوم همان طور که در شکل ۸ مشاهده می شود پیشنهاد گردید. صنایع معدنی و ساختمانی در شرق و شمال شرق پسرکانه و در کنار آن صنعت پتروشیمی در شرق پسرکانه قرار گرفته و سپس صنعت فولاد و آلومینیوم در قسمت مرکزی پسرکانه شهید رجایی قرار بگیرد.



شکل ۸؛ سناریو دوم استقرار صنایع سنگین در اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهید رجایی

۳. سناریو سوم

در این سناریو همان طور که در شکل ۹ مشاهده می شود پیشنهاد می گردد. صنعت فولاد و آلومینیوم در شرق پسرکانه و سپس در کنار آن صنایع معدنی و ساختمانی قرار گرفته شود. سپس پتروشیمی در مرکز پسرکانه کنار صنایع دیگر قرار بگیرد.



شکل ۹؛ سناریو سوم استقرار صنایع سنگین در اراضی ۲۴۰۰ هکتاری بندر شهید رجایی

در ادامه، سه سناریوی پیشنهادی برای استقرار صنایع سنگین در پسرکانه بندر شهید رجایی از منظر مزیت اصلی و محدودیت های هر یک، در جدول ۷ با یکدیگر مقایسه می شوند.

سوم به دلیل نیاز به سرمایه گذاری اضافی در زیرساخت کمتر در اولویت قرار می گیرد.

۷. نتیجه گیری

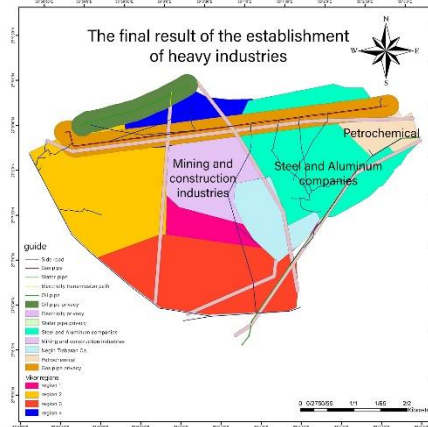
در این پژوهش، با بهره گیری از روش های تصمیم گیری چندمعیاره AHP و VIKOR، مکان های مختلفی برای استقرار صنایع سنگین در منطقه بندر شهید رجایی شناسایی گردید. ابتدا، معیارهای مؤثر در مکان یابی از طریق مرور ادبیات، اسناد بالادستی و مصاحبه با خبرگان استخراج و در سه دسته کلی عوامل طبیعی، زیربنایی و محیط زیستی طبقه بندی شدند. سپس با استفاده از AHP، وزن نسبی هر معیار تعیین و در ادامه، این وزن ها در مدل VIKOR به کار گرفته شد تا ارزیابی گزینه های مکانی صورت گیرد. نتایج حاصل، نواحی با اولویت بالا برای استقرار صنایع را نشان می دهد که از نظر شاخص های مختلف توازن مناسبی دارند. همچنین، با تفسیر نقشه نهایی پهنه بندی، چند سناریوی پیشنهادی در قالب تحلیل سیاست محور ارائه شد تا راهکارهای اجرایی برای بهره برداری از این نتایج در سطوح برنامه ریزی منطقه ای فراهم گردد. یافته های پژوهش می توانند به عنوان ابزاری قابل اتکا برای کاهش تعارضات محیط زیستی، افزایش بهره وری زیرساختی و حمایت از توسعه پایدار صنعتی در منطقه استفاده شوند. بر اساس نتایج به دست آمده از تلفیق روش های AHP و VIKOR، منطقه شرقی پس کرانه بندر شهید رجایی به عنوان بهترین گزینه برای استقرار صنایع سنگین شناسایی شد. این برتری از منظرهای مختلفی حاصل شده است. از نظر دسترسی به زیرساخت های اصلی مانند جاده آسفالت، شبکه برق، آب و گاز، این منطقه در رتبه نخست قرار می گیرد و ویژگی های طبیعی مانند زمین هموار و شیب مناسب، هزینه آماده سازی زمین را در مرحله دوم می باشد. در مرحله سوم یا انتهایی ملاحظات زیست محیطی نظیر فاصله از مناطق مسکونی و رفاهی قرار گرفته و سبب کاهش آثار منفی صنایع سنگین می شود.

افزون بر این، منطقه غربی نیز در اولویت دوم قرار دارد و با توجه به شرایط موجود، مناسب برای استقرار صنایع سبک و خدماتی تشخیص داده شد. نتایج این پژوهش، با ارائه رویکردی ساخت یافته، می تواند مبنای تصمیم گیری نهادهای مسئول در توسعه زیرساخت های صنعتی، با کمترین آسیب

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.

در نتیجه، سناریو اول به دلیل تعادل میان کاهش اثرات زیست محیطی، بهره برداری منطقی از زیرساخت ها و هم افزایی صنایع مرتبط، به عنوان مناسب ترین گزینه شناسایی شد. سناریو دوم با توزیع متعادل واحدها قابل قبول است و سناریو

محیط‌زیستی و بیشترین بهره‌وری فضایی قرار گیرد. نتیجه نهایی استقرار انواع صنایع سنگین با رنگ‌های مختلف در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰؛ خروجی نتیجه نهایی این پژوهش با استفاده نرم‌افزار آرک مپ

۸. بحث

نتایج تلفیق روش‌های AHP و VIKOR نشان داد که سناریو اول، با استقرار پتروشیمی در شمال‌شرق و صنایع فولاد و آلومینیوم در شرق، به دلیل دسترسی به زیرساخت‌های اصلی و کاهش تداخل زیست‌محیطی نسبت به سایر گزینه‌ها برتری دارد. این چینش ضمن ایجاد هم‌جواری منطقی میان صنایع مرتبط و حفظ فاصله مناسب از مناطق مسکونی، توانست هزینه‌های آماده‌سازی زمین و اثرات منفی زیست‌محیطی را به حداقل برساند. تقسیم معیارهای کلی به زیرمعیارهای دقیق‌تر نیز موجب شد تا تحلیل مسائل مکانی

مراجع (References)

چندبعدی‌تر و واقعی‌تر صورت گیرد، رویکردی که در مطالعات مشابه حوزه GIS نیز توصیه شده است.

از نکات قوت این پژوهش می‌توان به تلفیق داده‌های میدانی و اسنادی اشاره کرد، چرا که بازدیدهای صحرایی و تحلیل اسناد بالادستی اعتبار معیارها و نتایج را افزایش داد. همچنین، استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی تفصیلی و تفکیک سه معیار اصلی به ده زیرمعیار، امکان شناسایی تأثیر جزئی‌ترین عوامل را در ارزیابی مناطق فراهم آورد. افزودن جدول مقایسه‌ای سناریوها و فلوچارت فرآیند تصمیم‌گیری نیز شفافیت و وضوح ارائه نتایج را به طور قابل‌توجهی ارتقا داد.

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

- location for Western Taiwan Straits economic zone. In ICCTP ۲۰۱۱: *Towards Sustainable Transportation Systems* (pp. ۱۰۳-۱۱۰).
۳. Mahmudah, R. S. Putri, D. I., Abdullah, A. G. Shafii, M. A., Hakim, D. L. and Setiadipura, T., ۲۰۲۴. 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*

۱. Nasorllahi, Z. and Salehi, F. O., ۲۰۱۲. 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(۷), ۶۶-۵۱. [In Persian]. doi:<https://www.magiran.com/paper/۱۰۴۸۲۷۱>
۲. Zeng, Q., Liu, Y., Yang, Z., and Yu, B., ۲۰۱۱. Optimization of Dry ports

- investment in ۲۴۰۰ hectares of Dry Port in Shahid Rajaei port [In Persion].
۱۰. Karayalcin, I. I ., ۱۹۸۲. The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation: Thomas L. SAATY McGraw-Hill, New York, ۱۹۸۰, xiii+ ۲۸۷ pages, £ ۱۰, ۶۰
 ۱۱. Soleimani, R. Balandeh, N. and Jamali, F., ۲۰۱۳. Using GIS for location Analysis of Heavy Industries establishment. *The 5th Conference & Exhibition on Environmental Engineering. tehran*. [In Persian].
 ۱۲. Malczewski, J., ۲۰۰۶. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International journal of geographical information science*, 20(۷), ۷۰۳-۷۲۶. ,doi: <https://doi.org/10.1080.0661008.0661008>
 ۱۳. Huang, J. J. Tzeng, G. H. and Liu, H. H., ۲۰۰۹. 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. ۷۶۱-۷۶۸). *Springer Berlin Heidelberg*, doi: https://doi.org/10.1007.978-3-642-01007-0_2298-2 .۱۱۲
 ۱۴. Asadzadeh, H. and Shabakhty, N., ۲۰۲۲. 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/۱۸۰۲۸۶۱>.
 ۴. Arikan Kargı, V. S. and Cesur, F., ۲۰۲۴. *Renewable Energy Technology Selection for Hotel Buildings: A Systematic Approach Based on AHP and VIKOR Methods. Buildings*, ۱۴(۹), ۲۶۶۲. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings14.92662>
 ۵. Gultom, P. and Nababan, E. S., ۲۰۲۴. Integration of AHP and VIKOR Method to Select the Optimum Destination Route. *Journal of Research in Mathematics Trends and Technology*, 6(۱), ۲۴-۳۴. doi: <https://doi.org/10.33۷۷۳/jormtt.v۶i۱.۱۷۷۱۷>
 ۶. Božičević, J. Lovrić, I. Bartulović, D. Steiner, S. Roso, V. and Pašagić Škrinjar, J ., ۲۰۲۱. Determining optimal dry port location for Seaport Rijeka using AHP decision-making methodology. *Sustainability*, 13(۱۱), ۶۴۷۱. doi: <https://doi.org/10.3390/su.13116471>
 ۷. Rahimi, A. and Borna, R., ۲۰۱۷. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in Site Selection of Heavy Industry Using GIS in Ports of Emam Khomeini and Mahshahr. *Regional Planning [In Persion]* , 6(۲۴), ۱۱۵-۱۲۸. <https://www.magiran.com/paper/۱۶۶۱۲۲۸>
 ۸. Ahadnejad, M. and Norozi, M. J., ۲۰۱۴. 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/۱۲۸۳۶۴۰>
 ۹. Technology, I. U., ۲۰۲۳. Plan to study the process of attracting