آمایش سرزمین
دورهٔ هفتم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۴
صفحات ۱۸۵ – ۱۶۵

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

سیستم پشتیبان فضایی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست برای مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی لرستان

مرتضی قبادی[1*]، حمیدرضا جعفری[2]، غلامرضا نبی بیدهندی[2]، معصومه احمدی پری[3]

۱. استادیار محیط زیست، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲. استاد، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران
۳. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۹)

چکیده

پژوهش حاضر تحقیقی توصیفی- تحلیلی و از نوع کاربردی است که در استان لرستان با هدف تدوین یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست به منظور مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی با بهره‌گیری از روش‌های فرارتبه‌ای انجام گرفته است. در این تحقیق مهم‌ترین معیارهای توسعه و استقرار صنایع پتروشیمی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل شده و نقشهٔ پهنه‌بندی محدودهٔ مورد مطالعه جهت توسعه و استقرار صنایع پتروشیمی به کمک روش‌های PROMETEE II و ELECTERE III با معیارهای ارزیابی تهیه شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد از مجموع کل مساحت منطقه، به روش PROMETHEE II، حدود ۴۵۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۶ درصد)، و به روش ELECTRE III، ۲۹۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۰ درصد)، برای توسعهٔ صنایع پتروشیمی در استان لرستان مناسب است، همچنین تحلیل حساسیت روش‌های به‌کارگرفته‌شده نشان داد نقشه‌های تولیدشده با هر دو روش به داده‌های واقعی نزدیکند و نسبت به روش‌های متداول دقت بالاتری دارند.

کلیدواژگان

استان لرستان، برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، روش‌های فرارتبه‌ای، صنایع پتروشیمی، مکان‌یابی و آمایش سرزمین.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: ghobadim93@gmail.com

مقدمه

توجه به مسئلهٔ مکان‌یابی و آمایش به منظور استقرار صنایع برای پیشگیری از بحران‌های زیست‌محیطی محتمل و همچنین به‌کارگیری شایسته و پایدار جمیع امکانات پهنهٔ سرزمین، از موضوعات مهمی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان، پژوهشگران، مسئولان و به‌ویژه سازمان محیط زیست قرار گرفته است (Ghobadi et al., 2014, p.48; Rikalovic et al., 2014, p.59). از طرفی از جمله مراحل موجود در آمایش سرزمین، معرفی مکان‌های مناسب برای فعالیت‌های مختلف، مانند صنایع، کشاورزی، جنگل و جز آن، برای پاسخگویی به اهداف مدیران است (Stewart et al., 2004, p.310; Graymore et al., 2009, p.461). در صورتی که این کار به‌درستی انجام نگیرد، زیان‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست، اکولوژی و اقتصاد منطقه، حتی جوامع انسانی وارد خواهد کرد (احمدوند و همکاران، ۱۳۸٦، ص۱۰۵؛ De Montis, 2013, p.56). از این رو به‌کارگیری فنون دقیق محاسباتی در این کار اجتناب‌ناپذیر است. در این میان یافتن مکان بهینه برای استقرار صنایع پتروشیمی به دلیل پتانسیل بالای این صنعت در ایجاد آثار مخرب زیست‌محیطی اهمیت زیادی دارد (جعفریان مقدم و همکاران، ۱۳۹۰، ص۱٤۸؛ نوری و همکاران، ۱۳۸۵، ص۱۲). تحقیقات گوناگونی در زمینهٔ مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی انجام گرفته است (Nejad et al., 2013, p.41; Agostini et al., 2012, p.127; Taghizadeh, 2011, p.686؛ یاسوری، ۱۳۹۲، ص۲٦۸؛ لاریمیان و همکاران،۱۳۹۱، ص۲۲؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰، ص۳۲؛ رئیسی و همکاران، ۱۳۸۸، ص۷۲۸؛ جعفری و کریمی، ۱۳۸٤، ص٤٤)، اما اکثر مطالعات انجام‌گرفته در زمینهٔ تهیهٔ نقشه‌های تناسب ارضی از طریق روی‌هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، یا به کمک روش‌های متداول تصمیم‌گیری انجام گرفته است. در حالی که در سال‌های اخیر گروه دیگری از روش‌ها با عنوان روش‌های فرارتبه‌ای[1] مطرح شده‌اند که بر مبنای مقایسات زوجی، بدون استفاده از اطلاعات بیش از اندازه، با کاربردی آسان به مدل‌سازی دقیق‌تر تصمیم‌گیری

1. Outranking method

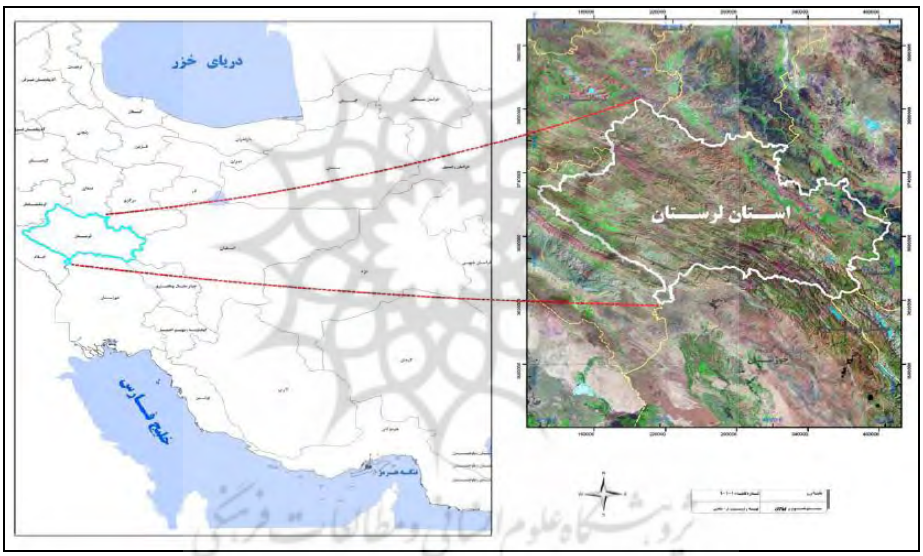
می‌پردازند (اصغری‌زاده و نصرالهی، ۱۳۸٦، ص۸۷). لذا در این تحقیق، به دلیل ضرورت‌یافتن مکان بهینهٔ صنایع پتروشیمی (Carter & White, 2012, p.231)، مکان‌یابی صنایع پتروشیمی به کمک دو روش پرکاربرد از خانوادهٔ روش‌های فرارتبه‌ای (روش‌های ELECTERE III[1] و PROMETEE II[2]) انجام گرفت. روش‌های ELECTERE III و PROMETEE II در طیفی وسیع از کاربردهای مختلف موجود در دنیای واقعی مانند برنامه‌ریزی شهری (Queirugaet et al., 2008, p.34)؛ انرژی (Opricovic & Tzeng, 2007, p.519; Diakoulaki & Karangelis, 2007, p.722)، سرمایه‌گذاری در بازار بورس (Albadvi et al., 2007, p.678)، حمل‌ونقل (Elevli & Demirci, 2004, p.553)، و کشاورزی (Kokot & Phuong, 1999, p.187) به‌کار گرفته شده است. لیکن در زمینهٔ مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی و به‌ویژه با رویکرد برنامه‌ریزی محیط زیست مطالعه‌ای انجام نگرفته است. بنابراین، در این تحقیق با توجه به ضرورت مسئلهٔ تعیین مکان بهینه برای استقرار صنایع پتروشیمی، برای اولین‌بار صنایع پتروشیمی در استان لرستان به کمک روش‌های ELECTERE III و PROMETEE II مکان‌یابی شد و در پایان، تجزیه‌وتحلیل حساسیت اجرای مدل‌ها انجام گرفته است.

معرفی منطقهٔ مطالعه

استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۱۵۷ کیلومتر مربع، در ناحیهٔ جنوب غربی ایران بین ٤٦ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۲ درجه و ٤۰ دقیقه و ۳٤ درجه و ۲۳ دقیقهٔ عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است و پست‌ترین نقطهٔ استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و بلندترین قلهٔ آن، اشترانکوه، با ارتفاع حدود ٤۰۸۰ متر از سطح دریا در میان رشته‌کوه زاگرس قرار دارد. این استان با حدود ۱٫۷۲ درصد از مساحت کل کشور در رتبهٔ ۱٦ استان‌ها به لحاظ وسعت در کشور قرار دارد

1. Elimination and Choice Translating Reality
2. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations

(سال‌نامهٔ آماری استان لرستان، ۱۳۹۰). استان لرستان از شمال به استان همدان، از شمال شرقی به استان مرکزی، از شرق به استان اصفهان، از جنوب شرقی به استان چهار محال و بختیاری، از جنوب به استان خوزستان، از غرب به استان ایلام و از شمال غربی به استان کرمانشاه محدود است. لرستان به واسطهٔ برخورداری از جنگل‌های زاگرس و تنوع گونه‌های جانوری و گیاهی، تنوع اکوسیستم‌های مختلف، بخش عظیمی از میراث طبیعی کشور را در خود جای داده است، از این رو، در برنامه‌های توسعهٔ فعالیت‌های صنعتی، خدماتی و کشاورزی و جز آن نیازمند تلاشی گسترده برای حفظ این موهبت‌های خدادادی است.

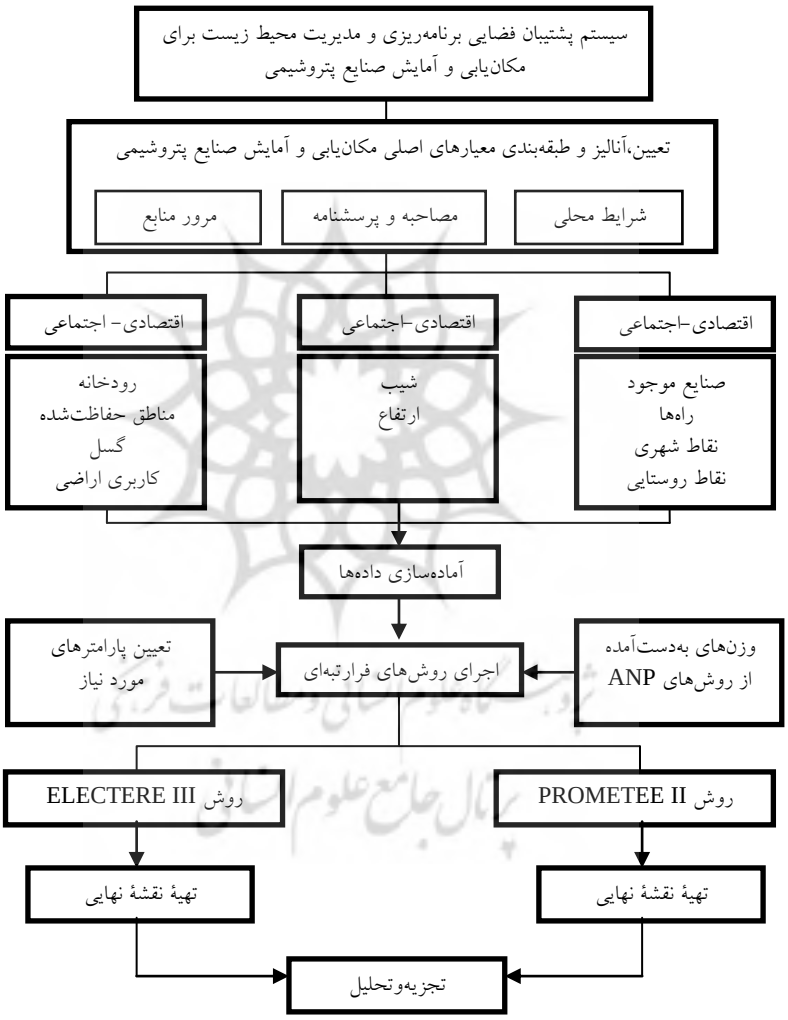


شکل۱. نقشهٔ موقعیت استان لرستان

روش تحقیق

به منظور تدوین سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری تحقیق، در ابتدا منطقهٔ مورد مطالعه تعیین، و داده‌های مورد نیاز برای اجرای تحقیق، آماده شد. سپس وزن هر یک از معیارها و گزینه‌ها محاسبه شد و نقشهٔ پهنه‌بندی محدودهٔ مورد مطالعه تهیه شد. روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE II برای تهیهٔ نقشهٔ پیوستهٔ تناسب اراضی به‌منظور توسعه و استقرار صنایع پتروشیمی و روش ANP

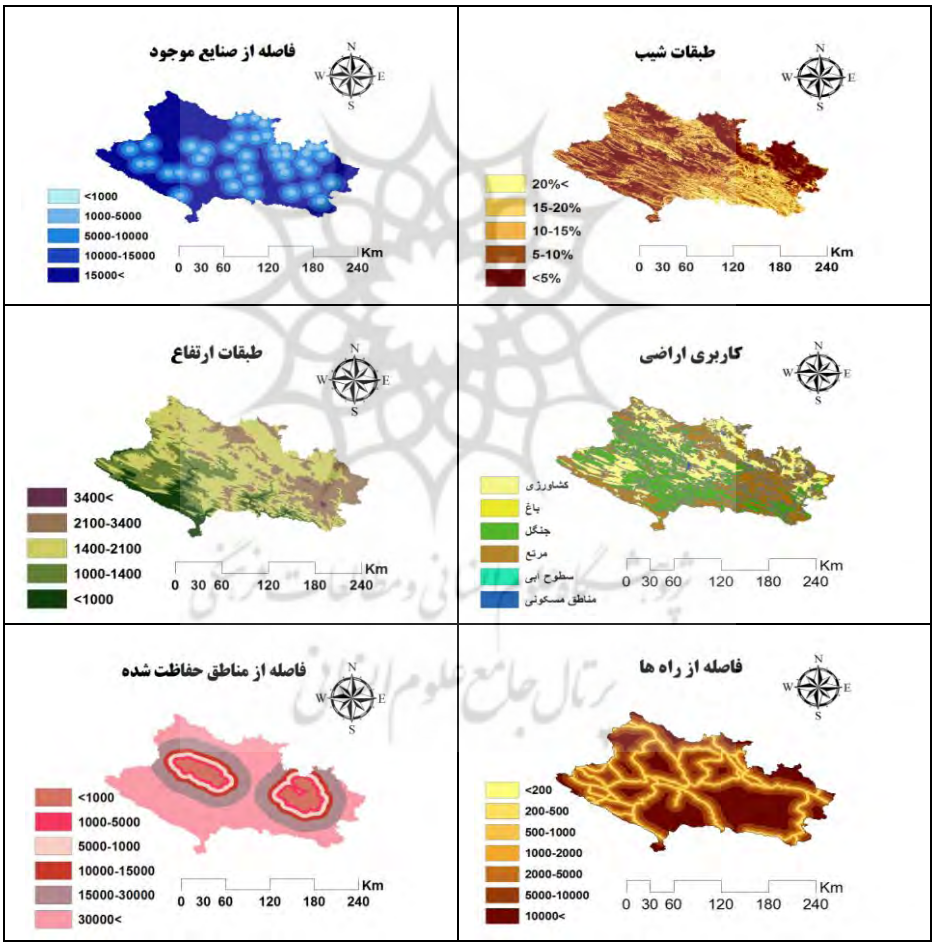
برای اختصاص‌دادن وزن به هر یک از معیارها به‌کار گرفته شد. برای آماده‌کردن لایه‌های اطلاعاتی، تحلیل‌ها در نرم‌افزار ArcGIS10.2 انجام گرفت. تعیین وزن‌ها در نرم‌افزار Super decision، و تجزیه‌وتحلیل روش‌های فرارتبه‌ای، نرم‌افزار Matlab به‌کار گرفته شد. فرایند تحقیق در شکل ۲ بیان شده است.



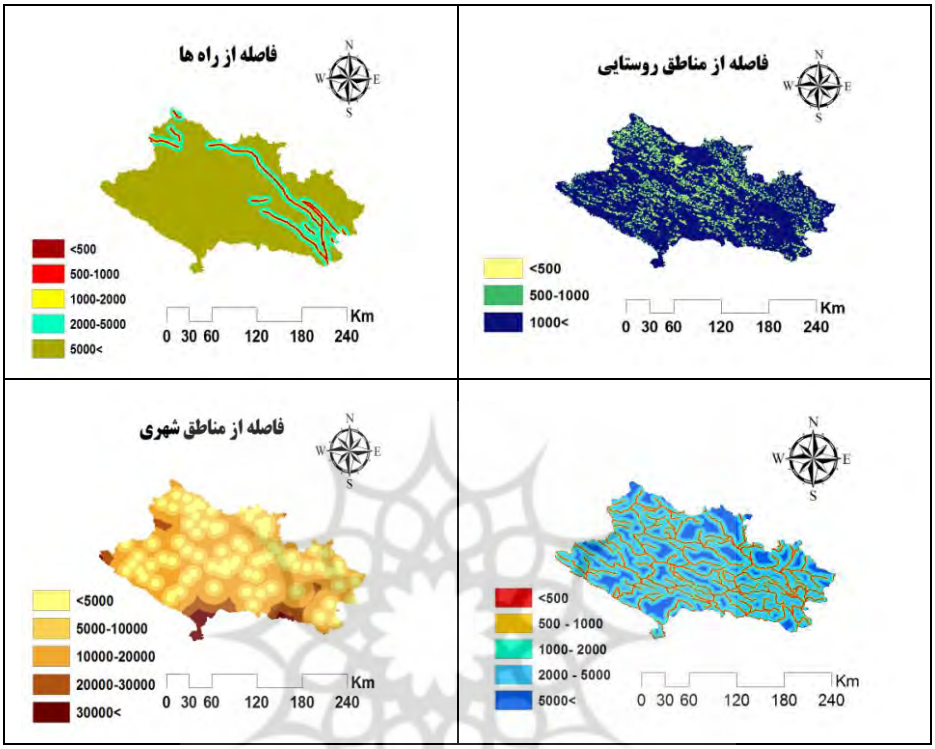
شکل ۲. فرایند پیاده‌سازی تحقیق

آماده‌سازی داده‌ها

در پژوهش حاضر مجموعهٔ داده‌های ده معیار انتخابی برای منطقه با نظرسنجی ۲٦ کارشناس و متخصص دانشگاهی و اجرایی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، مکان‌یابی و آمایش سرزمین گردآوری شد و به منظور اجرای روش‌های ELECTERE III و PROMETEE II، همهٔ لایه‌های معیارها به فرمت رستر با پیکسل سایز ۳۰ متر در ۳۰ متر تبدیل شدند. ده لایهٔ آماده‌شده، به عنوان لایه‌های داده‌های ورودی به‌کارگرفته‌شده در مدل پیشنهادی، در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳. لایه‌های ورودی برای اجرای مدل پیشنهادی جهت مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی لرستان



ادامهٔ شکل۳. لایه‌های ورودی برای اجرای مدل پیشنهادی جهت مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی لرستان

روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ارتباطات پیچیده بین عناصر تصمیم را از طریق جایگزینی ساختار سلسله‌مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر می‌گیرد. فرایند ANP شامل مراحلی است که به‌اجمال بیان می‌شود (Chang et al., 2015, p.117; Hwang et al., 2014, p.102):

- گام اول، پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله: مسئله باید به‌طور روشن تبیین شده و به صورت سیستمی منطقی و عقلانی، مانند شبکه تجزیه شود. یعنی هدف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و روابط بین آن‌ها شناسایی و ترسیم شود.
- گام دوم، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی: تعیین وزن نسبی در ANP شبیه به

AHP است. به عبارتی از طریق مقایسهٔ زوجی می‌توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را مشخص کرد.

- گام سوم، تشکیل سوپرماتریس اولیه: در این مرحله وزن نسبی هر ماتریس بر اساس مقایسهٔ زوجی محاسبه می‌شود، وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطهٔ متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.
- گام چهارم، تشکیل سوپرماتریس وزنی: هر ستون ماتریس، استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود.
- گام پنجم، محاسبهٔ بردار وزنی عمومی: در مرحلهٔ بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن باهم برابر شوند. بر اساس ماتریس به‌دست‌آمده، بردار وزن عمومی مشخص می‌شود.

$$\lim_{k\to\infty} w^{k} \qquad (۱)$$

اگر سوپرماتریس اثر زنجیره‌واری داشته باشد، ممکن است دو یا چند سوپرماتریس داشته باشیم و سوپرماتریس وزنی از طریق فرمول ۲ همگرا می‌شود (Dong & Liu, 2012):

$$\lim_{k\to\infty} \left(\frac{۱}{N}\right) \sum W_i^{k} \qquad (۲)$$

- گام ششم، محاسبهٔ وزن نهایی معیارها: در آخرین مرحله با توجه به جدول وزن خوشه‌ها و سوپرماتریس حد، وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود.

روش‌های فرارتبه‌ای

روش‌های فرارتبه‌ای به عنوان شاخه‌ای از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] به کمک

1. Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM)

تعریف روابط فرارتبه‌ای و بر مبنای مقایسه‌های زوجی میان گزینه‌ها به مدل‌سازی دقیق‌تر و واقعی‌تر مسائل تصمیم‌گیری می‌پردازند. روابط فرارتبه‌ای خود شامل روابط برتری[1]، اکید، برتری ضعیف، اختلافات جزئی[2] و غیر قابل مقایسگی[3] است که با تعیین حد آستانه‌های برتری (p)، اختلاف جزئی (q) و وتو[4] (v) تعریف می‌شود (Figueira et al., 2005, p.211). در این تحقیق از میان مدل‌های مختلف که در قالب روش‌های فرارتبه‌ای مطرح شده‌اند، روش ELECTRE III به دلیل بهره‌گیری از شبه‌معیارها و مدل‌سازی دقیق‌تر مسائل دنیای واقعی انتخاب شد و روش PROMETHEE II نیز به عنوان یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش خانوادهٔ روش‌های فرارتبه‌ای به‌کار گرفته شد که امکان رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها را فراهم می‌کند. در ادامه روند پیاده‌سازی این روش‌ها بیان شده است.

روش PROMETHEE II

روش PROMETHEE II برای رتبه‌بندی مجموعهٔ متناهی از گزینه‌ها در میان معیارهای غالباً متناقض که باید رتبه‌بندی شوند، به‌کار گرفته می‌شود (Behzadian & Pirdashti, 2009, p.132). مراحل اجرایی روش PROMETHEE II به اختصار عبارت است (Figueira et al., 2005, p.173):

الف) ساخت ماتریس تصمیم‌گیری که از ارزیابی هر یک از گزینه‌ها نسبت به همهٔ معیارها در قالب ایجاد می‌شود.

ب) انتخاب تابع مطلوبیت (Fj) از جدول ۲ و محاسبهٔ مقدار (P (a,b)) برای همهٔ زوج‌گزینه‌ها در قیاس با همهٔ معیارها از روابط ۳ و ٤.

$$P_j(a,b) = F_j\left[d_j(a,b)\right]; \forall a,b \in A \qquad (۳)$$

$$\begin{cases} d_j(a,b) = g_j(a) - g_j(b) \\ ۰ \le P_j(a,b) \le ۱ \end{cases} \qquad (٤)$$

1. Preference
2. Indifference
3. Incomparable
4. Veto

شایان ذکر است روابط یادشده برای معیارهای سود است، که بیشینه‌کردن آن‌ها لازم است. برای معیارهای هزینه که باید کمینه شوند، مقدار dj (a,b) در روابط یادشده قرینه می‌شود.

پ) تعیین وزن معیارها ($\{w_j; j = ۱,۲,...,k\}$) با شرط $\sum_{j=۱}^{k} w_j = ۱$

ت) محاسبهٔ درجهٔ غلبگی ($\pi(a,b)$)، میزان برتری گزینهٔ a بر گزینه b در قیاس با همهٔ معیارها، برای همهٔ زوج گزینه‌های مسئله مطابق با رابطهٔ ۵.

$$(a,b) = \sum_{j=۱}^{k} P_j(a,b)w_j \qquad (۵)$$

ث) محاسبهٔ جریان فرارتبه‌ای مثبت ($\emptyset^+(a)$) و منفی ($\emptyset^-(a)$) مطابق با روابط ٦ و ۷.

$$\emptyset^+(a) = \frac{۱}{n-۱}\sum_{x\in A}\pi(a,x) \qquad (٦)$$

$$\emptyset^-(a) = \frac{۱}{n-۱}\sum_{x\in A}\pi(x,a) \qquad (۷)$$

محاسبهٔ جریان فرارتبه‌ای مطابق با رابطهٔ ۸.

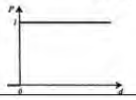
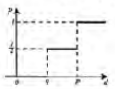
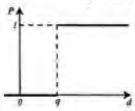
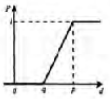
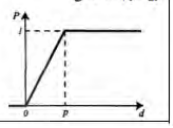
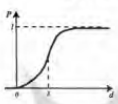
$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \qquad (۸)$$

چ) رتبه‌بندی گزینه‌ها مطابق دو شرط یادشده در رابطهٔ ۹ و تعیین روابط برتری (P) و اختلاف جزئی (I)

$$\begin{cases} aP^{II}b \text{ if } \emptyset(a) > \emptyset(b) \\ aI^{II}b \text{ if } \emptyset(a) > \emptyset(b) \end{cases} \qquad (۹)$$

باید توجه کرد که تابع مطلوبیت برای مقادیر منفی d صفر است. همچنین، در هر یک از توابع (جدول ۱) صفر، یک یا دو پارامتر باید تعریف شوند که در آن q حد آستانهٔ بی‌تفاوتی، p حد آستانهٔ برتری اکید و s مقداری بین p و q است. حد آستانهٔ اختلاف جزئی، بزرگترین اختلافی است که برای تصمیم‌گیری بی‌اهمیت است و حد آستانهٔ برتری، کوچکترین اختلافی است که برای تخصیص برتری کامل بین دو گزینه کافی است (Figueira et al, 2005, p.171).

جدول ۲. انواع معیارهای تعمیم‌یافته

نام و شکل	رابطه	نام و شکل	رابطه
نوع اول: عادی 	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le 0\\ 1 & d>0\end{cases}$	نوع چهارم: پله‌ای 	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le q\\ \frac{1}{2} & q\le d\le p\\ 1 & d>p\end{cases}$
نوع دوم: u شکل 	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le q\\ 1 & d>q\end{cases}$	نوع پنجم: v شکل با ناحیه بی‌تفاوتی 	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le q\\ \frac{d-q}{p-q} & q\le d\le p\\ 1 & d>p\end{cases}$
نوع سوم: v شکل 	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le 0\\ \frac{d}{p} & 0\le d\le p\\ 1 & d>p\end{cases}$	نوع ششم: گاوسی 	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le 0\\ 1-e^{\frac{-d^2}{2\sigma^2}} & d>0\end{cases}$

روش ELECTRE III

روش ELECTRE III نیز برای رتبه‌بندی گزینه‌ها و جهت حل مسائلی با داده‌های کم‌دقت یا مبهم طراحی شده است. در این روش شبه‌معیارها (معیارهای واقعی به همراه حد آستانه‌ها) به‌جای معیارهای واقعی به‌کار گرفته می‌شوند. مراحل این روش به اختصار عبارت است از (Figueira et al., 2005, p.145):

الف) محاسبهٔ شاخص هماهنگی برای زوج گزینه‌های a و b در همهٔ معیارها (رابطهٔ ۱۰):

$$c(aSb)=\frac{1}{W}\sum_{j=1}^{n}w_j c_j\,(aSb) \qquad (10)$$

که در آن $W=\sum_{j=1}^{n}w_j$ (جمع اوزان) است و cj (aSb) (شاخص هماهنگی برای زوج گزینهٔ a و b در معیار j) نیز از رابطهٔ ۱۱ محاسبه می‌شود.

$$c_j(aSb) = \begin{cases} ۱ & if \quad A \\ \frac{p_j\left(g_j(a)\right)+g_j(a)-g_j(b)}{p_j\left(g_j(a)\right)-q_j\left(g_j(a)\right)} & if \quad B \\ ۰ & if \quad C \end{cases} \qquad (۱۱)$$

ب) محاسبهٔ مقدار شاخص ناهماهنگی (رابطهٔ ۱۲)

$$A_j(aSb) = \begin{cases} ۱ & if \quad D \\ \frac{p_j\left(g_j(a)\right)+g_j(a)-g_j(b)}{p_j\left(g_j(a)\right)-vq_j\left(g_j(a)\right)} & if \quad E \\ ۰ & if \quad F \end{cases} \qquad (۱۲)$$

پ) محاسبهٔ ماتریس درجهٔ اعتبار رتبه‌بندی (رابطهٔ ۱۳)

$$p(aSb) = \begin{cases} C(aSb) & if; G \\ C(aSb) \times \prod_{j \in J: d_j(aSb) > C(aSb)} \frac{۱-d_j(aSb)}{۱-c(aSb)} & otherwise \end{cases} \qquad (۱۳)$$

ت) رتبه‌بندی گزینه‌ها

برای رتبه‌بندی گزینه‌ها در روش ELECTRE III انجام‌دادن فرایند تقطیر (برای ایجاد پیش‌رتبه‌بندی نزولی و صعودی گزینه‌ها) و فرایند تقاطع (برای به‌دست‌آوردن رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به کمک اطلاعات به‌دست‌آمده از مراحل قبل) ضروری است. انجام‌دادن این عمل به تعیین روابط برتری، اختلاف جزئی و غیرقابل مقایسگی گزینه‌ها منجر می‌شود که به رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها مشهور است.

یافته‌های تحقیق

در این تحقیق پردازش و تحلیل داده‌ها با توجه به معیارهای طبقات ارتفاع، طبقات شیب، فاصله از

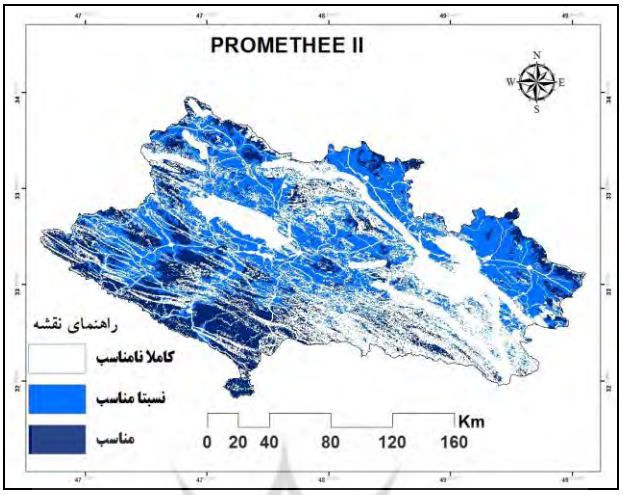
مناطق حفاظت‌شده، قابلیت کاربری اراضی، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از گسل، فاصله از نقاط روستایی، فاصله از نقاط شهری، فاصله از صنایع موجود و فاصله از راه‌ها در استان لرستان انجام گرفته است. برای این کار GIS و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به صورت ترکیبی به‌کار گرفته شدند. از بین روش‌های مختلف تصمیم‌گیری نیز، ANP برای وزن‌دهی به معیارها و روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE II برای تعیین تناسب اراضی انتخاب شدند. وزن‌های محاسبه‌شده به کمک ANP در تحقیق حاضر در جدول ۳ بیان شده است.

جدول۳. جدول وزن‌های نهایی استخراج‌شده از نرم‌افزار Matlab

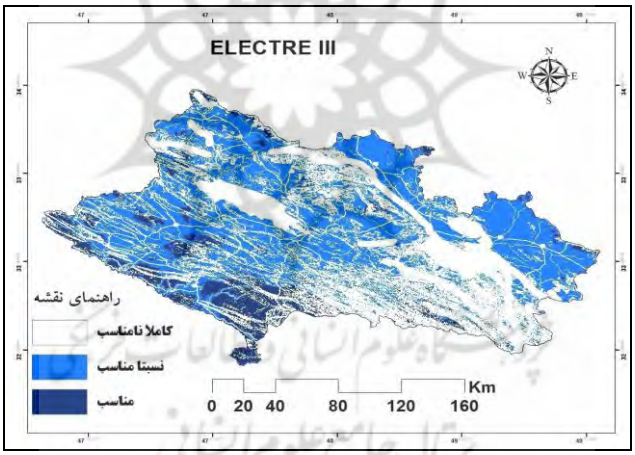
معیار	وزن	معیار	وزن
طبقات ارتفاع	۰٫۰۸۳	فاصله از گسل	۰٫۱۰٤
طبقات شیب	۰٫۰۷٦	فاصله از نقاط روستایی	۰٫۰۹۱
فاصله از مناطق حفاظت‌شده	۰٫۱۲۲	فاصله از نقاط شهری	۰٫۱۰۱
کاربری اراضی	۰٫۱۲۸	فاصله از صنایع موجود	۰٫۰۹۱
فاصله از رودخانه‌ها	۰٫۱۳۲	فاصله از راه‌ها	۰٫۰۷۲

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، پس از آماده‌سازی و تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی بر اساس روندنما، برای اجرای روش‌های فرارتبه‌ای، ابتدا ده لایهٔ اطلاعاتی به صورت رستری وارد محیط GIS شد و تحلیل‌های مکانی اولیه بر روی آن‌ها انجام گرفت. سپس، مقادیر پیکسل‌های مجموعهٔ داده‌های رستری مرتبط با معیارهای مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی، استخراج شدند و در تعدادی رستهٔ[1] جداگانه‌ای در پایگاه داده ذخیره شدند در این مطالعه، به دلیل حجم بسیار بالای پایگاه داده، برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار MATLAB انجام گرفت. سپس پایگاه داده وارد محیط نرم‌فزار MATLAB شد. نقشه‌های نهایی به منظور استقرار صنایع پتروشیمی به روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE II در ادامه نشان داده شده است (شکل‌های ٤ و ٥). نقشهٔ Land Suitability به سه کلاس طبقه‌بندی شد.

1. Field



شکل٤. نقشهٔ تناسب اراضی به منظور استقرار صنایع پتروشیمی با روش PROMETHEE II



شکل۵. نقشهٔ تناسب اراضی به منظور استقرار صنایع پتروشیمی با روش ELECTRE III

بر پایهٔ نقشهٔ زونبندی نهایی به روش PROMETHEE II، از مجموع کل مساحت منطقه، حدود ٤٥٢٠٧ کیلومتر مربع (١٦ درصد) مناسب، حدود ٨٧٣٧٩ کیلومتر مربع (٣١ درصد) نسبتاً مناسب و حدود ١٤٧٥٧١ کیلومتر مربع (٥٢ درصد) کاملاً نامناسب برای توسعهٔ صنایع پتروشیمی در سطح

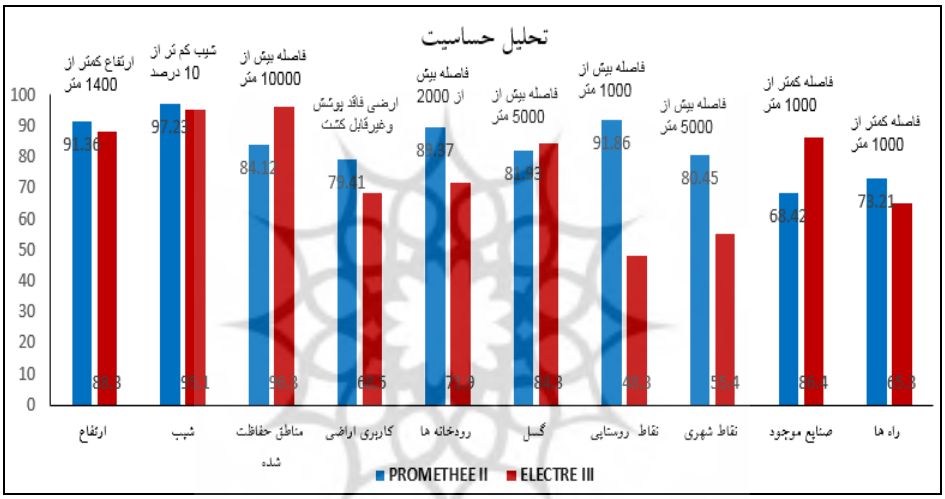
منطقه هستند. همچنین، نتایج زون‌بندی به روش ELECTRE III نشان داد از مجموع کل مساحت منطقه ۲۹۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۰ درصد) مناسب، حدود ۱۰۲۳۷۹ کیلومتر مربع (۳٦ درصد) نسبتاً مناسب و حدود ۱٤۹۵۷۱ کیلومتر مربع (۵۳ درصد) کاملاً نامناسب برای توسعهٔ صنایع پتروشیمی در سطح منطقه هستند. در جدول ٤ مساحت این پنج کلاس بر حسب کیلومتر مربع و درصد نشان داده شده است.

جدول ٤. مساحت کلاس‌ها برای روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE II

درصد مساحت	PROMETHEE II		ELECTRE III	
	مساحت (کیلومتر مربع)	کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	کلاس
مناسب	٤٥۲۰۷	١٦	۲۹۲۰۷	۱۰
نسبتاً مناسب	۸۸۳۷۹	۳۱	۱۰۲۳۷۹	۳٦
نسبتاً نامناسب	۱٤۷۵۷۱	۵۲	۱٤۹۵۷۱	۵۳
جمع کل	۲۸۱۱۵۷	۱۰۰	۲۸۱۱۵۷	۱۰۰

نتایج دو روش نشان می‌دهد مناطقی که در فاصلهٔ کمتر از ۵۰۰ متر از رودخانه‌های دائمی و فصلی و در محدودهٔ ۱۰۰۰ متری از مناطق حفاظت‌شده واقع شده‌اند و در نزدیکی مناطق شهری و فواصل کمتر از ۵۰۰ متر از روستا قرار دارند، به هیچ وجه برای استقرار صنایع پتروشیمی مناسب نیستند و مناطقی که در دورترین فاصله از معیارهای زیست‌محیطی هستند و به راه‌ها و صنایع موجود نزدیکند و در شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد و ارتفاع مناسب کمتر از ۲۱۰۰ قرار دارند، برای مکان‌یابی و توسعهٔ صنایع پتروشیمی در سطح منطقه مناسبند، در این مناطق کمترین خسارت بر محیط زیست وارد خواهد شد. برای تجزیه‌وتحلیل حساسیت، مکان‌های مناسب تعیین‌شده با روش PROMETHEE II و ELECTRE III، در هر یک از مشخصه‌ها بررسی شد و میزان انطباق مکان‌های با توان مناسب هر یک از مشخصه‌های ورودی محاسبه شد. برای نمونه این نمودار مبین این است که ۹۱٫۳٦ درصد مکان‌های با توان مناسب حاصل از روش PROMETHEE II منطبق بر ارتفاع کمتر از ۱٤۰۰ متر است. در حالی که برای روش ELECTRE III، این میزان انطباق ۸۸٫۳ است. در مشخصهٔ شیب، برای روش PROMETHEE II

۹۷٫۲۳ درصد مکان‌های با توان مناسب منطبق بر شیب ۰–۱۰ درصد، در صورتی که برای روش ELECTRE III، ۱–۹۵ درصد انطباق دارد. نتایج تجزیه‌وتحلیل حساسیت مدل نیز مبین این مطلب است که مکان‌های با توان مناسب نقشهٔ نهایی به هر دو روش، منطبق بر کلاس‌های کاملاً مناسب هر یک از مشخصه‌های ورودی در مدل بوده است و این امر رضایت‌بخش‌بودن نتایج دو مدل به‌کارگرفته‌شده را در مطالعات استقرار صنایع پتروشیمی نشان می‌دهد (شکل ٦).



شکل ۶. نمودار تجزیه‌وتحلیل حساسیت مشخصه‌های ورودی برای دو روش ELECTRE III و PROMETHEE II

بحث و نتیجه

مکان‌یابی مناسب کاربری‌ها در راستای تحقق توسعهٔ مناسب یکی از ضرورت‌های برنامه‌ریزی محیط زیست در سطوح ملی، منطقه‌ای و ناحیه‌ای است. به‌طوری که از طریق مکان‌یابی مناسب توسعه و برنامه‌ریزی دقیق می‌توان از به‌وجودآمدن آثار نامطلوب بر محیط زیست جلوگیری کرد. در اغلب پروژه‌های بزرگ صنعتی به‌ویژه صنایع پتروشیمی، با شناسایی محدودیت‌های جدی زیست‌محیطی در زمان برنامه‌ریزی و طراحی پروژه می‌توان نگرانی‌ها و خسارت‌های زیست‌محیطی را به‌طور قابل توجهی کاهش داد. این مهم با انتخاب پهنه‌های بهینه که بیشترین

ظرفیت بارگذاری توسعه را دارند، محقق می‌شوند. در این تحقیق، مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی از نظر برنامه‌ریزی محیط زیست با نگرش همه‌جانبه به برخی از مهم‌ترین عوامل محیط زیستی، اقتصادی- اجتماعی و فیزیوگرافی در استان لرستان با به‌کارگیری دو روش ELECTRE III و PROMETHEE II همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی برای برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین مد نظر بوده است. روش ELECTRE III به دلیل بهره‌گیری از شبه‌معیارها و مدل‌سازی دقیق‌تر مسائل دنیای واقعی انتخاب شد و روش PROMETHEE II نیز به عنوان یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش خانواده روش‌های فرارتبه‌ای به‌کار گرفته شد که امکان رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها را فراهم می‌کند. به این منظور با توجه به نظرسنجی کارشناسی از صاحب‌نظران دانشگاهی و کارشناسان اجرایی، تأثیرگذارترین و بااهمیت‌ترین عوامل محیط زیستی برای مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی شناسایی و به‌کار گرفته شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل حساسیت مدل به‌کارگرفته‌شده مبین رضایت‌بخش‌بودن نتایج دو مدل در تعیین اراضی و مناطق مستعد در مطالعات برنامه‌ریزی محیط زیست است. کار حاضر برای اولین‌بار با توجه به ضرورت تعیین مکان بهینه برای استقرار صنایع پتروشیمی، مکان‌یابی این صنایع در استان لرستان به کمک روش‌های ELECTERE III و PROMETEE II اجرا شده است و از این طریق پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران محیط زیست به عمل می‌آورد. این رویکرد پیشنهادی می‌تواند گامی اساسی برای تحقیقات آتی برای به‌کارگیری عملی روش‌های فرارتبه‌ای برای مکان‌یابی دیگر کاربری‌ها بر مبنای رستر در محیط GIS باشد.

باید توجه کرد صنایع بزرگ به‌ویژه صنایع پتروشیمی، به دلیل حجم عظیم برون‌دادها، استفاده از مواد نیمه‌ساخته در فرایند تولید و ایجاد ضایعات و پسماندهای نامطلوب و در مواردی سمی، سهم مهمی در ایجاد آلودگی‌های محیط زیستی به‌ویژه در مقیاس محلی دارند. با توجه به آثار سوء آلودگی‌های صنعتی بر محیط زیست، علاوه بر مکان‌یابی و آمایش درست صنایع، لزوم اعمال ترفندهایی از نوع افزایش کارایی در استفاده از انرژی، تکیه بر منابع انرژی تجدیدشونده، ایجاد تغییر در فرایند تولید و تخصیص یارانه به منظور دستیابی به فناوری مبارزه با آلودگی‌های صنعتی

ضروری به نظر می‌رسد. جامعه‌ای که بخواهد رشد همه‌جانبه و موزون انسان‌ها و محیط زیست را تأمین کند، موظف است در برنامه‌های خود، به‌ویژه هر نوع پروژه‌ای که با زندگی انسان‌ها و محیط زیست ارتباط دارد، برنامه‌ریزی و حفاظت از خسارت‌ها و آسیب‌های آن را یکی از اصول و ضوابط کار خود قرار دهد و آگاهانه برای سلامت بیشتر محیط زیست جامعه اقدام کند.

پیشنهادها

برای برنامه‌ریزی مطلوب و بهینه از جنبه‌های محیط زیستی و همچنین از لحاظ مسائل مربوط به کاربری‌ها با توجه به همهٔ مطالعات و بررسی‌های انجام‌گرفته، پیشنهادهایی به شرح ذیل مطرح می‌شود:

- اجرای دقیق ضوابط و محدودیت‌های موجود در مکان‌یابی و بازنگری در ضوابط زیست‌محیطی در استقرار صنایع پتروشیمی با توجه به شرایط منطقه.
- به دلیل دقت، سرعت و عملیاتی‌بودن سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، مطالعه و پژوهش در زمینهٔ آمایش سرزمین بدون استفاده از این سیستم‌ها، بررسی سنتی، زمان‌بر و صرفاً نظری خواهد بود.
- به منظور افزایش کارایی و غنابخشیدن به مطالعات کاربردی در زمینهٔ برنامه‌ریزی محیط زیست و آمایش سرزمین و سایر کارهای مکان‌یابی، پیشنهاد می‌شود روش‌های جدید سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله ANP، GREY SYSTEM THEORY، ELECTERE، PROMETHEE II به‌کار گرفته شود.
- سعی شود روش‌های پیکسل پایه برای مطالعات ارزیابی توان و سایر کارهای مکان‌یابی به‌کار گرفته شود.
- به دلیل حجم و گستردگی آلودگی‌های ناشی از صنایع پتروشیمی، از مسئولان ذی‌ربط تقاضا می‌شود تا از گسترش و نفوذ آثار زیست‌محیطی آن‌ها به محیط زیست و منابع طبیعی جلوگیری کنند.

منابع و مآخذ

۱. احمدوند، علی‌محمد؛ میرمظاهری، مهدی؛ ادیبی، کمال (۱۳۸٦). «فرصت‌ها و تهدیدهای صنعت پتروشیمی ایران». *فصل‌نامهٔ اقتصاد و تجارت نوین*، شماره‌های ۱۰ و ۱۱، صفحات ۸٦-۱۱۱.

۲. اصغری‌زاده، علی؛ نصرالهی، محمد (۱۳۸٦). «رتبه‌بندی شرکت‌ها بر اساس معیارهای مدل سرآمدی- روش پرومته». *مدرس علوم انسانی*، دورهٔ ۱۱، شمارهٔ سوم، صفحات ۵۹ - ۸٤.

۳. جعفری، حمیدرضا؛ کریمی، سعید (۱۳۸٤). «مکان‌یابی عرصه‌های مناسب احداث صنعت در استان قم با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)». *مجلهٔ محیط‌شناسی*، شمارهٔ ۳۷، صفحات ۵۲- ٤۲.

٤. جعفریان مقدم، الهه؛ ملماسی، سعید؛ منوری، سید مسعود؛ جوزی، سیدعلی (۱۳۹۰). «بررسی اثرات محیط زیستی صنایع پتروشیمی منطقه ویژهٔ اقتصادی ماهشهر با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی». *علوم محیطی*، سال هشتم، شمارهٔ سوم، صفحات ۱۵٦-۱٤۵.

۵. رئیسی، مرضیه؛ سفیانیان، علیرضا (۱۳۸۸). «مکان‌یابی صنایع با استفاده از معیارهای جغرافیایی». *فصل‌نامهٔ تحقیقات جغرافیایی*، شمارهٔ ۹۹، صفحات ۷٤۵-۷۲۵.

٦. سلیمانی، رضا؛ بالنده، ناصر؛ جمالی، فیروز (۱۳۹۰). «استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تحلیل مکانی استقرار صنایع سنگین». *پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست*، دانشگاه تهران، آذرماه ۱۳۹۰.

۷. لاریمیان، تایماز؛ صادقی، آرش؛ ملاباشی، علی (۱۳۹۱). «*مکان‌یابی شهرک‌ها و نواحی صنعتی با توجه به اثرات زیست‌محیطی بخش صنعت*». *دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست*، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۹۰.

۸. نوری، جعفر؛ عباس‌پور، مجید؛ مقصودلو کمالی، بیژن (۱۳۸۵). «ارزیابی زیست‌محیطی سیاست‌های استراتژیک توسعهٔ صنعتی ایران با استفاده از رویکرد تحلیل عوامل استراتژیک».

علوم و تکنولوژی محیط زیست، شمارهٔ ۲۹، صفحات ١٤-١.

۹. یاسوری، مجید (۱۳۹۲). «بررسی وضعیت استقرار صنایع و مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در شهرستان مشهد». *آمایش سرزمین*، دورهٔ پنجم، شمارهٔ دوم، صفحات ۲۸۸-۲٦١.

10. Agostini, P.; Pizzol, L.; Critto, A.; D'Alessandro, M.; Zabeo, A.; Marcomini, A. (2012). Regional risk assessment for contaminated sites Part 3: Spatial decision support system *Environment International*, 48, 121-132.
11. Albadvi, A.; Chaharsooghi, S. K.; Esfahanipour, A. (2007). Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE*". European Journal of Operational Research*, 177(2), 673˚683.
12. Behzadian, M.; Pirdashti, M. (2009). Selection of the best module design for ultrafiltration (uf) membrane in dairy industry: an application of AHP and PROMETHEE *International Journal of Engineering*, 3(4), 126-142.
13. Carter, J. G.; White, I. (2012). Environmental planning and management in an age of uncertainty *Journal of Environmental Management*, 113, 228-236.
14. Chang, K. L.; Liao, S. K.; Tseng, T. W.; Liao, C. Y. (2015). An ANP based TOPSIS approach for Taiwanese service apartment location selection . *Asia Pacific Management Review*, 20(2), 99-121.
15. De Montis, A. (2013). Implementing strategic environmental assessment of spatial planning tools: A study on the Italian provinces . Environmental *Impact Assessment Review*, 41, 53-63.
16. Diakoulaki, D.; Karangelis, F. (2007). Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece . *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(4), 716˚727.
17. Dong, F.; Liu, H. (2012). Selection of the coal supplier based on the ANP/TOPSIS method *Modern Electric Power*, 7(1), 190-199..
18. Elevli, B.; Demirci, A. (2004). Multicriteria choice of ore transport system for an underground mine: for enrichment evaluations *Materials and Design*, 31(7), 551˚555.
19. Figueira, José; Greco, Salvatore; Ehrgott, Matthias (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys.* Springer eBook, ISBN: 0-387-23081-5.
20. Ghobadi, M.; Jafari, H.; Nabibidhendi,Gh.; Yavari, A. (2015). Environmental planning and management for petrochemical industry development based on HSE factors . *International Conference on Biological, Civil and Environmental Engineering*, July 2015, London, United Kingdom.
21. Graymore, M. L.; Wallis, A. M.; Richards, A. J. (2009). An index of regional sustainability: A GIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability . *Ecological Complexity*, 6(4), 453-462.
22. Hwang, B.; Pai, N.; Lu, C.; Ken, Y. (2014). The design decision of online game development based on a MCDM model combining Dematel with ANP method . *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 63(2), 84-107.

23. Kokot, S.; Phuong, T. D. (1999). Elemental content of Vietnamese rice. Part 2. Multivariate data analysis *Management*, 28(1), 181˚190.
24. Nejad, H. Z.; Samizadeh, R. (2013). Decision support model for fire insurance risk analysis in a petrochemical case study *International Journal of Risk and Contingency Management*, 2(1), 36-50.
25. Opricovic, S.; Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods . *European Journal of Operational Research*, 178, 514˚529.
26. Queiruga, D.; Walther, G.; Gonzalez-Benito, J.; Spengler, T. (2008). Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain .*Waste Management*, 28(1), 181-190.
27. Rikalovic, A.; Cosic, I.; Lazarevic, D. (2014). GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection *Procedia Engineering*, 69, 1054-1063.
28. Stewart, T. J.; Janssen, R.; Herwijnen, M. V. (2004). A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning *Computers & Operations Research*, 31, 2293-2313.
29. Taghizadeh, F. (2011). Evaluation and site selection of petrochemical industrial waste land filling using SMCE method *Journal of Food Agriculture & Environment*, 9(1), 684-688.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی