

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

مرتضی قبادی^{۱*}، حمیدرضا جعفری^۲، غلامرضا نبی بیدهندی^۳، معصومه احمدی پری^۳

۱. استادیار محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲. استاد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده 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 فرارته‌ای انجام گرفته است. در این تحقیق مهم‌ترین معیارهای توسعه و استقرار صنایع پتروشیمی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل شده و نقشه پهنه‌بندی محدوده 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 PROMETEE II، حدود ۴۵۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۶ درصد)، و به روش ELECTRE III، ۲۹۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۰ درصد)، برای توسعه 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 فرارته‌ای، صنایع پتروشیمی، مکان‌یابی و آمایش سرزمین.

مقدمه

توجه به مسئله مکان‌یابی و آمایش به منظور استقرار صنایع برای پیشگیری از بحران‌های زیست‌محیطی محتمل و همچنین به‌کارگیری شایسته و پایدار جمیع امکانات پهنه 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، ۱۳۸۶، ص ۱۰۵؛ 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، ص ۱۴۸؛ نوری و همکاران، ۱۳۸۵، ص ۱۲). تحقیقات گوناگونی در زمینه 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، ص ۲۶۸؛ لاریمیان و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۲۲؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۳۲؛ رئیسی و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۷۲۸؛ جعفری و کریمی، ۱۳۸۴، ص ۴۴)، اما اکثر مطالعات انجام گرفته در زمینه تهیه نقشه‌های تناسب ارضی از طریق روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، یا به کمک روش‌های متداول تصمیم‌گیری انجام گرفته است. در حالی که در سال‌های اخیر گروه دیگری از روش‌ها با عنوان روش‌های فرارته‌ای^۱ مطرح شده‌اند که بر مبنای مقایسات زوجی، بدون استفاده از اطلاعات بیش از اندازه، با کاربردی آسان به مدل‌سازی دقیق‌تر تصمیم‌گیری

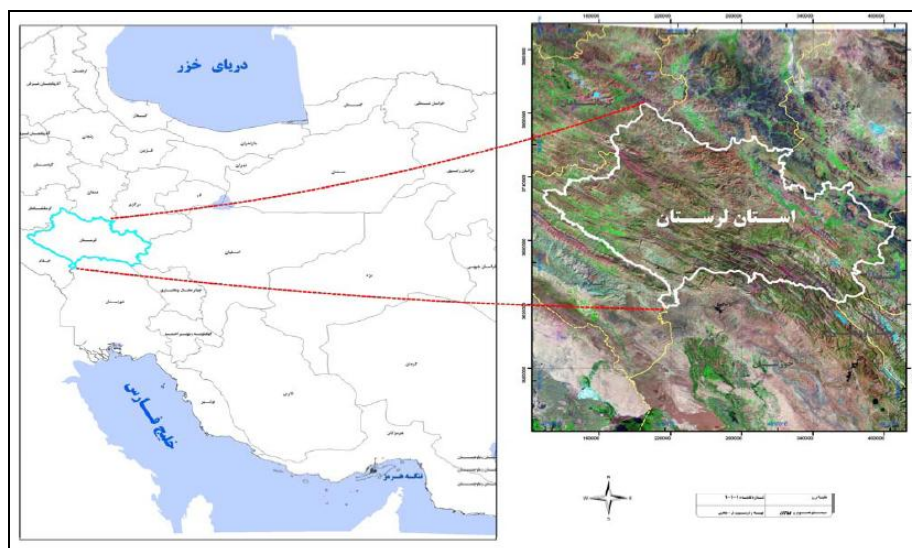
می‌پردازند (اصغری‌زاده و نصرالهی، ۱۳۸۶، ص ۸۷). لذا در این تحقیق، به دلیل ضرورت یافتن مکان بهینه صنایع پتروشیمی (Carter & White, 2012, p.231)، مکان‌یابی صنایع پتروشیمی به کمک دو روش پرکاربرد از خانواده روش‌های فرارتابه‌ای (روش‌های ELECTERE III^۱ و PROMETEE II^۲) انجام گرفت. روش‌های ELECTERE III و PROMETEE II در طیفی وسیع از کاربردهای مختلف موجود در دنیای واقعی مانند برنامه‌ریزی شهری (Queirugaet et al., 2008, p.34)؛ انرژی (Oprićovic & 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) به کار گرفته شده است. لیکن در زمینه مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی و به‌ویژه با رویکرد برنامه‌ریزی محیط زیست مطالعه‌ای انجام نگرفته است. بنابراین، در این تحقیق با توجه به ضرورت مسئله تعیین مکان بهینه برای استقرار صنایع پتروشیمی، برای اولین بار صنایع پتروشیمی در استان لرستان به کمک روش‌های ELECTERE III و PROMETEE II مکان‌یابی شد و در پایان، تجزیه و تحلیل حساسیت اجرای مدل‌ها انجام گرفته است.

معرفی منطقه مطالعه

استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۱۵۷ کیلومتر مربع، در ناحیه جنوب غربی ایران بین ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه و ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است و پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در دشت‌های استان و بلندترین قله آن، اشترانکوه، با ارتفاع حدود ۴۰۸۰ متر از سطح دریا در میان رشته‌کوه زاگرس قرار دارد. این استان با حدود ۱/۷۲ درصد از مساحت کل کشور در رتبه ۱۶ استان‌ها به لحاظ وسعت در کشور قرار دارد

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

(سالنامه 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 چهارمحال و بختیاری، از جنوب به استان خوزستان، از غرب به استان ایلام و از شمال غربی به استان کرمانشاه محدود است. لرستان به واسطه 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 توسعه فعالیت‌های صنعتی، خدماتی و کشاورزی و جز آن نیازمند تلاشی گسترده برای حفظ این موهبت‌های خدادادی است.

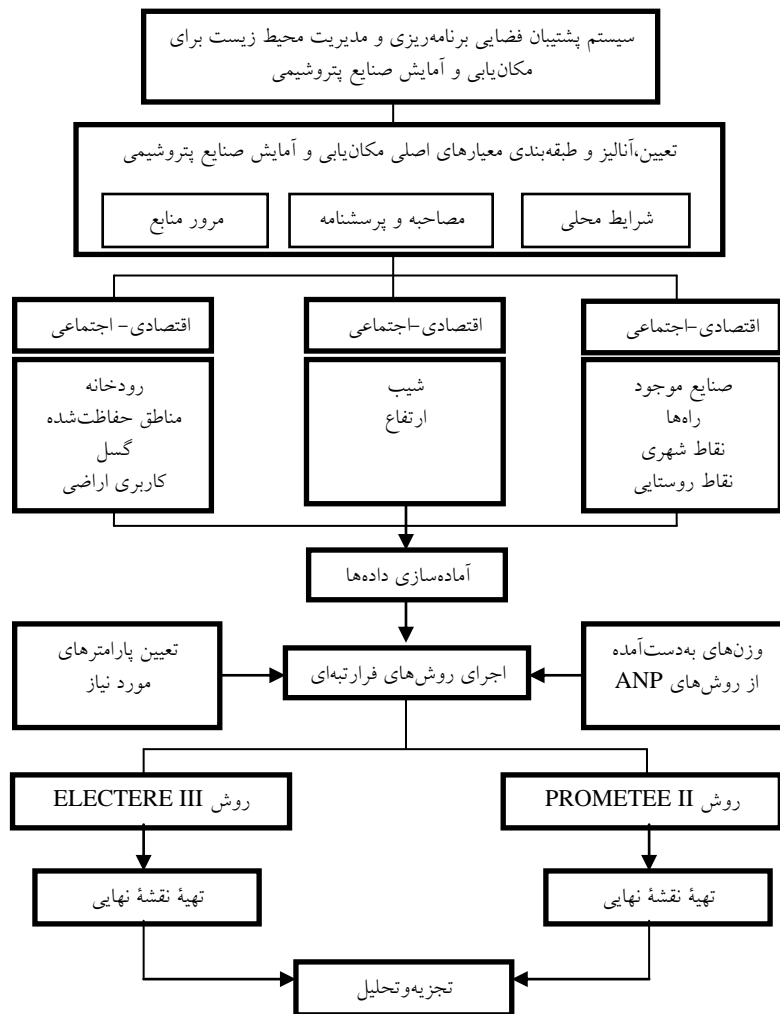


شکل ۱. نقشه موقعیت استان لرستان

روش تحقیق

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

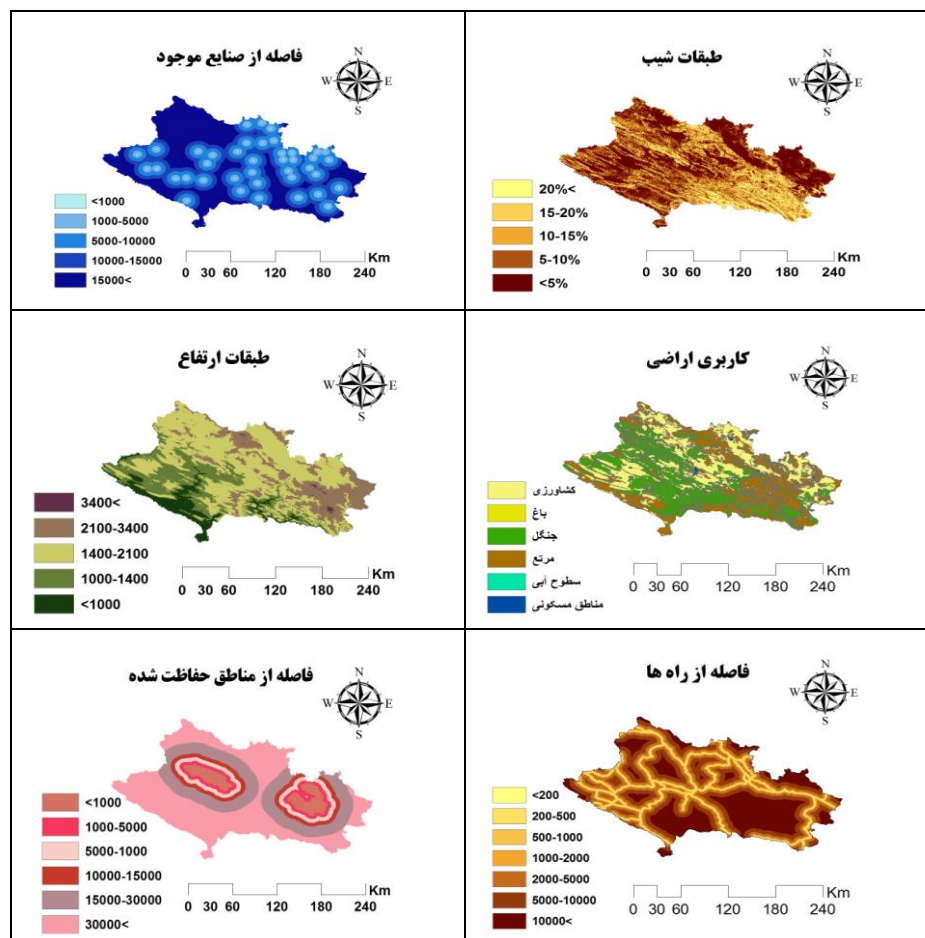
برای اختصاص دادن وزن به هر یک از معیارها به کار گرفته شد. برای آماده کردن لایه‌های اطلاعاتی، تحلیل‌ها در نرم‌افزار ArcGIS10.2 انجام گرفت. تعیین وزن‌ها در نرم‌افزار Super decision، و تجزیه و تحلیل روش‌های فرارته‌ای، نرم‌افزار Matlab به کار گرفته شد. فرایند تحقیق در شکل ۲ بیان شده است.



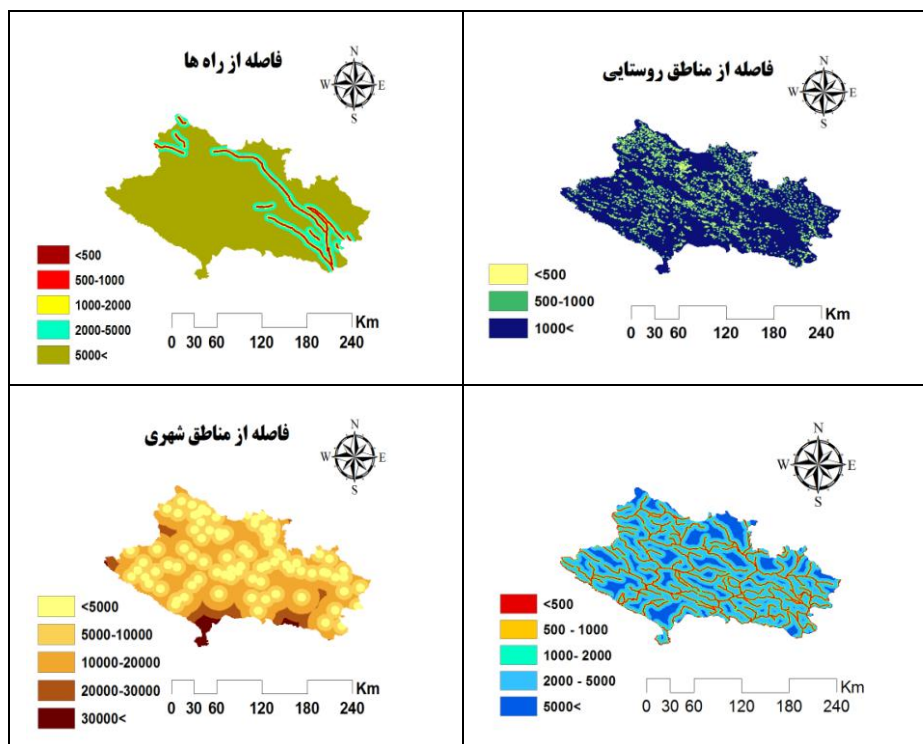
شکل ۲. فرایند پیاده‌سازی تحقیق

آماده‌سازی داده‌ها

در پژوهش حاضر مجموعه داده‌های ده معیار انتخابی برای منطقه با نظرسنجی ۲۶ 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، همه لایه‌های معیارها به فرمت رستر با پیکسل سایز ۳۰ متر در ۳۰ متر تبدیل شدند. ده لایه آماده‌شده، به عنوان لایه‌های داده‌های ورودی به کار گرفته شده در مدل پیشنهادی، در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. لایه‌های ورودی برای اجرای مدل پیشنهادی جهت مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی لرستان



ادامه شکل ۳. 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 مراحل زیر 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 مقایسه زوجی می توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را مشخص کرد.

- گام سوم، تشکیل سوپرماتریس اولیه: در این مرحله وزن نسبی هر ماتریس بر اساس مقایسه زوجی محاسبه می شود، وزن های حاصل در سوپرماتریس وارد می شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می دهند.
- گام چهارم، تشکیل سوپرماتریس وزنی: هر ستون ماتریس، استاندارد می شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می آید که جمع هر یک از ستون های آن برابر یک خواهد بود.
- گام پنجم، محاسبه بردار وزنی عمومی: در مرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی می رسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن باهم برابر شوند. بر اساس ماتریس به دست آمده، بردار وزن عمومی مشخص می شود.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^k \quad (1)$$

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

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) \sum W_i^k \quad (2)$$

- گام ششم، محاسبه وزن نهایی معیارها: در آخرین مرحله با توجه به جدول وزن خوشه ها و سوپرماتریس حد، وزن نهایی معیارها محاسبه می شود.

روش های فرارته ای

روش های فرارته ای به عنوان شاخه ای از مدل های تصمیم گیری چندمعیاره^۱ به کمک

تعریف روابط فرارته‌ای و بر مبنای مقایسه‌های زوجی میان گزینه‌ها به مدل‌سازی دقیق‌تر و واقعی‌تر مسائل تصمیم‌گیری می‌پردازند. روابط فرارته‌ای خود شامل روابط برتری^۱، اکید، برتری ضعیف، اختلافات جزئی^۲ و غیر قابل مقایستگی^۳ است که با تعیین حد آستانه‌های برتری (p)، اختلاف جزئی (q) و وتو^۴ (v) تعریف می‌شود (Figueira et al., 2005, p.211). در این تحقیق از میان مدل‌های مختلف که در قالب روش‌های فرارته‌ای 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 خانواده روش‌های فرارته‌ای به کار 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 مجموعه متناهی از گزینه‌ها در میان معیارهای غالباً متناقض که باید رتبه‌بندی شوند، به کار 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 همه معیارها در قالب ایجاد می‌شود.

ب) انتخاب تابع مطلوبیت (F_j) از جدول ۲ و محاسبه مقدار ($P(a,b)$) برای همه زوج گزینه‌ها در قیاس با همه معیارها از روابط ۳ و ۴.

$$P_j(a,b) = F_j[d_j(a,b)]; \forall a,b \in A \quad (3)$$

$$\begin{cases} d_j(a,b) = g_j(a) - g_j(b) \\ 0 \leq P_j(a,b) \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

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

شایان ذکر است روابط یادشده برای معیارهای سود است، که بیشینه کردن آنها لازم است. برای معیارهای هزینه که باید کمینه شوند، مقدار $d_j(a,b)$ در روابط یادشده قرینه می شود.

$$\text{پ) تعیین وزن معیارها } \{w_j; j = 1, 2, \dots, k\} \text{ با شرط } \sum_{j=1}^k w_j = 1$$

ت) محاسبه درجه غلبگی $(\pi(a,b))$ ، میزان برتری گزینه a بر گزینه b در قیاس با همه معیارها، برای همه زوج گزینه های مسئله مطابق با رابطه ۵.

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k P_j(a,b)w_j \quad (5)$$

ث) محاسبه جریان فرارته ای مثبت $(\phi^+(a))$ و منفی $(\phi^-(a))$ مطابق با روابط ۶ و ۷.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x) \quad (6)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a) \quad (7)$$

محاسبه جریان فرارته ای مطابق با رابطه ۸.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (8)$$

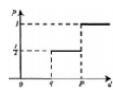
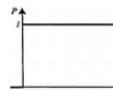
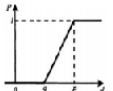
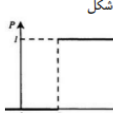
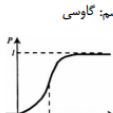
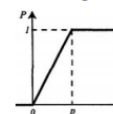
ج) رتبه بندی گزینه ها مطابق دو شرط یادشده در رابطه ۹ و تعیین روابط برتری (P) و اختلاف

جزئی (I)

$$\begin{cases} aP^I b \text{ if } \phi(a) > \phi(b) \\ aI^I b \text{ if } \phi(a) > \phi(b) \end{cases} \quad (9)$$

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 آستانه بی تفاوتی، p حد آستانه برتری اکید و s مقداری بین p و q است. حد آستانه اختلاف جزئی، بزرگترین اختلافی است که برای تصمیم گیری بی اهمیت است و حد آستانه 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

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

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) محاسبه شاخص هماهنگی برای زوج گزینه‌های a و b در همه معیارها (رابطه ۱۰):

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

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

$$c_j(aSb) = \begin{cases} 1 & \text{if } A \\ \frac{p_j(g_j(a)) + g_j(a) - g_j(b)}{p_j(g_j(a)) - q_j(g_j(a))} & \text{if } B \\ 0 & \text{if } C \end{cases} \quad (11)$$

ب) محاسبه مقدار شاخص ناهماهنگی (رابطه ۱۲)

$$A_j(aSb) = \begin{cases} 1 & \text{if } D \\ \frac{p_j(g_j(a)) + g_j(a) - g_j(b)}{p_j(g_j(a)) - vq_j(g_j(a))} & \text{if } E \\ 0 & \text{if } F \end{cases} \quad (12)$$

پ) محاسبه ماتریس درجه اعتبار رتبه‌بندی (رابطه ۱۳)

$$p(aSb) = \begin{cases} C(aSb) & \text{if } G \\ C(aSb) \times \prod_{j \in J: d_j(aSb) > C(aSb)} \frac{1 - d_j(aSb)}{1 - C(aSb)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

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 مقایستگی گزینه‌ها منجر می‌شود که به رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها مشهور است.

یافته‌های تحقیق

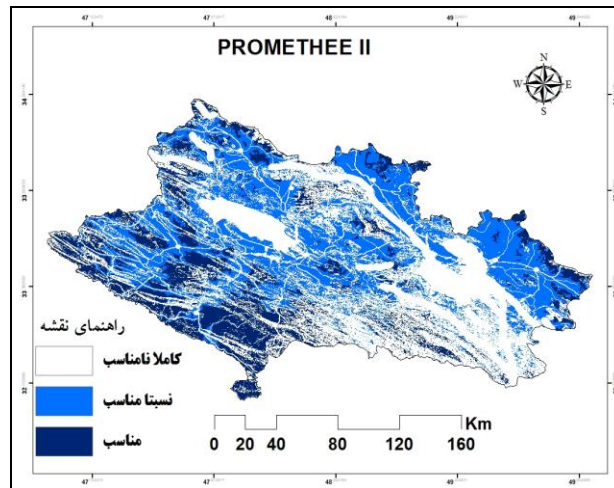
در این تحقیق پردازش و تحلیل داده‌ها با توجه به معیارهای طبقات ارتفاع، طبقات شیب، فاصله از

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 به کار 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.

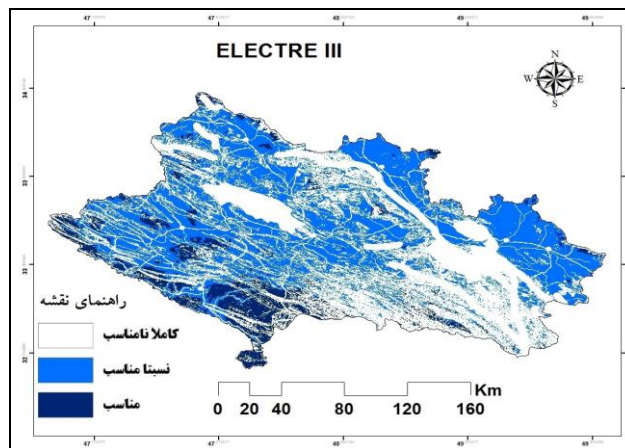
جدول ۳. جدول وزن‌های نهایی استخراج‌شده از نرم‌افزار Matlab

وزن	معیار	وزن	معیار
۰٫۱۰۴	فاصله از گسل	۰٫۰۸۳	طبقات ارتفاع
۰٫۰۹۱	فاصله از نقاط روستایی	۰٫۰۷۶	طبقات شیب
۰٫۱۰۱	فاصله از نقاط شهری	۰٫۱۲۲	فاصله از مناطق حفاظت‌شده
۰٫۰۹۱	فاصله از صنایع موجود	۰٫۱۲۸	کاربری اراضی
۰٫۰۷۲	فاصله از راه‌ها	۰٫۱۳۲	فاصله از رودخانه‌ها

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، پس از آماده‌سازی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی بر اساس روندنما، برای اجرای روش‌های فرارته‌ای، ابتدا ده لایه اطلاعاتی به صورت رستری وارد محیط GIS شد و تحلیل‌های مکانی اولیه بر روی آن‌ها انجام گرفت. سپس، مقادیر پیکسل‌های مجموعه داده‌های رستری مرتبط با معیارهای مکان‌یابی و آمایش صنایع پتروشیمی، استخراج شدند و در تعدادی رسته^۱ 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 نرم‌افزار MATLAB شد. نقشه‌های نهایی به منظور استقرار صنایع پتروشیمی به روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE II در ادامه نشان داده شده است (شکل‌های ۴ و ۵). نقشه Land Suitability به سه کلاس طبقه‌بندی شد.



شکل ۴. نقشه تناسب اراضی به منظور استقرار صنایع پتروشیمی با روش PROMETHEE II



شکل ۵. نقشه تناسب اراضی به منظور استقرار صنایع پتروشیمی با روش ELECTRE III

بر پایه نقشه زون‌بندی نهایی به روش PROMETHEE II، از مجموع کل مساحت منطقه، حدود ۴۵۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۶ درصد) مناسب، حدود ۸۷۳۷۹ کیلومتر مربع (۳۱ درصد) نسبتاً مناسب و حدود ۱۴۷۵۷۱ کیلومتر مربع (۵۲ درصد) کاملاً نامناسب برای توسعه صنایع پتروشیمی در سطح

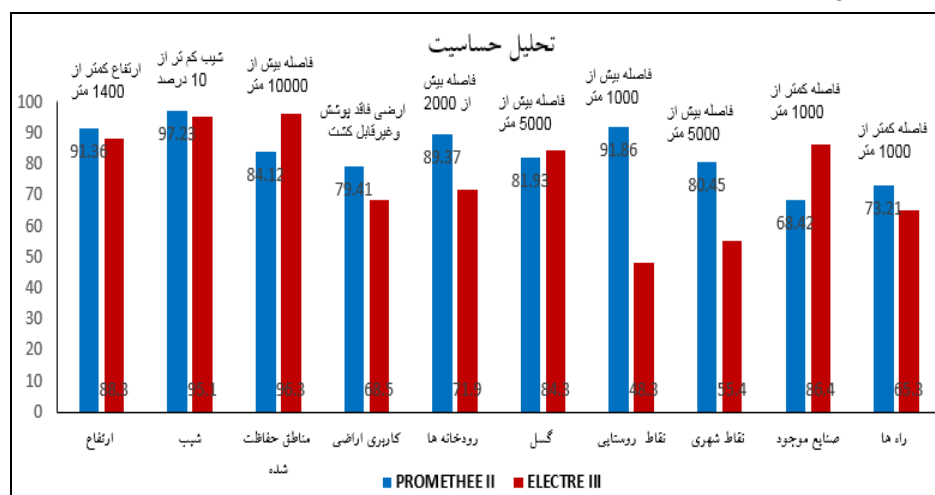
منطقه هستند. همچنین، نتایج زون‌بندی به روش ELECTRE III نشان داد از مجموع کل مساحت منطقه ۲۹۲۰۷ کیلومتر مربع (۱۰ درصد) مناسب، حدود ۱۰۲۳۷۹ کیلومتر مربع (۳۶ درصد) نسبتاً مناسب و حدود ۱۴۹۵۷۱ کیلومتر مربع (۵۳ درصد) کاملاً نامناسب برای توسعه صنایع پتروشیمی در سطح منطقه هستند. در جدول ۴ مساحت این پنج کلاس بر حسب کیلومتر مربع و درصد نشان داده شده است.

جدول ۴. مساحت کلاس‌ها برای روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE II

ELECTRE III		PROMETHEE II		درصد مساحت
کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	
۱۰	۲۹۲۰۷	۱۶	۴۵۲۰۷	مناسب
۳۶	۱۰۲۳۷۹	۳۱	۸۱۳۷۹	نسبتاً مناسب
۵۳	۱۴۹۵۷۱	۵۲	۱۴۷۵۷۱	نسبتاً نامناسب
۱۰۰	۲۸۱۱۵۷	۱۰۰	۲۸۱۱۵۷	جمع کل

نتایج دو روش نشان می‌دهد مناطقی که در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از رودخانه‌های دائمی و فصلی و در محدوده 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 توسعه صنایع پتروشیمی در سطح منطقه مناسبند، در این مناطق کمترین خسارت بر محیط زیست وارد خواهد شد. برای تجزیه و تحلیل حساسیت، مکان‌های مناسب تعیین شده 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 ۹۱٫۳۶ درصد مکان‌های با توان مناسب حاصل از روش PROMETHEE II منطبق بر ارتفاع کمتر از ۱۴۰۰ متر است. در حالی که برای روش ELECTRE III، این میزان انطباق ۸۸٫۳ است. در مشخصه 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، ۹۵-۱ درصد انطباق دارد. نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت مدل نیز مبین این مطلب است که مکان‌های با توان مناسب نقشه نهایی به هر دو روش، منطبق بر کلاس‌های کاملاً مناسب هر یک از مشخصه‌های ورودی در مدل بوده است و این امر رضایت‌بخش بودن نتایج دو مدل به کار گرفته شده را در مطالعات استقرار صنایع پتروشیمی نشان می‌دهد (شکل ۶).



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

بحث و نتیجه

مکان‌یابی مناسب کاربری‌ها در راستای تحقق توسعه مناسب یکی از ضرورت‌های برنامه‌ریزی محیط زیست در سطوح ملی، منطقه‌ای و ناحیه‌ای است. به طوری که از طریق مکان‌یابی مناسب توسعه و برنامه‌ریزی دقیق می‌توان از به وجود آمدن آثار نامطلوب بر محیط زیست جلوگیری کرد. در اغلب پروژه‌های بزرگ صنعتی به ویژه صنایع پتروشیمی، با شناسایی محدودیت‌های جدی زیست‌محیطی در زمان برنامه‌ریزی و طراحی پروژه می‌توان نگرانی‌ها و خسارت‌های زیست‌محیطی را به طور 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 فرارته‌ای 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 تجزیه و تحلیل حساسیت مدل به‌کارگرفته‌شده مبین رضایت‌بخش بودن نتایج دو مدل در تعیین اراضی و مناطق مستعد در برنامه‌ریزی محیط زیست است. کار حاضر برای اولین بار با توجه به ضرورت تعیین مکان بهینه برای استقرار صنایع پتروشیمی، مکان‌یابی این صنایع در استان لرستان به کمک روش‌های ELECTRE III و PROMETHEE 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 فرارته‌ای 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 همه 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 زمینه 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 زمینه برنامه‌ریزی محیط زیست و آمایش سرزمین و سایر کارهای مکان‌یابی، پیشنهاد می‌شود روش‌های جدید سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله ANP، GREY SYSTEM، PROMETHEE II، ELECTERE، THEORY به کار گرفته شود.
- سعی شود روش‌های پیکسل پایه برای مطالعات ارزیابی توان و سایر کارهای مکان‌یابی به کار 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 مأخذ

۱. احمدوند، علی محمد؛ میرمظاهری، مهدی؛ ادیبی، کمال (۱۳۸۶). «فرصت‌ها و تهدیدهای صنعت پتروشیمی ایران». فصل‌نامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره‌های ۱۰ و ۱۱، صفحات ۸۶-۱۱۱.
۲. اصغری‌زاده، علی؛ نصرالهی، محمد (۱۳۸۶). «رتبه‌بندی شرکت‌ها بر اساس معیارهای مدل سرآمدی-روش پرومته». مدرس علوم انسانی، دوره ۱۱، شماره سوم، صفحات ۵۹-۸۴.
۳. جعفری، حمیدرضا؛ کریمی، سعید (۱۳۸۴). «مکان‌یابی عرصه‌های مناسب احداث صنعت در استان قم با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)». مجله محیط‌شناسی، شماره ۳۷، صفحات ۵۲-۴۲.
۴. جعفریان مقدم، الهه؛ ملماسی، سعید؛ منوری، سید مسعود؛ جوزی، سیدعلی (۱۳۹۰). «بررسی اثرات محیط زیستی صنایع پتروشیمی منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی». علوم محیطی، سال هشتم، شماره سوم، صفحات ۱۵۶-۱۴۵.
۵. رئیس، مرضیه؛ سفیانیان، علیرضا (۱۳۸۸). «مکان‌یابی صنایع با استفاده از معیارهای جغرافیایی». فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۹، صفحات ۷۴۵-۷۲۵.
۶. 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؛ مقصدلو کمالی، بیژن (۱۳۸۵). «ارزیابی زیست‌محیطی سیاست‌های استراتژیک توسعه صنعتی ایران با استفاده از رویکرد تحلیل عوامل استراتژیک».

- علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۹، صفحات ۱۴-۱.
۹. یاسوری، مجید (۱۳۹۲). «بررسی وضعیت استقرار صنایع و مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در شهرستان مشهد». *آمایش سرزمین*، دوره پنجم، شماره دوم، صفحات ۲۸۸-۲۶۱.
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". *Environmental 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. Eleveli, 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.