

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

رقیه مکوندی^{1*}، بیژن مقصودلو کمالی²، ایرج محمدفام³

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 منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میند

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 به‌عنوان 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

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 نفت خام 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 هوا سپهر 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

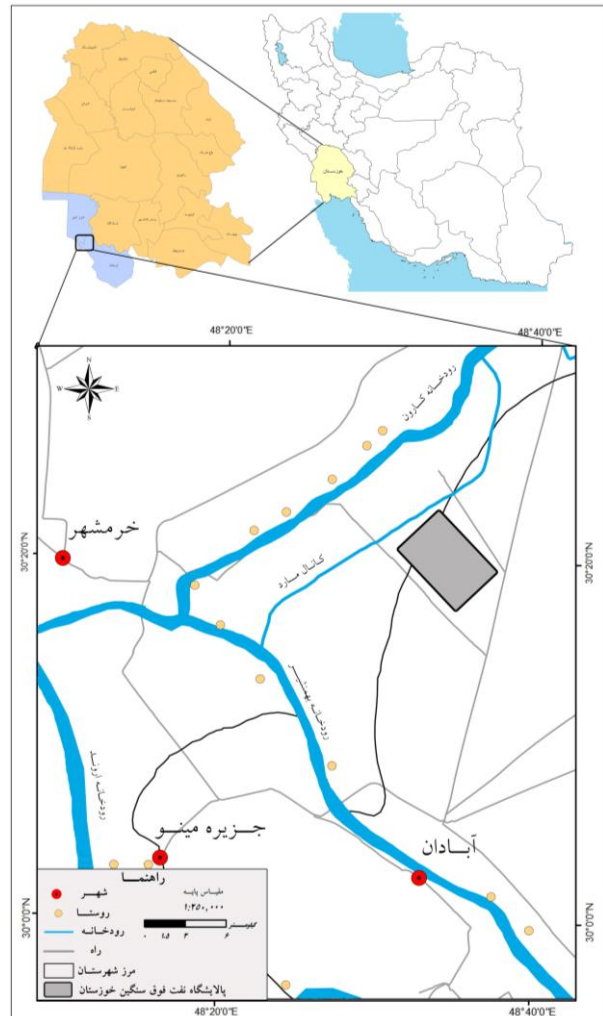
استان خوزستان با مساحتی معادل 64057 کیلومتر مربع در 47 درجه و 38 دقیقه تا 50 درجه و 32 دقیقه طول شرقی و 29 درجه و 57 دقیقه تا 33 درجه و 0 دقیقه عرض شمالی، در جنوب‌غربی ایران واقع شده است. پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان با ظرفیت پالایش روزانه 180000 بشکه نفت خام فوق سنگین و تولید انواع مشتقات نفتی، به‌ویژه بنزین، نفت سفید و دیزل در 7 کیلومتری شمال شهر آبادان، میان شهرستانهای آبادان و خرمشهر واقع شده است. محل فعلی پالایشگاه در منطقه آزاد اروند و در ضلع شرقی کانال مارد 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 مارد است. کانال مارد 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

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 پرسشنامه‌هایی برای جمع‌آوری آرا در میان کارشناسان توزیع می‌شود. مرحله کلیدی در فرایند دلفی، طراحی پرسشنامه است (Mac Carthy and Atthirawong, 2003). پرسشنامه‌ها برای دورهای بعدی، براساس پاسخ‌ها به دور قبل طراحی می‌شوند (Amal, 2005).

با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و در نظر گرفتن پژوهش‌های مرتبط، 130 اثر ناشی از پالایشگاه‌های نفت شناسایی و در قالب پرسشنامه دلفی تدوین شد. به منظور استخراج مهمترین آثار، پرسشنامه‌ها بین گروه تصمیم‌گیری که متشکل از 20 نفر از متخصصان رشته شیمی و محیط‌زیست بود، توزیع شد.

برای دستیابی به هدفی خاص، بیشتر لازم است که تصمیم‌گیرنده⁽³⁾، چندین معیار را توأم با هم مورد ارزیابی قرار داده و گزینه‌های تصمیم را بر طبق معیارها بسنجد. چنین فرایندی تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) نامیده می‌شود (فولادگر، 1386). به‌طور کلی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به دو دسته چندهدفه (MODM)⁽⁴⁾ و چندشاخصه (MADM)⁽⁵⁾ تقسیم می‌شوند (آذر و رجب زاده، 1387). دو دسته عمده از روش‌های مختلف در MADM شامل مدل‌های جبرانی و غیرجبرانی هستند. مدل غیرجبرانی شامل روش‌هایی است که در آنها مبادله بین شاخص‌ها مجاز نیست. مدل جبرانی مشتمل بر روش‌هایی است که اجازه مبادله در بین شاخص‌ها در آنها مجاز است. مدل‌های جبرانی به سه گروه نمره‌گذاری و امتیازدهی، سازشی و هماهنگ تقسیم می‌شوند (اصغرپور، 1387). با توجه به اینکه بین شاخص‌های انتخاب شده برای اولویت‌بندی آثار حاصل از پالایشگاه امکان مبادله وجود دارد؛ مدل مورد نظر باید از مدل‌های جبرانی انتخاب شود. در تحلیل نهایی باید گفت نرخ تبادل جانشینی بین معیارهای انتخاب شده برای اولویت‌بندی آثار واحد نیست، بنابراین این مدل باید از دو زیرگروه سازشی و هماهنگ انتخاب شود. در بین مدل‌های ذکر شده در این دو زیرگروه با توجه به اینکه رضامندی شاخص‌های مورد نظر برای اولویت‌بندی آثار پالایشگاه مورد مطالعه به طور افزایشی، یا کاهش می‌یابد و توجه به قابل فهم و مورد پذیرش بودن مدل برای تصمیم‌گیران، روش نزدیکی به حالت ایده‌آل (TOPSIS)⁽⁶⁾ از زیر گروه سازشی انتخاب شد. در میان هشت روش گروه مدل‌های جبرانی ارزیابی

جنوب‌شرقی است. جهت وزش این باد به سمت شهر آبادان است (مهندسان مشاور رویان، 1389).



شکل (1): موقعیت پالایشگاه نفت مورد مطالعه

روش پژوهش

به‌منظور تعیین مهمترین معیارهای مؤثر (آثار) در ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی پالایشگاه مورد مطالعه در سه محیط فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی اجتماعی از روش دلفی استفاده شده است. دلفی یکی از روش‌های موفق و با سابقه در اتخاذ تصمیم به صورت گروهی است. در این روش مجموعه 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) بر اساس تجربه فردی در مطالعات دلفی، تعداد بهینه شرکت‌کنندگان را در بررسی دلفی به منظور تولید نتایج معتبر به ترتیب 10 تا

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad j=1, \dots, J \quad (5)$$

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

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad j=1, \dots, J \quad (6)$$

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

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-}, \quad j=1, \dots, J \quad (7)$$

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 نحوی که 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 فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی اجتماعی به منظور 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 کمی 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.

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) 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, \dots, A_m) با n شاخص (C_1, C_2, \dots, 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 نرم:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^J f_{ij}^2}} \quad j=1, \dots, J \quad i=1, \dots, n \quad (8)$$

2. تشکیل ماتریس بی‌مقیاس‌موزون (v_{ij}) با ضرب ماتریس

بی‌مقیاس‌شده (r_{ij}) در ماتریس قطری وزن‌ها (w_i):

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \quad j=1, \dots, J \quad i=1, \dots, n \quad (9)$$

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

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

زیر:

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\} \\ = \{(\max_j v_{ij} | i \in I'), (\min_j v_{ij} | i \in I'')\}, \quad (10)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \\ = \{(\min_j v_{ij} | i \in I'), (\max_j v_{ij} | i \in I'')\}, \quad (11)$$

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

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

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

اثر		محیط پذیرنده	اثر		محیط پذیرنده
A24	اثر بر تنوع و تراکم پرندگان بومی	محیط زیست‌زیکی	A1	انتشار H ₂ S	محیط فیزیکوشیمیایی
A25	اثر بر گونه‌های در معرض خطر		A2	انتشار SO ₂	
A26	تخریب زیستگاه آبزیان		A3	انتشار PM ₁₀	
A27	کاهش کیفیت زیستگاه آبزیان		A4	انتشار CO ₂	
A28	اثر بر تراکم و تنوع پرندگان آبزی بومی		A5	انتشار ترکیبات آلی فرار	
A29	اثر بر تراکم و تنوع پلانکتون‌ها		A6	انتشار مرکاپتان	
A30	اثر بر تراکم و تنوع بنتوزها		A7	انتشار بخارهای نفتی	
A31	اثر بر تراکم و تنوع ماکروفتن‌ها		A8	انتشار گازهای بدبو و سمی	
A32	اثر بر تراکم و تنوع ماهی‌ها		A9	افزایش میزان COD در آب‌های سطحی	
A33	اثر بر تراکم و تنوع دوزیستان		A10	افزایش میزان BOD ₅ در آب‌های سطحی	
A34	اثر بر گونه‌های حساس		A11	کاهش میزان DO در آب‌های سطحی	
A35	اثر بر تنوع و تراکم گیاهان آبزی		A12	افزایش میزان فلزات سنگین در آب‌های سطحی	
A36	بهبود کیفیت زندگی		A13	انتشار روغن و گریس در آب‌های سطحی	
A37	بهبود فعالیت‌های اقتصادی		A14	افزایش TSS در آب‌های سطحی	
A38	افزایش اشتغال نیروی کار بومی	A15	افزایش TDS در آب‌های سطحی		
A39	تغییرات قیمت اراضی و مستقالات	A16	افزایش میزان COD در آب‌های زیر زمینی		
A40	توسعه صنایع وابسته	A17	افزایش میزان BOD ₅ در آب‌های زیر زمینی		
A41	بهبود تسهیلات حمل و نقل	A18	کاهش میزان DO در آب‌های زیر زمینی		
A42	افزایش خدمات اجتماعی	A19	انتشار ترکیبات نفتی و روغنی در آب‌های زیر زمینی		
A43	افزایش میزان خدمات درمانی	A20	افزایش میزان فلزات سنگین در آب‌های زیر زمینی		
A44	اثر بر سلامت کارکنان و ساکنان بومی	A21	افزایش میزان صوت		
-	-	A22	انتشار مواد نفتی و روغنی در خاک		
-	-	A23	افزایش میزان فلزات سنگین در خاک		

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

معیارها					امتیاز
زمان وقوع C ₅	احتمال وقوع C ₄	تداوم C ₃	دامنه C ₂	شدت C ₁	
کوتاه مدت	با احتمال وقوع کمتر از 50 درصد	موقتی	محدوده بلافصل	کم	1
میان مدت	با احتمال وقوع بیشتر از 50 درصد	دوره‌ای	محدوده مستقیم	متوسط	5
بلند مدت	قطعی	دایمی	محدوده غیر مستقیم	زیاد	9

نتایج اجرای روش TOPSIS

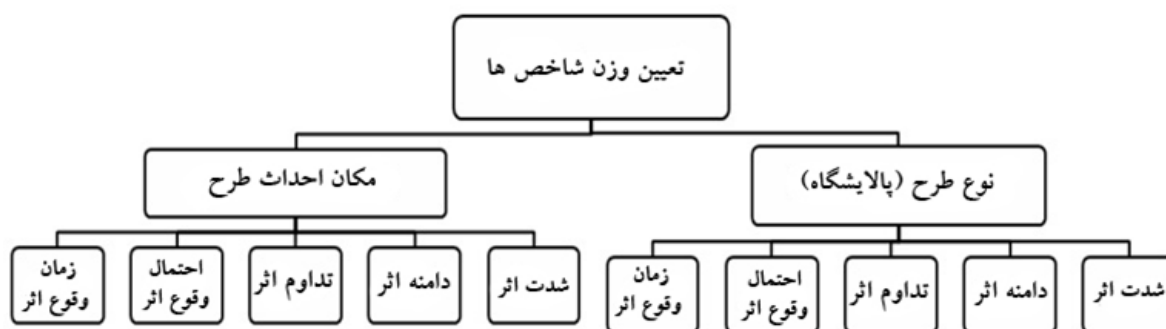
اولین مرحله در TOPSIS، تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. در ردیف‌های این ماتریس گزینه‌ها و در ستون‌ها شاخص‌هایی که گزینه‌ها براساس آنها رتبه‌بندی می‌شوند، قرار دارند. به‌منظور انتخاب شاخص‌های مناسب، شاخص‌های موجود در ارزیابی آثار

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 (C₁)، دامنه اثر (C₂)، تداوم اثر (C₃)، احتمال وقوع اثر (C₄) و زمان وقوع اثر (C₅) برای رتبه‌بندی آثار با استفاده از

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 بدین ترتیب اوزان نهایی شاخص‌ها به دست آمد (جدول 3). ماتریس بی‌مقیاس موزون در جدول (4) ارائه شده است. برای ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار عددی هر ستون و برای ایده‌آل منفی کمترین مقدار عددی هر ستون از ماتریس بی‌مقیاس موزون در نظر گرفته شده است (جدول 5).

جدول (3): اوزان نهایی شاخص‌ها به منظور 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 سلسله‌مراتبی وزن‌دهی به شاخص‌های تصمیم

منابع آبی مهم و حساس منطقه (کانال مارد)، 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 PM₁₀ و افزایش میزان فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی در رتبه‌های سوم تا پنجم قرار دارند. انتشار CO₂ 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

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 کمی 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، به ترتیب 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 به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است که اوزان

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

تصمیم‌گیری در مورد فعالیت اقتصادی است. کاربرد تکنیک‌های اصلی ذاتی در چارچوب ارزیابی آثار محیط‌زیستی مدنظر قرار چندمعیاره به منظور کمک به تصمیم‌گیری مناسب باید به عنوان 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	
/0390	/0262	/0314	/0089	/0304	A23	/0390	/0262	/0314	/0089	/0304	A1
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0390	/0052	/0174	/0446	/0304	A24	/0217	/0262	/0314	/0446	/0304	A2
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0262	/0174	/0446	/0060	A25	/0217	/0262	/0314	/0446	/0547	A3
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0262	/0174	/0446	/0304	A26	/0217	/0262	/0174	/0089	/0060	A4
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0262	/0174	/0446	/0304	A27	/0217	/0262	/0314	/0446	/0304	A5
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0052	/0174	/0446	/0304	A28	/0217	/0262	/0174	/0089	/0304	A6
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0390	/0262	/0174	/0446	/0304	A29	/0390	/0262	/0314	/0089	/0304	A7
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0052	/0174	/0446	/0304	A30	/0143	/0262	/0314	/0089	/0304	A8
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0052	/0174	/0446	/0304	A31	/0217	/0262	/0174	/0803	/0304	A9
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0390	/0262	/0174	/0446	/0304	A32	/0217	/0052	/0174	/0803	/0304	A10
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0052	/0174	/0446	/0060	A33	/0217	/0052	/0174	/0446	/0304	A11
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0043	/0052	/0174	/0446	/0060	A34	/0390	/0262	/0174	/0446	/0304	A12
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0052	/0174	/0446	/0304	A35	/0390	/0262	/0314	/0803	/0547	A13
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0390	/0262	/0174	/0446	/0060	A36	/0043	/0262	/0174	/0446	/0060	A14
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0390	/0262	/0314	/0446	/0060	A37	/0043	/0262	/0174	/0446	/0060	A15
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0473	/0034	/0446	/0304	A38	/0043	/0262	/0174	/0446	/0060	A16
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0043	/0262	/0034	/0446	/0060	A39	/0043	/0262	/0174	/0446	/0060	A17
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0043	/0262	/0034	/0446	/0304	A40	/0043	/0262	/0174	/0446	/0060	A18
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0390	/0262	/0174	/0803	/0060	A41	/0217	/0052	/0174	/0803	/0060	A19
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
/0217	/0262	/0034	/0446	/0060	A42	/0043	/0262	/0174	/0803	/0304	A20
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	

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

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 ⁻

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

مسائل ذاتی موجود در EIA از جمله انتخاب گزینه‌ها و ارزیابی آثار محیط‌زیستی، دربردارنده این حقیقت 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

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

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

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.

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.؛ منوری، س.؛ 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'Anna Jr 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> (accessed 17.09.09).
- 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.