پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 3، شماره 5، بهار و تابستان 1391، از صفحه 77 تا 86

بهره‌مندی از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS در ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی پالایشگاه‌های نفت
(مطالعه موردی: پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان)

رقیه مکوندی*[1]، بیژن مقصودلو کمالی[2]، ایرج محمدفام[3]

1 دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه علوم محیط‌زیست، ارزیابی و آمایش سرزمین
2 استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد
3 استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم و پزشکی همدان، همدان

(تاریخ دریافت: 1390/8/9؛ تاریخ تصویب: 1390/12/22)

چکیده

یکی از شاخص‌های مهم اجرایی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در خصوص مدیریت محیط‌زیستی استفاده از روش ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی (EIA) به‌عنوان ابزار مهم مدیریتی در مطالعات محیط‌زیستی و کاهش آثار پروژه‌های صنعتی و رعایت اهداف توسعه پایدار است. در همین راستا پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان در 7 کیلومتری شمال شهر آبادان در استان خوزستان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. در این پژوهش، در ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی از روش دلفی و مدل TOPSIS از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. مزیت TOPSIS در ارزیابی آثار محیط‌زیستی، رتبه‌بندی آثار مثبت و منفی با استفاده از معیارهای متفاوت است. روش مناسب ارزیابی باید دارای معیارها و دستورالعمل‌هایی برای تعیین و درجه‌بندی شدت، دامنه و ... باشد. با استفاده از این روش در ارزیابی آثار محیط‌زیستی می‌توان گزینه (اثرات حاصل طرحی خاص) را براساس بی‌نهایت شاخص رتبه‌بندی کرد. دقت بالا و توانایی استفاده از نرم‌افزارهای صفحه‌گسترده از دیگر مزایای این روش هستند. تحقیق حاضر گامی به‌منظور معرفی روش‌های جدید ارزیابی آثار محیط‌زیستی و امکان کاربرد آن در فرایند EIA در ایران است.

کلید واژه‌ها: ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی، پالایشگاه نفت، تصمیم‌گیری چندمعیاره، TOPSIS

* نویسنده مسئول: Email: Makvandi.rm@gmail.com

سرآغاز

صنعت نفت از زمان اکتشاف یعنی از 150 سال پیش پیشرفت‌های عظیمی داشته است (Rajesh et al, 2009). پالایشگاه‌های نفت کارخانه‌های صنعتی بزرگی هستند که نفت خام را به فرآورده‌های نفتی تبدیل می‌نمایند (Jovanovic et al, 2010) و غالباً دارای آثار و پیامدهای ناسازگار با محیط‌زیست هستند. فرایند پالایش نفت‌خام حجم زیادی آب مصرف می‌کند و در نتیجه حجم زیادی فاضلاب تولید می‌شود (Coelho et al, 2006).

فاضلاب تولید شده به علت داشتن مقدار زیاد ترکیبات آروماتیک چندحلقه‌ای که سمی‌اند و ماندگاری زیادی در طبیعت دارند (Mrayyana and Battikhi, 2005)، مواد نفتی و روغنی به‌همراه تعداد زیادی از دیگر ترکیبات آلی سمی (Doggett and Rascoe, 2009)، آلاینده است. این فاضلاب‌ها عامل اصلی آلودگی زیستگاه‌های آبی‌اند (Wake, 2005). بهره‌برداری از این صنایع همچنین با انتشار ذرات گوناگون در هواسپهر همراه است. از میان مهم‌ترین آلاینده‌های هوا که با صنایع پالایش نفت انتشار می‌یابد ترکیبات آلی فرار (VOCs) هستند که منجر به آلودگی هوا در مقیاس محلی و منطقه‌ای می‌شوند (Lina et al, 2004). با پدیدار شدن آثار زیانبار فعالیت‌های بشری، برای ایجاد تعادل و سازگاری بین فعالیت‌ها و محیط‌زیست، ابزارها و روش‌های مختلفی ابداع و مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی آثار محیط‌زیستی (EIA)[1] از جمله روش‌های بسیار کارآمد است که با تصویب قانون ملی محیط‌زیست امریکا (NEPA) به صورت مدون در جهان آغاز شد (رودگرمی و همکاران، 1386).

روش‌های متنوعی برای ارزیابی و به تصویر کشیدن پیامد فعالیت‌های طرح، یا توسعه وجود دارد. از جمله روش‌های مورد استفاده در ارزیابی پیامدهای محیط‌زیست می‌توان به ماتریس، شبکه، فهرست، تحلیل‌های داده- ستاد، ارزیابی چرخه حیات، منطق فازی، ماتریس سریع ارزیابی آثار، تصمیم‌گیری چندمعیاره/ چندشاخصه (MCDA/MADA) و AHP یا AHP فازی اشاره کرد (Wang et al, 2005). نکته مهم در کاربرد این روش‌ها آن است که هر روش منابع و زمینه‌های اطلاعاتی مربوط به خود را نیاز دارد، در نتیجه از کارایی ویژه‌ای برای طرح‌های مشخص برخوردار می‌شود. از این‌رو تمامی روش‌ها به یک اندازه در ارزیابی طرح، یا محیط‌زیست مؤثر نخواهد بود (رودگرمی و همکاران، 1386). در روش‌های معمول ارزیابی در کشور روش‌شناسی مشخصی برای ارزیابی آثار براساس معیارهای متنوع محیط‌زیستی وجود ندارد (خدابخشی و جعفری، 1389). در سال‌های گذشته تلاش‌های متعددی به‌منظور ایجاد روش‌های پیشرفته و مطلوب‌تر برای ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی صورت گرفته است.

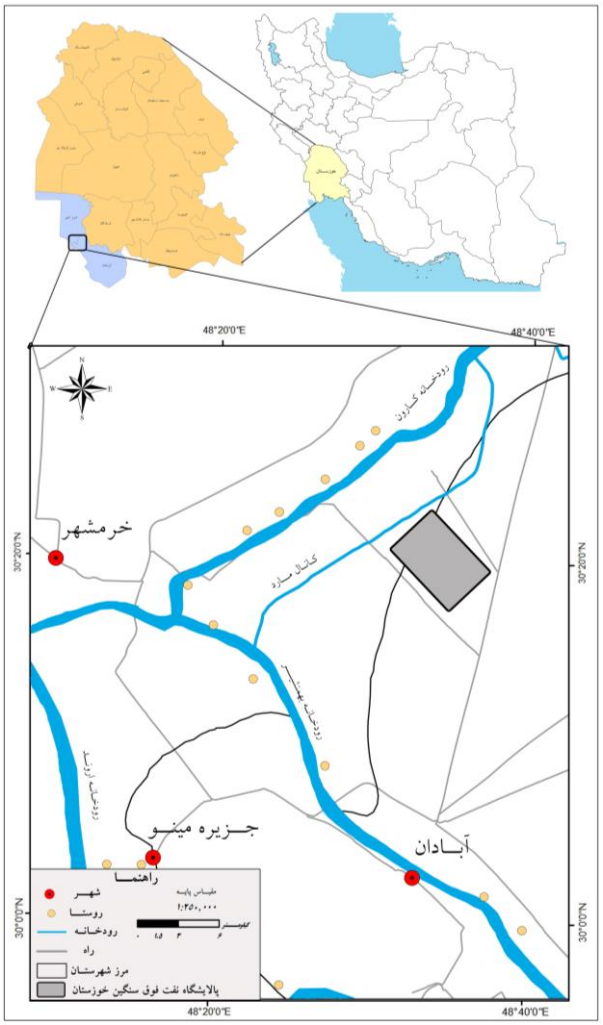
اخیراً روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[2] به منظور تصمیم‌سازی مناسب، با در نظر گرفتن مجموعه معیارها، کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف علمی داشته است (خدابخشی و جعفری، 1389). در این تحقیق، رتبه‌بندی آثار محیط‌زیستی ناشی از پالایشگاه‌های نفت با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی معادل 64057 کیلومتر مربع در 47 درجه و 38 دقیقه تا 50 درجه و 32 دقیقه طول شرقی و 29 درجه و 57 دقیقه تا 33 درجه و 0 دقیقه عرض شمالی، در جنوب‌غربی ایران واقع شده است. پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان با ظرفیت پالایش روزانه 180000 بشکه نفت خام فوق سنگین و تولید انواع مشتقات نفتی، به‌ویژه بنزین، نفت سفید و دیزل در 7 کیلومتری شمال شهر آبادان، میان شهرستآنهای آبادان و خرمشهر واقع شده است. محل فعلی پالایشگاه در منطقه آزاد اروند و در ضلع شرقی کانال مارِد از یک‌سو و مجاورت با بزرگراه اهواز-آبادان و کریدور نفتی از سوی دیگر تعیین شده است (شکل 1). براساس طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه سینوپتیک آبادان، اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن، اقلیم خشک است. اکوسیستم‌های آبی مرتبط با این طرح شامل رودخانه بهمنشیر و کانال مارِد است. کانال مارِد برای انتقال آب از رودخانه کارون به رودخانه بهمنشیر و افزایش دبی رودخانه بهمنشیر احداث شده است. آب مورد نیاز پالایشگاه از همین کانال که در مجاورت آن قرار دارد، تأمین می‌شود. اکوسیستم خشکی محدوده طرح شامل اکوسیستم دشتی است و دارای گونه‌های گیاهی شورپسند و سایر نباتات مهاجم است. حداکثر شیب در منطقه به 5 درصد می‌رسد و سطح آب زیرزمینی بالاست. جهت باد غالب منطقه، شمال‌غربی به

جنوب‌شرقی است. جهت وزش این باد بـه سـمت شـهر آبـادان است (مهندسان مشاور رویان، 1389).



شکل (1): موقعیت پالایشگاه نفت مورد مطالعه

روش پژوهش

به‌منظور تعیـین مهمتـرین معیارهـای مـؤثر (آثـار) در ارزیـابی پیامدهای محیط‌زیستی پالایشگاه مورد مطالعـه در سـه محـیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی‌اجتمـاعی از روش دلفـی استفاده شده است. دلفی یکی از روش‌های موفق و با سـابقه در اتخاذ تصمیم به صورت گروهی اسـت. در ایـن روش مجموعـه گروهی از کارشناسان به بررسی مسئله پرداخته و در مواردی که می‌تواند شامل وزن‌دهی نیز باشد، تصمیم‌گیری می‌کنند (Loo, 2002). De Loe (1995) و Miller (1993) بـر اسـاس تجربه فردی در مطالعات دلفی، تعداد بهینـه شـرکت‌کنندگان را در بررسی دلفی به منظور تولید نتایج معتبـر بـه ترتیـب 10 تـا 15 و 30 نفر پیشنهاد داده‌اند. هر مطالعه دلفی شامل چندین دور است. Woudenberg (1991) تعداد مناسب دورها را از 2 تا 10 دور پیشنهاد می‌دهد (Amal, 2005). در هر دور پرسشنامه‌هـایی برای جمع‌آوری آرا در میان کارشناسان توزیع می‌شود.

مرحلـه کلیـدی در فراینـد دلفـی، طراحـی پرسشـنامه اسـت (Mac Carthy and Atthirawong, 2003). پرسشنامه‌ها برای دورهای بعدی، براساس پاسخ‌ها بـه دور قبـل طراحـی مـی‌شـوند (Amal, 2005).

با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و در نظر گرفتن پژوهش‌های مرتبط، 130 اثـر ناشـی از پالایشـگاه‌هـای نفـت شناسـایی و در قالـب پرسشنامه دلفی تدوین شد. بـه منظـور اسـتخراج مهمتـرین آثـار، پرسشنامه‌ها بین گـروه تصـمیم‌گیری کـه متشـکل از 20 نفـر از متخصصان رشته شیمی و محیط‌زیست بود، توزیع شد.

بـرای دسـتیابی بـه هـدفی خـاص، بیشـتر لازم اسـت کـه تصمیم‌گیرنده[3]، چندین معیار را توأم با هم مورد ارزیابی قرار داده و گزینه‌های تصمیم را بر طبق معیارهـا بسـنجد. چنـین فراینـدی تصـمیم‌گیری چنـدمعیاره (MCDM) نامیـده می‌شـود (فـولادگر، 1386). به‌طورکلی روش‌هـای تصـمیم‌گیری چنـدمعیاره، بـه دو دسته چندهدفه (MODM)[4] و چندشاخصه (MADM)[5] تقسیم می‌شوند (آذر و رجب زاده، 1387). دو دسته عمـده از روش‌هـای مختلف در MADM شامل مدل‌های جبرانی و غیرجبرانی هستند. مدل غیرجبرانی شامل روش‌هایی اسـت کـه در آنهـا مبادلـه بـین شاخص‌ها مجاز نیست. مدل جبرانی مشتمل بر روش‌هـایی اسـت که اجازه مبادله در بین شاخص‌ها در آنها مجـاز اسـت. مـدل‌های جبرانی به سه گروه نمره‌گذاری و امتیازدهی، سازشـی و هماهنـگ تقسـیم می‌شـوند (اصـغرپور، 1387). بـا توجـه بـه اینکـه بـین شـاخص‌های انتخـاب شـده بـرای اولویت‌بنـدی آثـار حاصـل از پالایشگاه امکان مبادله وجود دارد؛ مدل مورد نظر باید از مدل‌های جبرانی انتخاب شـود. در تحلیـل نهـایی بایـد گفـت نـرخ تبـادل جانشینی بین معیارهای انتخاب شده برای اولویت‌بندی آثـار واحـد نیست، بنابراین این مدل باید از دو زیرگـروه سازشـی و هماهنـگ انتخاب شود. در بین مدل‌های ذکـر شـده در ایـن دو زیرگـروه بـا توجه به اینکه رضامندی شاخص‌های مورد نظر برای اولویت‌بندی آثار پالایشگاه مورد مطالعه به طور افزایشی، یا کاهشی اسـت و بـا توجه به قابل فهم و مورد پذیرش بودن مدل برای تصـمیم‌گیران، روش نزدیکی به حالت ایده‌آل (TOPSIS)[6] از زیر گروه سازشـی انتخاب شد. در میان هشت روش گروه مدل‌های جبرانـی ارزیـابی

چندمعیاره، روش TOPSIS دارای کمترین نقص در رتبه‌بندی گزینه‌هاست (Zanakis et al, 1998). به منظور وزن‌دهی به شاخص‌های مورد استفاده در TOPSIS، از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[7] استفاده شد. در ادامه هر یک از روش‌های مورد استفاده به اختصار تشریح می‌شوند.

روش نزدیکی به حالت ایده‌آل (TOPSIS)

هوانگ و یون در سال 1981 روش TOPSIS را پیشنهاد کردند. در این روش m گزینه ($A_1, A_2, \ldots, A_m$) با n شاخص ($C_1, C_2, \ldots, C_n$)، ارزیابی شدند. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (مومنی، 1387). حل مسئله با این روش، مستلزم طی گام‌های زیر است:

1. بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نورم:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{J} f_{ij}^2}} \qquad j = 1,\ldots, J \qquad i = 1,\ldots, n \qquad (۱)$$

2. تشکیل ماتریس بی‌مقیاس‌موزون (vij) با ضرب ماتریس بی‌مقیاس‌شده (r_{ij}) در ماتریس قطری وزن‌ها (w_i):

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \qquad j = 1,\ldots, J \qquad i = 1,\ldots, n \qquad (۲)$$

w_i وزن شاخص iام است، جمع اوزان شاخص‌ها برابر 1 است.

3. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^*) و منفی (A^-) به صورت زیر:

$$A^* = \{v_1^*, \ldots, v_n^*\}$$
$$= \{(\max_j v_{ij} | i \in I'), (\min_j v_{ij} | i \in I'')\}, \qquad (۳)$$
$$A^- = \{v_1^-, \ldots, v_n^-\}$$
$$= \{(\min_j v_{ij} | i \in I'), (\max_j v_{ij} | i \in I'')\}, \qquad (۴)$$

4. میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی تعیین می‌شود.

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (D_j^*) به صورت:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad , \quad j = 1,\ldots, J \qquad (۵)$$

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (D_j^-) به صورت:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad j = 1,\ldots, J \qquad (۶)$$

5. تعیین نزدیکی نسبی (C_j^*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad , \quad j = 1,\ldots, J \qquad (۷)$$

6. رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس نزدیکی نسبی (C_j^*) (Opricovic and Tzeng, 2004)، گزینه‌ای که (C_j^*) آن بزرگتر باشد، بهتر است.

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی (Saaty) توسعه یافت. این فرایند، تصمیم‌گیرندگان را یاری می‌کند تا اولویت‌ها را بر اساس اهداف، دانش و تجربه خود تنظیم کنند؛ به نحوی‌که احساسات و قضاوت‌های خود را به طور کامل در نظر گیرند (مؤمنی، 1387). تصمیم‌گیری در فرایند تحلیل سلسله مراتبی شامل مراحل ساخت سلسله مراتبی، محاسبه وزن و بررسی ناسازگاری سیستم است (Saaty, 1980).

یافته‌ها

نتایج پرسشنامه دلفی

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و تأیید روایی و پایایی آنها، در نهایت 44 اثر منفی و مثبت در سه محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی‌اجتماعی به‌منظور ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی پالایشگاه نفت مورد مطالعه مشخص شدند. آثار ناشی از پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان با حرف A در جدول (1) ارائه شده‌اند. با 44 ردیف (آثار) با حرف A و 5 ستون (شاخص‌ها) با حرف C تشکیل شد.

از آنجا که لازم است ارزش کلیه شاخص‌ها به صورت کمّی وارد ماتریس تصمیم مدل پیشنهادی شود، در این تحقیق بر اساس روش‌های موجود، مقیاس عددی (9- 1) برای امتیازدهی به شاخص‌ها به شرح جدول (2) تعریف گردید.

جدول (1): معیارهای نهایی ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان

محیط پذیرنده	اثر		محیط پذیرنده	اثر	
محیط فیزیکوشیمیایی	انتشار H_2S	A1	محیط بیولوژیکی	اثر بر تنوع و تراکم پرندگان بومی	A24
	انتشار SO_2	A2		اثر بر گونه‌های در معرض خطر	A25
	انتشار PM_{10}	A3		تخریب زیستگاه آبزیان	A26
	انتشار CO_2	A4		کاهش کیفیت زیستگاه آبزیان	A27
	انتشار ترکیبات آلی فرار	A5		اثر بر تراکم و تنوع پرندگان آبزی بومی	A28
	انتشار مرکاپتان	A6		اثر بر تراکم و تنوع پلانکتون‌ها	A29
	انتشار بخارهای نفتی	A7		اثر بر تراکم و تنوع بنتوزها	A30
	انتشار گازهای بدبو و سمی	A8		اثر بر تراکم و تنوع ماکروفن ها	A31
	افزایش میزان COD در آب‌های سطحی	A9		اثر بر تراکم و تنوع ماهی‌ها	A32
	افزایش میزان BOD_5 در آب‌های سطحی	A10		اثر بر تراکم و تنوع دوزیستان	A33
	کاهش میزان DO در آب‌های سطحی	A11		اثر بر گونه‌های حساس	A34
	افزایش میزان فلزات سنگین در آب‌های سطحی	A12		اثر بر تنوع و تراکم گیاهان آبزی	A35
	انتشار روغن و گریس در آب‌های سطحی	A13	محیط اقتصادی- اجتماعی	بهبود کیفیت زندگی	A36
	افزایش TSS در آب‌های سطحی	A14		بهبود فعالیت‌های اقتصادی	A37
	افزایش TDS در آب‌های سطحی	A15		افزایش اشتغال نیروی کار بومی	A38
	افزایش میزان COD در آب‌های زیر زمینی	A16		تغییرات قیمت اراضی و مستقلات	A39
	افزایش میزان BOD_5 در آب‌های زیر زمینی	A17		توسعه صنایع وابسته	A40
	کاهش میزان DO در آب‌های زیر زمینی	A18		بهبود تسهیلات حمل و نقل	A41
	انتشار ترکیبات نفتی و روغنی در آب‌های زیر زمینی	A19		افزایش خدمات اجتماعی	A42
	افزایش میزان فلزات سنگین در آب‌های زیر زمینی	A20		افزایش میزان خدمات درمانی	A43
	افزایش میزان صوت	A21		اثر بر سلامت کارکنان و ساکنان بومی	A44
	انتشار مواد نفتی و روغنی در خاک	A22		-	-
	افزایش میزان فلزات سنگین در خاک	A23		-	-

جدول (2): الگوی امتیازدهی به شاخص‌های انتخاب شده در مقیاس 9-1

امتیاز	معیارها				
	شدت C_1	دامنه C_2	تداوم C_3	احتمال وقوع C_4	زمان وقوع C_5
1	کم	محدوده بلافصل	موقتی	با احتمال وقوع کمتر از 50 درصد	کوتاه مدت
5	متوسط	محدوده مستقیم	دوره‌ای	با احتمال وقوع بیشتر از 50 درصد	میان مدت
9	زیاد	محدوده غیر مستقیم	دایمی	قطعی	بلند مدت

نتایج اجرای روش TOPSIS

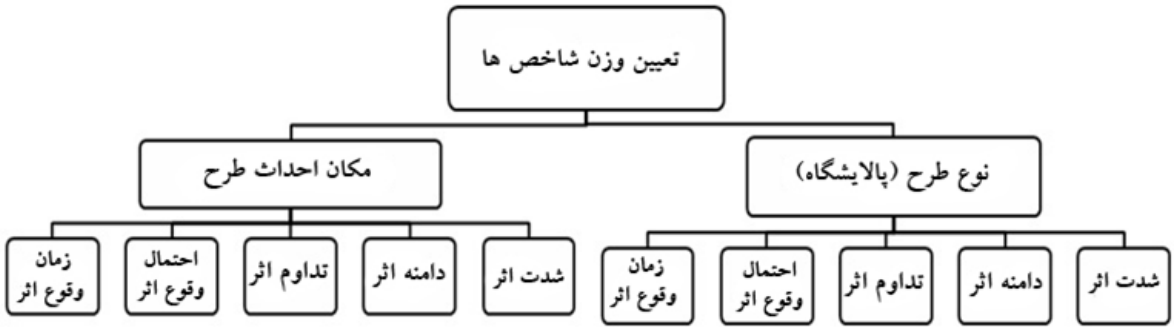
اولین مرحله در TOPSIS، تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. در ردیف‌های این ماتریس گزینه‌ها و در ستون‌ها شاخص‌هایی که گزینه‌ها براساس آنها رتبه‌بندی می‌شوند، قرار دارند. به‌منظور انتخاب شاخص‌های مناسب، شاخص‌های موجود در ارزیابی آثار محیط‌زیستی و میزان تکرار آنها در مراجع ملی و بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفتند. پس از بررسی انواع و میزان تکرار شاخص‌ها و همچنین مطابقت با روش‌های ارزیابی در ایران، پنج شاخص، شدت اثر (C_1)، دامنه اثر (C_2)، تداوم اثر (C_3)، احتمال وقوع اثر (C_4) و زمان وقوع اثر (C_5) برای رتبه‌بندی آثار با استفاده از

مدل TOPSIS، انتخاب شدند. در نهایت ماتریس تصمیم‌گیری با 44 ردیف (اثرات) با حرف A و 5 ستون (شاخص‌ها) با حرف C تشکیل گردید.

از آنجا که لازم است ارزش کلیه شاخص‌ها به صورت کمّی وارد ماتریس تصمیم مدل پیشنهادی شود، در این تحقیق بر اساس روش‌های موجود، مقیاس عددی (9- 1) برای امتیازدهی به شاخص‌ها به شرح جدول (2) تعریف شد. شایان ذکر است در این مطالعه هدف، انتخاب اثری است که بیشترین پیامد منفی یا مثبت را داراست. بنابراین برای آثار مثبت و منفی از مقیاس مثبت استفاده شد، در غیر این صورت رتبه‌بندی به صورت معکوس صورت می‌گرفت. برای نمونه، چنانچه اثری چه مثبت، یا منفی در محدوده مستقیم، موقتی، قطعی و در بلندمدت رخ دهد، به‌ترتیب امتیازهای 5، 1، 9 و 9 را دریافت خواهد کرد. ماهیت آثار پس از رتبه‌بندی آثار دخالت داده شد. پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و بی‌مقیاس‌سازی آن (رابطه 1)، در گام بعد ماتریس بی‌مقیاس موزون تعیین می‌شود. برای به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است که اوزان شاخص‌های تصمیم را محاسبه و در ماتریس بی‌مقیاس شده (r_{ij}) ضرب کرد (رابطه 2). در این پژوهش وزن شاخص‌ها با استفاده از روش AHP محاسبه شد. برای مقایسه و محاسبه اوزان شاخص‌ها، درخت سلسله‌مراتبی ترسیم شد (نمودار 1). در این ساختار، شاخص‌ها از نظر مکان احداث طرح و نوع طرح (پالایشگاه) با هم مقایسه و وزن‌دهی شدند. اوزان شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert choices 2000 محاسبه و با دستور Synthesize این نرم‌افزار ادغام شدند و بدین‌ترتیب اوزان نهایی شاخص‌ها به‌دست آمد (جدول3). ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در جدول (4) ارائه شده‌است. برای ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار عددی هر ستون و برای ایده‌آل منفی کمترین مقدار عددی هر ستون از ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در نظر گرفته شده است (جدول 5).

جدول (3): اوزان نهایی شاخص‌ها به‌منظور رتبه‌بندی آثار

شاخص	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
وزن	0/185	0/315	0/137	0/157	0/256



نمودار (1): ساختار فرایند سلسله مراتبی وزن‌دهی به شاخص‌های تصمیم

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از رابطه‌های (5 و 6) محاسبه شد. در نهایت با تعیین نزدیکی نسبی (C_j^*) هر یک از گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل (رابطه 7)، رتبه‌بندی آثار حاصل از پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان انجام شد که در جدول (6) ارائه شده است.

نتایج حاصل از رتبه‌بندی آثار پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان با استفاده از TOPSIS حاکی از آن است که انتشار روغن و گریس و اثر بر سلامت کارکنان و ساکنان بومی با ماهیت منفی در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند. با توجه به نزدیکی محل احداث پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان به منابع آبی مهم و حساس منطقه (کانال مارِد)، و استفاده از این منابع به عنوان آب شرب ساکنان بومی، راهکارهای کاهش آثار سوء می‌بایست با جدیت انجام گیرند. افزایش میزان COD در آب‌های سطحی، انتشار PM_{10} و افزایش میزان فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی در رتبه‌های سوم تا پنجم قرار دارند. انتشار CO_2 از لحاظ اهمیت آخرین رتبه را کسب کرده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی ارزیابی آثار محیطزیستی، در نظر گرفتن کلیه عوامل محیطزیستی ممکن یک فعالیت، استنتاج نتایج، تصمیم‌سازی و

تصمیم‌گیری در مورد فعالیت اقتصادی است. کاربرد تکنیک‌های چندمعیاره به منظور کمک به تصمیم‌گیری مناسب باید به عنوان اصلی ذاتی در چارچوب ارزیابی آثار محیط‌زیستی مدنظر قرار گیرد.

جدول (4): ماتریس نرمالیزه شده وزین

C_5	C_4	C_3	C_2	C_1		C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
/03900	/02620	/03140	/00890	/03040	A23	/03900	/02620	/03140	/00890	/03040	A1
/03900	/00520	/01740	/04460	/03040	A24	/02170	/02620	/03140	/04460	/03040	A2
/02170	/02620	/01740	/04460	/00600	A25	/02170	/02620	/03140	/04460	/05470	A3
/02170	/02620	/01740	/04460	/03040	A26	/02170	/02620	/01740	/00890	/00600	A4
/02170	/02620	/01740	/04460	/03040	A27	/02170	/02620	/03140	/04460	/03040	A5
/02170	/00520	/01740	/04460	/03040	A28	/02170	/02620	/01740	/00890	/03040	A6
/03900	/02620	/01740	/04460	/03040	A29	/03900	/02620	/03140	/00890	/03040	A7
/02170	/00520	/01740	/04460	/03040	A30	/01430	/02620	/03140	/00890	/03040	A8
/02170	/00520	/01740	/04460	/03040	A31	/02170	/02620	/01740	/08030	/03040	A9
/03900	/02620	/01740	/04460	/03040	A32	/02170	/00520	/01740	/08030	/03040	A10
/02170	/00520	/01740	/04460	/00600	A33	/02170	/00520	/01740	/04460	/03040	A11
/00430	/00520	/01740	/04460	/00600	A34	/03900	/02620	/01740	/04460	/03040	A12
/02170	/00520	/01740	/04460	/03040	A35	/03900	/02620	/03140	/08030	/05470	A13
/03900	/02620	/01740	/04460	/00600	A36	/00430	/02620	/01740	/04460	/00600	A14
/03900	/02620	/03140	/04460	/00600	A37	/00430	/02620	/01740	/04460	/00600	A15
/02170	/04730	/00340	/04460	/03040	A38	/00430	/02620	/01740	/04460	/00600	A16
/00430	/02620	/00340	/04460	/00600	A39	/00430	/02620	/01740	/04460	/00600	A17
/00430	/02620	/00340	/04460	/03040	A40	/00430	/02620	/01740	/04460	/00600	A18
/03900	/02620	/01740	/08030	/00600	A41	/02170	/00520	/01740	/08030	/00600	A19
/02170	/02620	/00340	/04460	/00600	A42	/00430	/02620	/01740	/08030	/03040	A20

0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217 0	/0262 0	/0034 0	/0446 0	/0060 0	A43	/0217 0	/0262 0	/0314 0	/0089 0	/0547 0	A21
/0390 0	/0262 0	/0314 0	/0446 0	/0547 0	A44	/0217 0	/0262 0	/0174 0	/0089 0	/0693 0	A22

جدول (5): ایده‌آل‌های مثبت و منفی حاصل از ماتریس بی‌مقیاس شده وزین

C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
0/039	0/047	0/031	0/080	0/069	A^*
0/004	0/005	0/003	0/009	0/006	A^-

مسائل ذاتی موجود در EIA از جمله انتخاب گزینه‌ها و ارزیابی آثار محیطزیستی، دربردارنده این حقیقیت غیرقابل انکار است که باید آثار محیطزیستی را از دیدگاه چندمعیاره مورد بررسی قرار داد. زیرا هر دو نیازمند توجه به عوامل مختلف هستند و تقریباً غیر ممکن است که این مسائل فقط با در نظر گرفتن معیاری منفرد، مورد ارزیابی قرار گیرد؛ بنابراین تعیین اهمیت و رتبه آثار محیطزیستی در واقع، مسئله‌ای چندمعیاره است و یکی از مهمترین مسائلی است که باید در EIA، چه از نظر تصویب پروژه، یا از نظر تعیین راهکارهای اصلاحی مناسب، حل شود. استفاده از معیارهای کمی و عمومی برای مقایسه و تعیین اهمیت آثار از ارزش ارزیابی می‌کاهد. در این مطالعه از مدل TOPSIS که یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است در رتبه‌بندی آثار پالایشگاه نفت استفاده شد. از جمله مزایای این روش رتبه‌بندی آثار با استفاده از معیارهای متفاوت است. یک روش مناسب باید دارای معیارها و دستورالعمل‌های تعیین و درجه‌بندی شدت، احتمال وقوع و ... باشد که TOPSIS این خصوصیات را

جدول (6): نتایج حاصل از رتبه‌بندی آثار ناشی از پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان

رتبه	C_j^*	D_j^-	D_j^*	ماهیت	اثر	رتبه	C_j^*	D_j^-	D_j^*	ماهیت	اثر
23	0/406	0/048	0/071	-	A28	1	0/795	0/099	0/025	-	A13
24	0/406	0/048	0/071	-	A30	2	0/639	0/077	0/043	-	A44
25	0/406	0/048	0/071	-	A31	3	0/621	0/081	0/049	-	A9
26	0/406	0/048	0/071	-	A35	4	0/603	0/071	0/047	-	A3
27	0/399	0/048	0/072	+	A40	5	0/578	0/079	0/057	-	A20
28	0/395	0/054	0/084	-	A7	6	0/561	0/078	0/061	-	A10
29	0/395	0/054	0/084	-	A1	7	0/550	0/083	0/068	+	A41
30	0/395	0/054	0/084	-	A23	8	0/509	0/060	0/058	-	A12
31	0/373	0/047	0/078	-	A25	9	0/509	0/060	0/058	-	A29
32	0/352	0/044	0/082	+	A42	10	0/509	0/060	0/058	-	A32
33	0/352	0/044	0/082	+	A43	11	0/501	0/062	0/062	+	A38
34	0/341	0/043	0/084	-	A14	12	0/494	0/058	0/059	-	A2
35	0/341	0/043	0/084	-	A15	13	0/494	0/058	0/059	-	A5
36	0/341	0/043	0/084	-	A16	14	0/485	0/074	0/079	-	A19
37	0/341	0/043	0/084	-	A17	15	0/474	0/070	0/077	-	A22
38	0/341	0/043	0/084	-	A18	16	0/464	0/052	0/061	-	A26
39	0/333	0/043	0/087	-	A8	17	0/464	0/052	0/061	-	A27
40	0/326	0/042	0/086	-	A33	18	0/453	0/057	0/068	-	A24
41	0/320	0/041	0/087	+	A39	19	0/445	0/060	0/075	+	A37
42	0/310	0/039	0/086	-	A6	20	0/444	0/062	0/077	-	A21

43	0/294	0/038	0/091	-	A34	21	0/420	0/055	0/076	+	A36
44	0/234	0/030	0/100	-	A4	22	0/406	0/048	0/071	-	A11

دارد. این مدل با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری و ادغام تمام معیارهای مؤثر در رتبه‌بندی آثار روشی ساده و مطمئن است. از دیگر مزایای استفاده از TOPSIS توانایی اولویت‌بندی بی‌نهایت گزینه (اثر) براساس بی‌نهایت شاخص است. شایان ذکر است از جمله نقاط ضعف این مدل سختی انجام محاسبات در هنگام تعدد شاخص‌ها (آثار) است که این مشکل نیز با استفاده از نرم‌افزارهای صفحه‌گسترده قابل حل است. یکی از مشکلات این پژوهش عدم وجود شاخص‌های مناسب و مشخص تعیین اهمیت آثار محیطزیستی و عدم وجود ارزش کمی برای شاخص‌ها در قالب روش‌شناسی مدون و منطقی بود. در نتیجه پیشنهاد می‌شود تا با بررسی مطالعات موردی انجام شده در خصوص ارزیابی آثار محیطزیستی ناشی از اجرای فعالیت‌های توسعه بر محیطزیست، شاخص‌های مناسب(*) برای بیان ویژگی آثار در انواع مختلف پروژه‌های توسعه، تدوین شود و وزن مناسب آنها ارائه شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از کارکنان محترم پالایشگاه نفت آبادان و منتخبان جامعه آماری تحقیق در تکمیل پرسشنامه‌های دلفی، AHP و TOPSIS ابراز می‌دارند.

یادداشت‌ها

1. Environmental impact assessment
2. Multi criteria decision making.
3. Decision makers (DMs)
4. Multi objective decision making
5. Multi attribute decision making
6. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
7. Analytical Hierarchy Process

* به همین خاطر است که این روش‌ها برای ایران هنوز زود است که نتیجه قطعی دهد. سردبیر

فهرست منابع

آذر، ع.؛ رجب زاده، ع. 1387. تصمیم‌گیری کاربردی (رویکرد M.A.D.M). چاپ سوم، تهران: نگاه دانش. 120 ص.

اصغرپور، م ج.1387. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

رودگرمی، پ.؛ خراسانی، ن ا.؛ منوری، س م.؛ نوری، ج. 1386. ارزشیابی گزینه‌های توسعه در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به روش ارزشیابی چندمعیاره مکان‌مند. علوم و تکنولوژی محیطزیست. دوره نهم، شماره 4: 84-73.

خدابخشی، ب.؛ جعفری، ح .1389. کاربرد مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره Electre_TRI در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه منابع آب، مطالعه موردی: سد و شبکه آبیاری- زه‌کشی اردبیل. آب و فاضلاب. شماره 3: 64- 74.

فولادگر، م. 1386. طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) در مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبریز ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران. دانشگاه تربیت مدرس.

مومنی، م. 1387. مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ دوم، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران. 40 ص.

مهندسان مشاور رویان. 1389. مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان. اداره کل سازمان حفاظت محیطزیست استان خوزستان.

Amal K. Ali. 2005. Using the Delphi technique to search for empirical measures of local planning agency power. Qualitative Report, 10: 718- 744.

Coelho, A.; Castro, A.V.; Dezotti, M. & Sant'AnnaJr G. L. 2006. Treatment of petroleum refinery sour water by advanced oxidation processes. Hazard Mater, 137:178–184.

De Loe, R. C. 1995. Exploring complex policy questions using the policy Delphi: A multi-round, interactive survey method. Applied Geography, 15(1): 53-68.

Doggett, T. & Rascoe A. 2009.Global Energy Demand Seen up 44 Percent by 2030.

http://www.reuters.com/articles/GCAGreenBusiness/idUSN2719528620090527 (accessed17.09.09).

Jovanovic, j.; Jovanovic, M.; Jovanovic, A. & Marinovic, V. 2010. Introduction of cleaner production in the tank farm of the Pancevo Oil Refinery, Serbia. Cleaner Production, 18: 791- 798.

Lina, T- Y.; Sreea, U.; Tsenga, S- H.; Chiub Hwa, K.; Wua, C- H. & Loa, J- G. 2004. Volatile organic compound concentrations in ambient air of Kaohsiung petroleum refinery in Taiwan. Atmospheric Environment, 38: 4111– 4122.

Loo, R. 2002. The Delphi Method: a powerful tool for strategic management. Policy Strategies & Management, 25: 762- 769.

Mac, Carthy B- L & Atthirawong, W. 2003. Factors affecting location decisions in international operations a delphi study. Operation & production management, 23: 794- 818.

Miller, M. M. 1993. Enhancing regional analysis with the Delphi method. Review of Regional Studies 23(2): 191-212.

Mrayyana, B. & Battikhi, M. N. 2005. Biodegradation of total organic carbons (TOC) in Jordanian petroleum sludge. Hazard Mater, 120: 127- 134.

Opricovic, S. & Tzeng, G. T. 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. Operational Research, 156: 445- 455.

Rajesh, D.; Sunil, C.; Lalita, R. & Sushila, S. 2009. Impact assessment of soils treated with refinery effluent. Soil Biology, 45: 459- 465.

Saaty, T. L. 1980. The Analytical Hierarchy Process, planning priority, resource Allocation. RWS Publications USA.

Wake, H. 2005. Oil refineries: a review of their ecological impacts on the aquatic environment. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 62: 131- 140.

Wang, Y. M.; Yang, J. B. & Xu, D. L. 2005. Environmental impact assessment using the evidential reasoning approach. Operational Research, 174:1885- 1913.

Woudenberg, F. 1991. An evaluation of Delphi. Technological Forecasting and Social Change, 40(2) : 131-150.

Zanakis, S. H.; Solomon, A.; Wishart, N. & Dublish, S. 1998. Multi- attribute decision making a simulation comparison of selection methods. Operational Research, 107: 507- 529.