

تجزیه و تحلیل اثرات محیط‌زیستی صنایع پتروشیمی به روش تحلیل سلسله مراتبی

(AHP)

سعید ملامسی^{*۱}

s.malmasi50@gmail.com

سید علی جوزی^۲

سید مسعود منوری^۳

الهه جعفریان مقدم^۴

حامد منوچهری^۵

چکیده

صنایع پتروشیمی با توجه به ماهیت فعالیت‌ها و نیز به واسطه تولید پساب و انتشار گازهای آلاینده، از پتانسیل ایجاد آثار بدی بر محیط زیست برخوردار می‌باشند. در این مطالعه اثرات ناسازگار محیط زیستی صنایع پتروشیمی واقع در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر بررسی گردیده است. با توجه به این‌که عمده صنایع پتروشیمی موجود در این منطقه در مجاورت خورها احداث شده‌اند، آلودگی‌های ناشی از آن‌ها، خورهای اطراف را به‌عنوان مهم‌ترین اکوسیستم‌های دارای تنوع زیستی تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه پس از بررسی نتایج نمونه‌برداری از کیفیت آب و شرایط زیستی خورهای منطقه و بررسی اثرات آلاینده‌ها، جهت تجزیه و تحلیل اثرات از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در نرم افزار Expert Choice استفاده شده است. در این روش وزن دهی معیارها، زیرمعیارها و اولویت بندی گزینه‌ها با استفاده از تکنیک بردار ویژه (Eigenvector) صورت پذیرفته است. همچنین جهت بررسی کیفیت آب خورها و میزان تنوع زیستی آن‌ها، نتایج نمونه برداری از آب، بستر و رسوبات بخش‌های محصور و آزاد خورها مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده و ماهیت فعالیت‌های صنایع پتروشیمی، پنج نوع آلاینده آب شامل فلزات سنگین، مواد روغنی و چربی، COD، TSS، S₂H و چهار نوع آلاینده هوا شامل CO، NO_x، SO_x و ذرات معلق به‌عنوان آلاینده‌های شاخص شناسایی شدند. سپس براساس میزان و نحوه اثرگذاری آن‌ها بر پارامترهای محیط زیستی در ساختار AHP مورد مقایسه و وزن‌دهی گردیدند. نتایج نشان می‌دهد میزان TSS، مواد روغنی و چربی با وزن‌های به‌ترتیب ۰/۳۲۶ و ۰/۲۳۵ مهم‌ترین آلاینده‌های آب به لحاظ میزان آلودگی و آثار بد وارده بر زیستگاه‌های آبی شناسایی گردیدند. همچنین در تاثیرگذاری آلودگی هوا، انتشار آلاینده‌های گازی NO_x و SO_x در اولویت اول اهمیت شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌های آب، آلاینده‌های هوا، اثرات محیط زیستی، صنایع پتروشیمی، آلاینده‌های محیط زیست، روش تحلیل سلسله مراتبی.

*۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال (مسوول مکاتبات).

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.

۴- کارشناس ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۵- دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

مقدمه

بررسی سوابق اجرای پروژه‌های صنایع پتروشیمی نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها بدون توجه به ملاحظات محیط‌زیستی طراحی و بهره‌برداری گردیده‌اند که باعث بروز آلودگی‌های مختلف و تخریب بخش‌های عمده‌ای از منابع طبیعی شده است. لذا بررسی و تجزیه و تحلیل اثرات محیط‌زیستی به منظور شناسایی اثرات مهم و برجسته آلاینده‌های ایجاد شده ناشی از فعالیت‌های فاز بهره‌برداری و ارائه راه‌کارهای منطقی جهت تقلیل اثرات بد و ارتقای کیفیت محیط زیست با هدف اطمینان یافتن از اجرای مناسب و صحیح فعالیت‌های یک صنعت انجام می‌گردد.

در این مطالعه به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل اثرات محیط‌زیستی ناشی از صنایع پتروشیمی مورد مطالعه و اولویت بندی آلودگی‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۱ استفاده گردیده است. مقالات متعددی در مورد نحوه استفاده از این روش در طرح‌ها و پروژه‌های محیط‌زیستی تدوین شده است. در بررسی که با عنوان ارزش‌گذاری محیط‌زیستی نیروگاه‌ها بر اساس مواد منتشره غیر رادیواکتیو توسط Athanasios, I استفاده از این روش انجام شده است. اثرات ناسازگار محیط‌زیستی ناشی از انتشار آلاینده‌های ۱۰ نوع نیروگاه ارزش‌گذاری شده است که در نهایت نیروگاه‌های هسته‌ای، آبی، ژئوترمال و بادی به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب گردیده‌اند (۱). همچنین ارزیابی اثرات اقتصادی-اجتماعی ناشی از احداث یک کارخانه بازیافت در کشور هند توسط Ramanathan, R با استفاده از این روش انجام گردیده است. به این ترتیب که محاسبه وزن معیارها بر اساس نظرسنجی از مردم روستاها و شهرهای همجوار انجام شده و تامین آب به‌عنوان مهم‌ترین مشکل برای افراد شهری و روستایی تعیین گردید (۲). در مقاله‌ای که توسط Julius, S به چاپ رسیده، شاخص‌گذاری کیفیت محیط‌زیستی توسعه سه صنعت بر اساس مسایل اقتصادی-اجتماعی شامل احداث یک کارخانه آلومینیوم، پالایشگاه نفت و توسعه صنایع منطقه‌ای موجود با استفاده از روش فوق‌الذکر انجام

شده است. در نهایت توسعه صنایع منطقه‌ای با کم‌ترین اثرات محیط‌زیستی جهت احداث انتخاب گردیده است (۳).

در این مطالعه، اثرات زیان‌بار ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمی واقع در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر با تاکید بر مجتمع پتروشیمی تندگویان با استفاده از روش فوق تجزیه و تحلیل شده است. این مجتمع به‌عنوان تنها تولیدکننده مواد اولیه پتری‌های PET (پلی اتیلن ترفتالات) در کشور، دارای سیستم تصفیه فاضلاب مستقل از سایر صنایع پتروشیمی می‌باشد. هدف و علت تاسیس واحد تصفیه فاضلاب و ارسال نکردن پساب این مجتمع به پتروشیمی فجر (همانند سایر صنایع پتروشیمی موجود در منطقه ویژه)، وجود فلزات سنگین در پساب (مانند منگنز و کبالت)، COD بالا و حجم زیاد پساب این مجتمع می‌باشد (۴، ۵).

منطقه مورد مطالعه در ساحل خلیج فارس در شهرستان ماهشهر واقع شده و به دلیل استقرار واحدهای صنعتی پتروشیمی همانند یک گلوگاه استراتژیک در مناطق نفت و گاز ایران عمل کرده، دستیابی به منابع نفت و گاز، مواد اولیه و خوراک واحدهای صنعتی را بیش از پیش تسهیل می‌نماید (۵). مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی واقع در این منطقه خورها می‌باشند. وجود مواد مغذی و شرایط مساعد دمایی در خورهای منطقه باعث فراوانی انواع گونه‌های کفزی نظیر پرتاران، تانائیده‌ها، کم‌تاران و ماهیان شده است. همچنین انواع پرندگان آبی و کنار آبی که بسیاری از آن‌ها بومی منطقه می‌باشند و یا هر ساله جهت زمستان‌گذرانی از مناطق سردسیر به این منطقه مهاجرت می‌کنند، حاکی از اهمیت اکولوژیکی خورهای اطراف منطقه مورد مطالعه می‌باشد (۶ و ۷). آلودگی‌های آب به‌وجود آمده در این خورها به‌طور عمده ناشی از تخلیه حجم بسیار زیاد فاضلاب می‌باشد. وجود جزر و مد بالا در این مناطق دامنه گسترش آلاینده‌ها را بسیار افزایش داده و باعث شده است کل منطقه خور موسی و انشعابات آن تحت تاثیر آلاینده‌های ایجاد شده در خور قرار گیرند (۸). لذا با توجه به اهمیت

۱- Analytical Hierarchy process.

شامل برج پروسسی، هیترها، مخزن اسید استیک، Hot Oil و زباله سوزها و بخارات شیمیایی ناشی از حوضچه‌های یکنواخت سازی و راکتور بی هوازی در واحد تصفیه فاضلاب شناسایی شده و نتایج اندازه‌گیریهای موجود از خروجی آن‌ها تفسیر شد.

در نهایت با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده و میزان تاثیر پذیری محیط پذیرنده، ۵ نوع آلاینده آب شامل فلزات سنگین، مواد روغنی و چربی، COD, TSS, H₂S و ۴ نوع آلاینده هوا شامل CO, NO_x, SO_x و ذرات معلق به‌عنوان آلاینده‌های عمده در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه، انتخاب و ارزش‌گذاری گردیدند. به‌منظور اولویت بندی آلاینده‌های شاخص محیط زیستی آب و هوا و بررسی آثار بد محیط‌زیستی ناشی از آن‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. در روش فوق با استفاده از نرم افزار Expert choice وزن نسبی معیارها و زیر معیارها و وزن نهایی گزینه‌ها تعیین گردید. در نهایت آلاینده‌های مورد بررسی بر اساس معیارهای تعیین شده اولویت بندی شده و راهکارهای تقلیل اثرات زیان‌بار محیط زیستی ناشی از آن‌ها ارائه گردید.

تشکیل ساختار سلسله مراتبی^۱: در مرحله نخست، ساختار فرایند سلسله مراتبی با هدف تعیین مهم‌ترین آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از صنایع پتروشیمی تشکیل گردید. در این ساختار دو معیار اصلی اثر بر سلامت و بهداشت افراد و تخریب محیط زیست که هر یک به زیرمعیارهایی طبقه بندی شده‌اند، مورد سنجش قرار گرفت. سپس زیستگاه‌های آبی تحت اثر به چهار منطقه شامل بخش محصور و آزاد خور زنگی، خور موسی و خور جعفری طبقه‌بندی گردیده و نسبت به دو مولفه ارزش اکولوژیکی و آسیب‌پذیری با یکدیگر مقایسه زوجی شدند. در هر یک از زیستگاه‌های تعیین شده، اثر بر کلیه پارامترهای زنده شامل اثر بر تراکم و تنوع گیاهان آبی، ماهیان، جوامع کفزی، پرندگان و اثر بر پارامترهای غیر زنده (فیزیکوشیمیایی) آب وزن‌دهی شدند (نمودار ۱).

در ساختار سلسله مراتبی تعیین مهم‌ترین آلاینده‌های هوا، عمده‌ترین گازهای منتشره در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه،

خورها به‌عنوان یکی از پر تولیدترین اکوسیستم‌های دنیا و فعالیت صنایع پتروشیمی متعدد در این منطقه، شناسایی عوامل تخریب و تعیین نوع آلاینده‌های شاخص این صنایع جهت ارایه راهکارهای تقلیل و یا حذف آثار بد وارده ضروری می‌باشد.

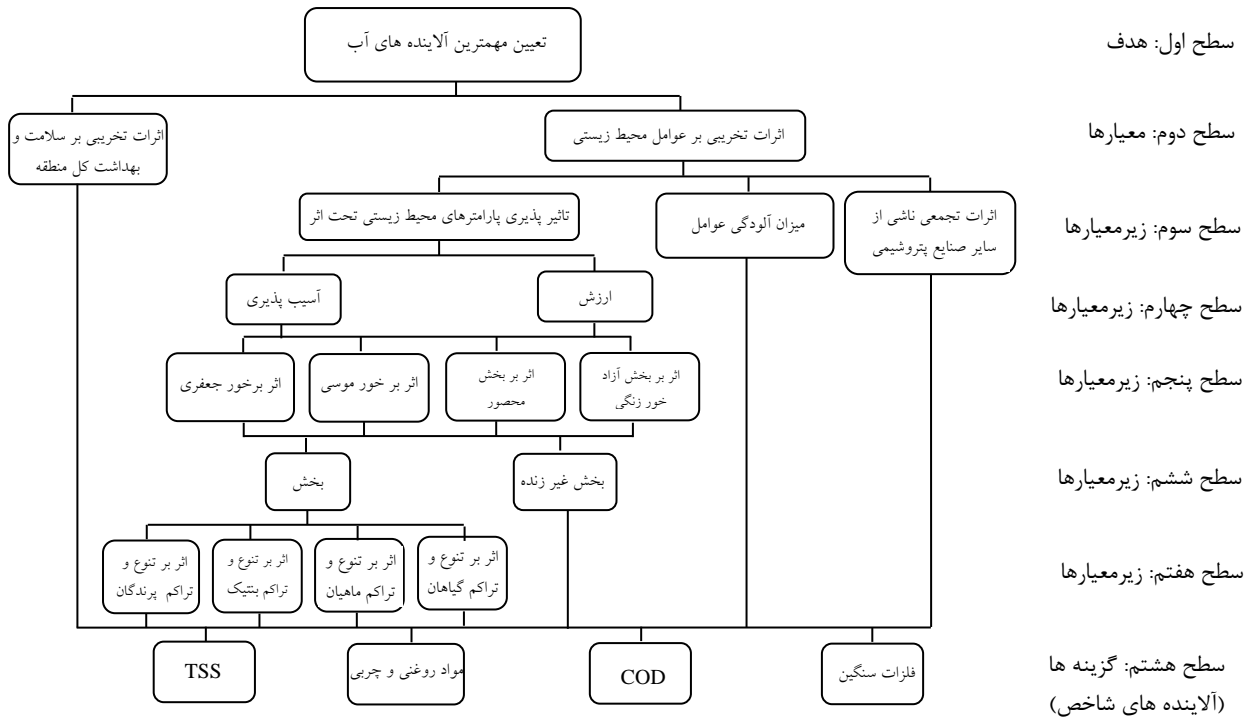
روش بررسی

جهت شناسایی و تجزیه و تحلیل اثرات ناسازگار محیط زیستی ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. به این منظور نخست وضعیت موجود محیط زیست منطقه مورد بررسی قرار گرفت. جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، عملیات میدانی شامل بازدید از منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر و خورهای اطراف صورت گرفت. در ادامه به بررسی آلودگی‌های ناشی از واحدهای مختلف فرایندی در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه پرداخته شد. جهت بررسی میزان آلودگی آب در بخش‌های محصور و آزاد خورها و تعیین میزان تنوع زیستی گونه‌های آبی، نتایج آزمایشات انجام شده از پارامترهای فیزیک و شیمیایی و بیولوژیکی آب خورها که توسط منطقه ویژه ماهشهر انجام شده است، تجزیه و تحلیل گردید. هم‌چنین نتایج اندازه‌گیری‌های موجود از خروجی سیستم تصفیه فاضلاب به خور که توسط مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه انجام شده است، در ۳ دوره اندازه‌گیری به‌صورت سه ماه یک‌بار میانگین‌گیری شده و با استانداردهای محیط زیستی سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه گردید. در بررسی فوق، با توجه به ماهیت فرایندهای واحدهای مختلف در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه و آلاینده‌های شاخص تولید شده در آن‌ها هم‌چنین با در نظر گرفتن استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست، ۸ فاکتور فیزیک و شیمیایی پساب خروجی از سیستم تصفیه فاضلاب مجتمع شامل PO₄, Mg, PH, NH₄, TSS, BOD₅, COD انتخاب گردیده و مورد بررسی قرار گرفته است.

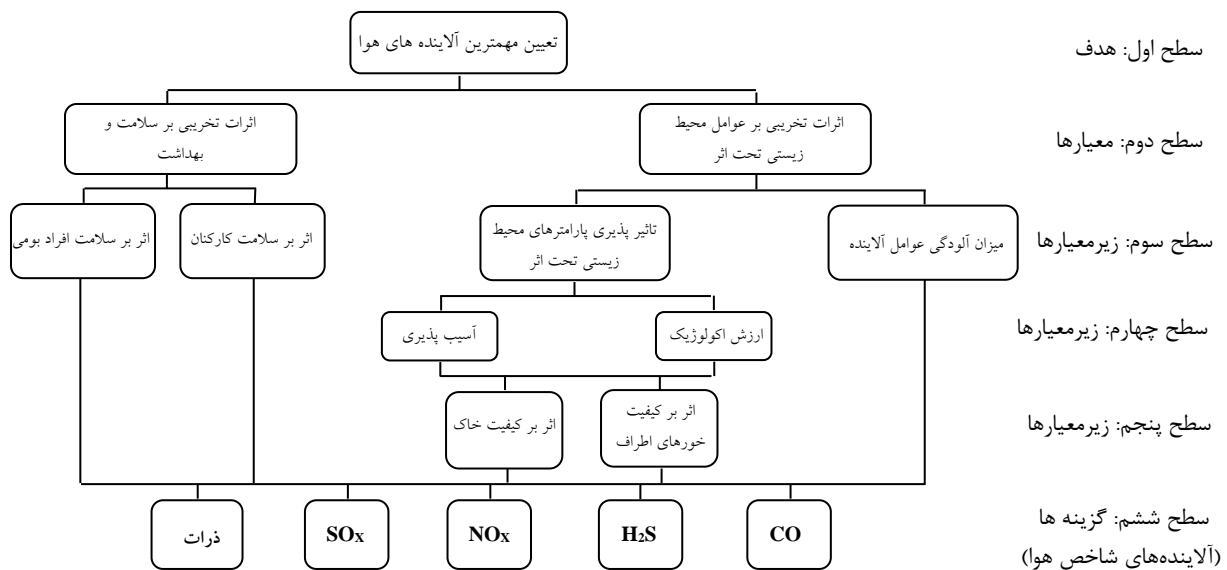
جهت بررسی آلودگی هوا، منابع اصلی تولید آلاینده‌های گازی

اهمیت اثر بر کیفیت این دو زیستگاه از لحاظ ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری امتیازدهی شد. همچنین اثر بر کیفیت هوا در قالب اثر بر سلامت و بهداشت افراد مورد سنجش قرار گرفت (نمودار ۲).

شامل H_2S , CO , SO_x , NO_x و ذرات معلق پودر PTA به- عنوان گزینه جهت مقایسه زوجی در نظر گرفته شدند. با توجه به این که زیستگاه‌های تحت تاثیر آلودگی هوا از طریق ایجاد باران اسیدی شامل خاک منطقه و خورهای اطراف می‌باشد، لذا



نمودار ۱- ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهم ترین آلاینده های آب (۱)



نمودار ۲- ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهم ترین آلاینده های هوا (۱۰)

دستگاه معادلات فوق به صورت $A.W = \lambda.W$ می‌باشد که همان ماتریس مقایسه زوجی $\{A = [a_{ij}]\}$ و W بردار وزن و λ یک اسکالر (عدد) است. برای هر ماتریس A ، دترمینان ماتریس $(A - \lambda.I)$ را محاسبه کرده و آن را مساوی صفر قرار داده و مقادیر λ محاسبه شد (۱۲ و ۱۳). بزرگ‌ترین λ را در رابطه $(A - \lambda_{\max} I) = 0$ قرار داده و مقادیر وزن نسبی (W_i) ها برای هر یک از معیارها و وزن نهایی گزینه‌ها محاسبه گردید. هر گزینه‌ای که مقدار بیش‌تری کسب نماید، دارای اثرات ناسازگار محیط زیستی بیش‌تری بوده و به‌کارگیری روش‌های کنترلی در جهت کاهش یا رفع آن دارای اهمیت بیش‌تری می‌باشد.

یافته‌ها

محدوده مورد مطالعه کل منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر و خورهای اطراف آن را در بر می‌گیرد. نزدیک‌ترین مراکز جمعیتی به محل استقرار صنایع پتروشیمی، سربندر و بندر ماهشهر می‌باشد. در شکل (۱) تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.

بر اساس مطالعات انجام شده اقلیم منطقه گرم و خشک می‌باشد. حداکثر بارندگی در منطقه در دی‌ماه و معادل ۵۰/۸ میلی‌متر و حداکثر درجه حرارت در تیرماه برابر با ۳۶/۷ درجه سانتی‌گراد و حداکثر تبخیر فصلی در تابستان به میزان ۴۰/۲۶ درصد است. جهت وزش باد غالب به سمت شمال غرب است. خاک منطقه شور و سدیمی بوده و دارای کیفیت زیستی چندانی نمی‌باشد. پوشش گیاهی خشکی به‌واسطه احداث صنایع پتروشیمی در منطقه از بین رفته است و حیات وحش خشکی زی محدود به جانوران متعلق به رده خزندگان و پستانداران کوچک جثه نظیر جوندگان می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در دشت خلف‌آباد - شادگان واقع شده است.

$$W_i = 1/\lambda^n \sum a_{ij} w_j$$

وزن‌دهی^۱: برای اولویت بندی بین معیارهای مختلف در ارزش-یابی گزینه‌ها، به معیارها وزنی اختصاص داده می‌شود. در این تحقیق به هر یک از معیارهای انتخابی و زیرمعیارها به روش مقایسه جفت^۲ وزنی داده شد تا به‌دین ترتیب اولویت بندی و یا اهمیت بیش‌تری به هر گزینه (آلاینده های محیط زیستی) تعلق گیرد. روش مقایسه جفت، مقایسات کیفی را به وزن‌های کمی برای تمامی عوامل تبدیل می‌کند (۹ و ۱۰). در جدول ۱ مقادیر ترجیح برای روش مقایسه زوجی ارایه شده است.

جدول ۱- مقادیر ترجیح برای روش مقایسه زوجی (۱۱)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	Extremely) (Preferred	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر
۷	Very strongly) (Preferred	ترجیح یا اهمیت خیلی قوی
۵	Strongly) (Preferred	ترجیح یا اهمیت قوی
۳	Moderately) (Preferred	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر
۱	Equally) (Preferred	ترجیح یا اهمیت یکسان
۸، ۶، ۴، ۲	-	ترجیحات بین فواصل فوق

در این روش، وزن معیارها (W_i) به گونه ای تعیین می‌شوند که روابط زیر صادق باشند:

$$a_{11} W_1 + a_{12} W_2 + \dots + a_{1n} W_n = \lambda . W_1$$

$$a_{21} W_1 + a_{22} W_2 + \dots + a_{2n} W_n = \lambda . W_2$$

$$a_{n1} W_1 + a_{n2} W_2 + \dots + a_{nn} W_n = \lambda . W_n$$

در معادله زیر، a_{ij} ترجیح عنصر i ام بر j ام است و W_i نیز وزن عنصر i ام و λ یک عدد ثابت می‌باشد. در این روش وزن عنصر i ام (یعنی W_i) طبق تعریف بالا برابر است با:

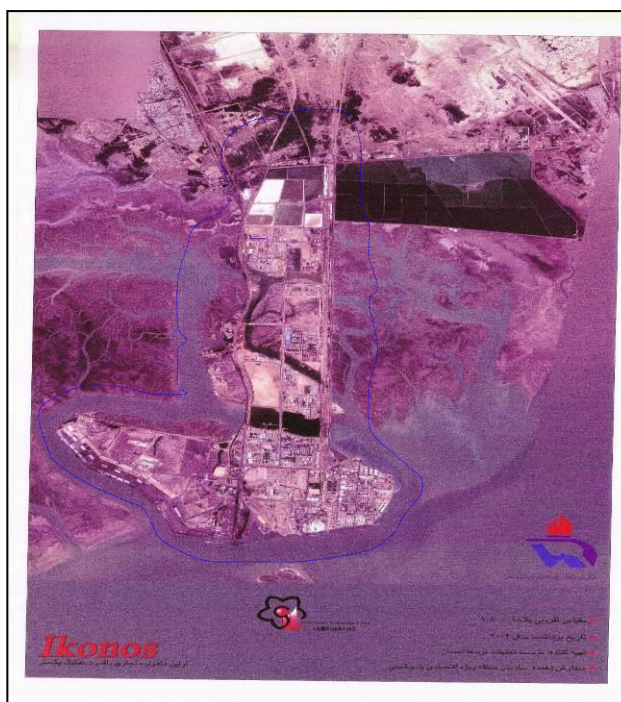
$$i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1$$

۱- Weigh

۲-Pair Wise Comparison

می‌شوند. بیش‌ترین درصد فراوانی جانداران کفزی در این زیستگاه‌ها به صورت عمده متعلق به خانواده ناجورپایان، پرتاران و کوبه پودها می‌باشد. همچنین این مناطق زیستگاه مناسبی برای انواع پرندگان بومی و مهاجر دارای ارزش حفاظتی نظیر پلیکان پا خاکستری، کفچه نوک، انواع حوایلها و اگرت‌ها می‌باشد. از طرف دیگر، خورها حد فاصل خشکی و دریا بوده و به شدت تحت تأثیر مواد ورودی آن‌ها و روانابها و همچنین وجود شرایط سخت و نامساعد محیطی قرار دارند (۶-۸).

عمق آب زیرزمینی در منطقه به‌طور متوسط ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. مهم‌ترین منابع آب‌های سطحی در منطقه مورد مطالعه خورهای اطراف می‌باشند. بخش‌هایی از خورها که با صنایع پتروشیمی موجود در منطقه فاصله زیادی دارند به‌ویژه شاخه اصلی خور موسی محل تولید مثل و رشد انواع آبزیان به‌خصوص ماهیان و سخت پوستان بوده و پناهگاه‌هایی مناسب جهت توقف و یا تردد شناورهای صیادی می‌باشند. میگوی سفید، میگوی خنجری، شبه شوریده، شوریده، حلوا سفید، ساردین و راشگو از جمله آبزیان موجود در خورهای ماهشهر محسوب



شکل ۱- تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه

از طرفی بالا بودن غلظت گازهای خروجی از دودکش‌ها و تجهیزات نظیر SO_x ، NO_x و H_2S از طریق ایجاد باران اسیدی با افزایش اسیدیته آب به‌طور غیر مستقیم بر کیفیت خورهای منطقه و زیست آبزیان موجود در آن‌ها تأثیرات بد قابل توجهی دارد (۴). همچنین انتشار آلاینده‌های گازی موجب کاهش کیفیت هوا و در بعضی موارد ایجاد اختلالات تنفسی در کارکنان مستقر در این صنایع گردیده است. بنابراین آلودگی هوا در اولویت دوم اهمیت به لحاظ اثرگذاری بر محیط زیست منطقه شناسایی گردید.

از آنجایی که خورها حد فاصل خشکی و دریا بوده و از مناطق جزر و مدی محسوب می‌شوند، به هنگام جزر آلودگی را به آب‌های اطراف انتقال می‌دهند. اندازه‌گیری‌های انجام شده از کیفیت آب در بخش محصور و بخش آزاد خور زنگی و خور جعفری که از جمله نزدیک‌ترین خورها به صنایع پتروشیمی موجود در این منطقه می‌باشند، حاکی از آلودگی آن‌ها به مواد شیمیایی و ترکیبات نفتی ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمی است. بنابراین آلودگی آب از مهم‌ترین آلودگی‌های صنایع پتروشیمی در منطقه مطالعاتی شناخته شد.

افراد بومی با توجه به فاصله زیاد مراکز مسکونی از منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر بسیار ناچیز می‌باشد. به‌علاوه سیستم‌های کنترلی واحدهای فرایندی به‌طور عمده از طریق اتاق کنترل صورت می‌گیرد و نیازی به حضور مستمر پرسنل در این واحدها نمی‌باشد. بنابراین اثرات بد آلودگی صوتی ناشی از واحدهای فرایندی بر سلامتی کارکنان دارای شدت کم می‌باشد.

اولویت‌بندی مهم‌ترین آلاینده‌های آب:

در مقایسه زوجی سه معیار در نظر گرفته شده در تخریب محیط زیست آبی، اثرات تجمعی آلاینده‌های آب ناشی از کل صنایع پتروشیمی موجود در منطقه مطالعاتی با وزن ۰/۵۴۰ در اولویت و اهمیت اول می‌باشد. مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه مجهز به سیستم تصفیه فاضلاب مستقل بوده و نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان می‌دهد که در مواردی خروجی سیستم‌های تصفیه فاضلاب این مجتمع به خورهای اطراف دارای مقادیر بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی می‌باشد (جدول ۲). بنابراین معیار میزان آلودگی عوامل آلاینده ناشی از این مجتمع با وزن ۰/۱۶۳ کم‌ترین سهم را در تخریب محیط زیست منطقه ایفا می‌کند.

در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه مدیریت پسماندها تدوین شده و فهرست پسماندها و نحوه دفع آن‌ها تعیین گردیده است. مواد زاید جامد در این مجتمع شامل خاکستر زباله سوز، لجن واحد تصفیه، ضایعات کاتالیستی و پسماندهای بهداشتی می‌باشد. حجم عمده‌ای از لجن‌های واحد تصفیه در کوره‌های زباله‌سوز موجود در این مجتمع سوزانده می‌شود. بخشی از آن نیز در مکانی واقع در جاده سربندر-آبادان که مورد تایید اداره کل محیط زیست خوزستان می‌باشد، دفن می‌شود. ضایعات کاتالیستی غیر قابل فروش و بازیافت، در کوره‌های زباله سوز سوزانده می‌شود. خاکستر زباله سوز نیز به دلیل دارا بودن پالادیوم به شرکت سازنده فروخته می‌شود و در صورت عدم فروش دفن می‌گردد. بنابراین اثرات محیط زیستی ناشی از آلودگی پسماندها بر محیط تحت اثر کم می‌باشد (۱۴).

اثرات بد ناشی از آلودگی صدا در سایت پتروشیمی نیز به طور معمول در بحث سلامت و بهداشت افراد ساکن در منطقه و کارکنان صنایع مطرح بوده و در اولویت آخر قرار گرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده، اثرات زیان‌بار ناشی از آلودگی صوتی صنایع پتروشیمی از جمله مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه بر

جدول ۲- میانگین غلظت فاکتورهای بالاتر از حد استاندارد در سه دوره اندازه‌گیری از خروجی سیستم تصفیه فاضلاب

مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه (۴، ۵ و ۱۵)

مقادیر استاندارد تخلیه به آبهای سطحی	میزان غلظت (mg/l)					فاکتورهای فیزیکوشیمیایی
	خروجی شماره ۱۴	خروجی شماره ۱۳	خروجی شماره ۱۲	خروجی تصفیه خانه	خروجی شماره ۲	
۳۰				۲۷۵	۱۲۰	BOD5
۶۰	۱۹۲/۲۶	۴۰۶/۸۶		۵۳۷/۰۶	۴۸۶/۲۳	COD
۱۰					۳۲	Oil & Grease
۴۰			۲۹۰	۷۶۰	۸۵۶	TSS
۲/۵			۴/۴		۳/۳	NH4
۱۰۰			۱۳۲/۴۸			Mg
۶/۵-۸/۵	۸/۸	۸/۶	۸/۷۴	۸/۹		pH
۶	۸/۴۶					PO4

و تقریباً بستر خورهای محصور خالی از هر نوع موجود زنده و ماکروبتوز می‌باشد. هم‌چنین نتایج تحقیقات نشان داد با افزایش فاصله از مناطق محصور به سمت بخش آزاد خور زنگی بر تراکم و تنوع ماکروبتوزها افزوده می‌شود (۱۶). لذا در ماتریس نمره دهی، به بخش محصور خورها کم‌ترین امتیاز از لحاظ ارزش اکولوژیکی داده شد.

در مقایسه زوجی خورها بر اساس آسیب‌پذیری، خور زنگی به عنوان نزدیک‌ترین خور به مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه بیش‌تر در معرض آلاینده‌های ناشی از مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه بوده و دارای آسیب‌پذیری بیش‌تر می‌باشد. شاخه اصلی خور موسی نسبت به سایر زیستگاه‌های آبی، کم‌تر در معرض آلاینده‌های ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمی قرار گرفته و دارای کم‌ترین آسیب‌پذیری می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری از کیفیت آب بخش‌های آزاد و محصور خور زنگی و جعفری نشان می‌دهد بخش‌های محصور این دو خور نسبت به بخش‌های آزاد نسبت به آلودگی آسیب پذیرتر می‌باشند (جدول ۳). هم‌چنین نتایج نمونه برداری‌های انجام شده توسط منوچهری (۱۳۸۷) از کیفیت آب خورها نشان می‌دهد میزان PH، COD در مناطق محصور که نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به مجتمع پتروشیمی تندگویان می‌باشند، بالاتر از سایر مکان‌های خارج از مناطق محصور بوده است. لذا در ماتریس مقایسه خورها بر اساس آسیب‌پذیری، بخش‌های محصور خورها وزن بالاتری داده شد.

مقایسه خورها بر اساس دو معیار ارزش اکولوژیکی و آسیب‌پذیری نشان می‌دهد خور موسی دارای بالاترین ارزش اکولوژیکی و تنوع و تراکم گونه‌ای می‌باشد.

در بررسی‌های مشابه در خوریات موسی، در سال ۱۳۷۸، در مجموع ۱۲ گروه ماکروبتوز شناسایی و جداسازی شدند که بیش‌ترین درصد فراوانی به ترتیب مربوط به ناجورپایان (۴۳/۱ درصد)، پرتاران (۴۱/۶ درصد)، کویه پودا (۳/۵ درصد) و تانائیدها (۳/۱ درصد) نسبت به کل جمعیت ماکروبتوزها بوده و بیش‌ترین فراوانی ماکروبتوزها در فروردین ماه، ۱۷۷۰۷ و کم‌ترین فراوانی در مهرماه $2407 n/m^2$ بود. در این بررسی ۲۸ خانواده از پرتاران شناسایی شدند (۷).

به دلیل عدم ارتباط بخش محصور خور زنگی و جعفری با آب‌های اطراف، جریان طبیعی گردش آب و جزر و مد در آن تا حدی مختل شده است. هم‌چنین بر اساس نتایج نمونه برداری‌های انجام شده از رسوب و بستر این خورها، تخلیه آلاینده‌های ناشی از صنایع پتروشیمی باعث گردیده که گونه‌های آبی در آن محدود به جوامع فقیر کفزی به تعداد بسیار اندک گردد. تراکم و تنوع ماکروبتوزها در مناطق محصور خور زنگی به شدت تحت تاثیر ورود آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند به طوری که عدد شاخص تنوع (H) به ۱ بسیار نزدیک بوده و تراکم ماکروبتوزها در این نواحی نیز میانگین ۲۵۲ عدد در متر مربع به دست آمده است که بیش‌تر شامل لارو حشرات آب شیرین بوده و این تعداد کم نیز در حاشیه خورها به دست آمده

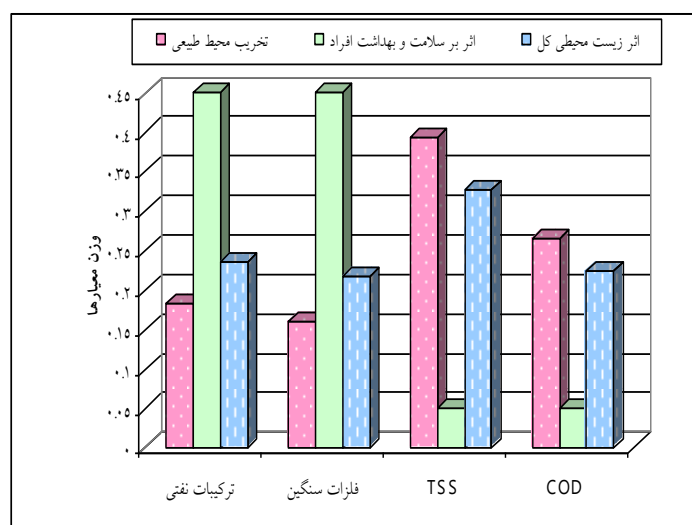
جدول ۳- میانگین پارامترهای کیفیت آب در خور زنگی و خور جعفری (۶)

مکان نمونه برداری	دما (°C)	PH	EC (ms/cm)	کدورت (NIU)	چگالی (gr/cm^3)	TDS (gr/l)	Cl- (mg/l)	قلیائیت کل (mg/l)	OH- (mg/l)	COD (mg/l)	T.B.C (Mor/cc)
بخش محصور خور زنگی	۲۱/۸	۹/۲۵	۱۶۰/۸	۴۷/۸	۱/۲۷۲۴	۴۵۹/۵	۲۰۶۰۳۶	۱۳۱۷/۱	۰/۲۸	۲۸۰۲	≤۲۰
بخش آزاد خور زنگی	۲۲/۵	۸/۴	۶۸/۱۲	۲۹/۴	۱/۰۲۵۹	۵۵/۰۴	۲۷۹۶۹	۱۵۱/۱۶	۰/۰۴	۱۹۷	۲۴۵
بخش محصور خور جعفری	۲۶/۹	۸/۸	۱۵۱/۷	۱۵/۸	۱/۲۷۲۸	۴۵۳	۱۹۴۸۶۶	۱۱۴۵/۵	۰/۱۱	۲۵۴۶	≤۳۰
بخش آزاد خور جعفری	۲۲/۳	۸/۴	۶۷/۵۸	۲۵/۸	۱/۰۳۴۸	۵۶/۲۰	۲۷۷۶۷	۱۵۲/۰	۰/۰۴	۸۲	۱۰۰

محیط زیست مشخص شده است. طبق نتایج اندازه‌گیری از خروجی پساب سیستم تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه، میانگین غلظت TSS ($3132/13$ ppm) در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری بیش‌تر از سایر آلاینده‌ها بوده و با وزن $0/560$ در اولویت اول نمره‌دهی شد. میانگین غلظت COD معادل $282/55$ ppm، غلظت مواد روغنی و چربی، فلزات سنگین به ترتیب با میانگین 8 ppm و $0/48$ در اولویت‌های بعدی نمره‌دهی گردیدند. در نمودار ۳ سهم هر یک از آلاینده‌های آب در تخریب محیط زیستی نشان داده شده است.

در ماتریس‌های اثر آلاینده‌های آب بر آبریزان موجود در خورها، فلزات سنگین و ترکیبات نفتی با توجه به نحوه اثرات وارده و انواع اختلالات ایجادکننده در آن‌ها، در اولویت‌های اول تا دوم و اثرات ناشی از TSS در اولویت سوم نمره دهی شدند.

همچنین اثرات ناشی از افزایش COD که به‌طور غیر مستقیم با ایجاد کاهش در میزان اکسیژن محلول در آب باعث تنزل کیفیت زیستی آبریزان می‌شود، در اولویت آخر قرار گرفت. در مقایسه زوجی آلاینده‌ها نسبت به میزان آلودگی عوامل آلاینده، میانگین غلظت آلاینده‌ها با استانداردهای سازمان محیط زیست مقایسه گردیده و سهم این عامل در تخریب



نمودار ۳- سهم آلاینده‌های آب در تخریب محیط زیستی

خورهای موجود در منطقه با وزن $0/889$ دارای ارزش اکولوژیکی بالاتر بوده و به دلیل در معرض بودن آن‌ها نسبت به آلاینده‌های هوا دارای آسیب پذیری بیش‌تر با وزن $0/900$ هستند. خاک منطقه شامل اراضی شور و پست می‌باشد که ارزش زیستی خود را از دست داده و دارای حساسیت اکولوژیکی (وزن $0/111$) و آسیب پذیری کم (وزن $0/100$) نسبت به آلاینده‌های هوا بوده و در اولویت دوم (آخر) قرار گرفت.

در ماتریس مقایسه زوجی اثر آلاینده‌های هوا بر خورهای اطراف و زیستگاه‌های خشکی منطقه مطالعاتی، اثر گازهای آلاینده دارای ترکیبات گوگرددار شامل SO_x و H_2S با وزن یکسان

اولویت بندی مهم‌ترین آلاینده‌های هوا :

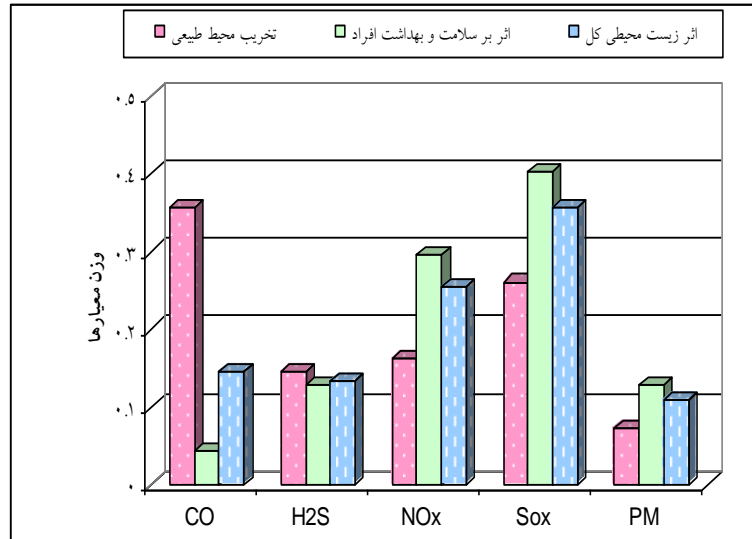
در ماتریس وزن‌دهی اثرات ناشی از آلاینده‌های هوا، اثر گازهای منتشره بر کیفیت هوا و به تبع آن ایجاد اختلالات و امراض تنفسی در افراد، با اهمیت بالاتری نسبت به اثرات تخریبی بر عوامل اکولوژیکی نمره‌دهی شد. از آنجایی‌که با افزایش بار آلودگی عوامل آلاینده، تاثیر پذیری محیط نسبت به آلاینده‌ها بیش‌تر می‌شود، لذا دو معیار میزان آلودگی عوامل آلاینده و تاثیر پذیری پارامترهای محیط زیستی تحت اثر، دارای امتیاز یکسان فرض شدند.

در ماتریس مقایسه زوجی اثر بر کیفیت خاک منطقه و خورهای اطراف از لحاظ ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری با یکدیگر،

ppm در اولویت دوم تا سوم انتخاب شد. گاز H_2S نیز با میانگین $10/4$ ppm در اولویت آخر آب وزن $0/039$ قرار گرفت.

در ماتریس مقایسه زوجی اثر آلاینده‌های هوا بر بهداشت و سلامت افراد، با مقایسه مقادیر استاندارد مواجهه افراد با گازها و ذرات معلق تولیدی از پتروشیمی مورد نظر در ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار در هفته به طوری که تماس مستمر و روز به روز با این مقدار در کلیه کارگران باعث ایجاد عارضه نامطلوب نگردد (۱۷)، مشخص گردید که SO_x دارای کم‌ترین مقدار استاندارد و در نتیجه بالاترین اثر بر سلامت و بهداشت کارکنان و افراد بومی منطقه با وزن $0/403$ می‌باشد. همچنین NO_x در اولویت دوم اثر بر سلامت کل افراد می‌باشد. با توجه به این که میزان استاندارد پودر PTA با H_2S برابر است، در ماتریس اثرات مربوطه دارای اولویت یکسان فرض شدند و در نهایت گاز CO در اولویت آخر می‌باشد. سهم آلاینده‌های هوا در تخریب محیط زیستی نمودار ۴ آورده شده است.

$0/366$ بر پارامترهای زیست محیطی به دلیل ایجاد باران اسیدی و کاهش PH، دارای بیش‌ترین اهمیت شناخته شد. اثرات پراکنش ذرات معلق در هوا بر اکوسیستم آبی و خشکی منطقه نیز در اولویت آخر اهمیت نمره‌دهی گردید. ماتریس میزان آلودگی عوامل آلاینده با استفاده از میانگین-گیری از میزان غلظت آلاینده‌های منتشره از خروجی دودکش-ها در سه دوره اندازه‌گیری امتیازدهی شد. بر این اساس میزان انتشار آلاینده‌های مختلف شامل CO_2 , SO_x , NO_x , NO_2 , NO و هیدروکربن‌های گازی که به طور عمده از واحدهای فرایندی مجتمع انتشار می‌یابند، کم‌تر از حد استاندارد می‌باشد. تنها مورد انتشار در برخی موارد، گاز CO از زباله سوز فاز ۱، فلر فاز ۲، فلر واحد CF، بخش HTM (Hiter 5006) می‌باشد. میانگین غلظت CO از خروجی دودکش‌های مجتمع مورد مطالعه در سه دوره اندازه‌گیری $877/24$ ppm بوده و در اولویت اول با وزن $0/564$ نمره‌دهی شد. همچنین میانگین غلظت NO_x ، ذرات معلق، Sox بترتیب معادل $51/9$ ، $36/66$



نمودار ۴- سهم آلاینده‌های هوا در تخریب محیط زیستی

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی اوزان شاخص‌های آلاینده آب نشان می‌دهد TSS با وزن $0/326$ مهم‌ترین آلاینده آب ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه و سایر صنایع پتروشیمی می‌باشد. همچنین ترکیبات نفتی با وزن $0/235$ در اولویت دوم اهمیت به لحاظ

بر اساس نمره دهی ماتریس‌ها و مقایسه زوجی معیارهای مربوط به هر سطح نسبت به معیارهای هم سطح و سطوح بالایی، وزن‌دهی گزینه‌ها نسبت به هدف انجام شده و اولویت-بندی نهایی برای آن‌ها صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده از

یوتیلیتی و تصفیه خانه فجر .

- ممانعت قطع و یا محدود کردن ارتباط بخش محصور

خور زنگی با آب‌های اطراف.

جهت کاهش میزان غلظت SOx، پایش مداوم و دوره‌ای خروجی Stack ها، استفاده از اسکرابر، حذف ترکیبات گوگردی از سوخت پیشنهاد می‌گردد. همچنین کنترل دمای احتراق، تزریق بخار و آب به سیستم به اندازه کافی، تا حد ممکن انجام احتراق با هوای کم، بازچرخش گاز تولیدی ناشی از احتراق و اجرای برنامه تعمیر و نگهداری دوره‌ای سیستم‌های فرایندی از راهکارهای قابل اجرا به منظور کاهش میزان غلظت NOx به‌شمار می‌آید.

اثرگذاری بر عوامل محیط زیستی قرار گرفت. COD و فلزات سنگین به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۲۳ و ۰/۲۱۷ دارای اولویت سوم و چهارم می‌باشند. در اولویت بندی آلاینده‌های هوا، گاز SOx با وزن ۰/۳۵۸ و NOx با وزن ۰/۲۵۴ مهم‌ترین آلاینده‌های هوا ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه شناخته شده و در اولویت اول و دوم قرار دارند. پس از آن گازهای H2S، CO و ذرات معلق به ترتیب دارای اولویت سوم تا پنجم می‌باشند. اولویت‌بندی شاخص‌های آلاینده آب و هوا ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه در نرم افزار Expert Choice (EC) در شکل‌های شماره (۲ و ۳) ارائه شده است. جهت حذف و یا تقلیل اثرات ناسازگار ناشی از میزان غلظت بالای TSS و انتشار ترکیبات نفتی وارده بر محیط پذیرنده راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردند:

- اصلاح و یا اضافه نمودن حوضچه‌های ته‌نشینی با در نظر

گرفتن حجم بالای پساب ورودی و میزان غلظت

مواد جامد معلق.

- افزایش زمان ماند پساب در حوضچه‌ها.

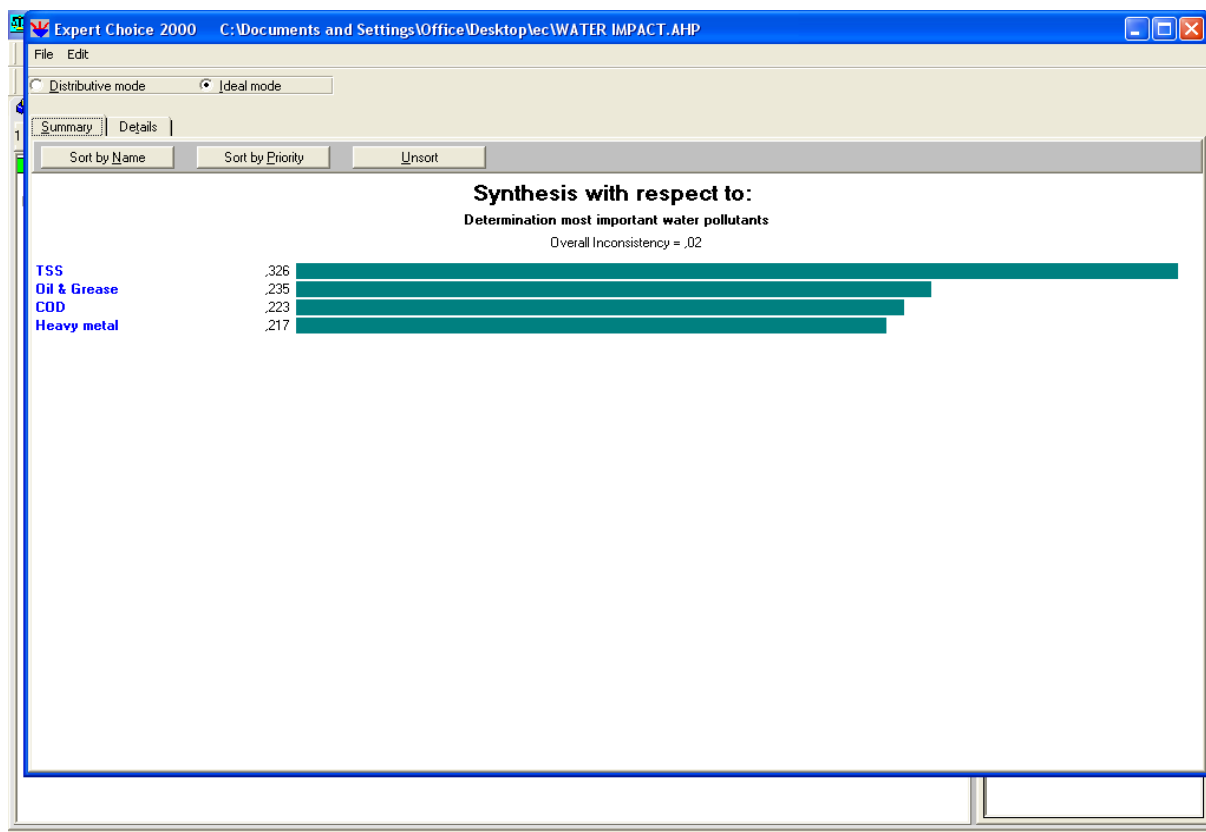
- رفع نقص و اصلاح سیستم تصفیه فاضلاب .

- اجرای برنامه‌های کنترلی و پایش ادواری در فواصل

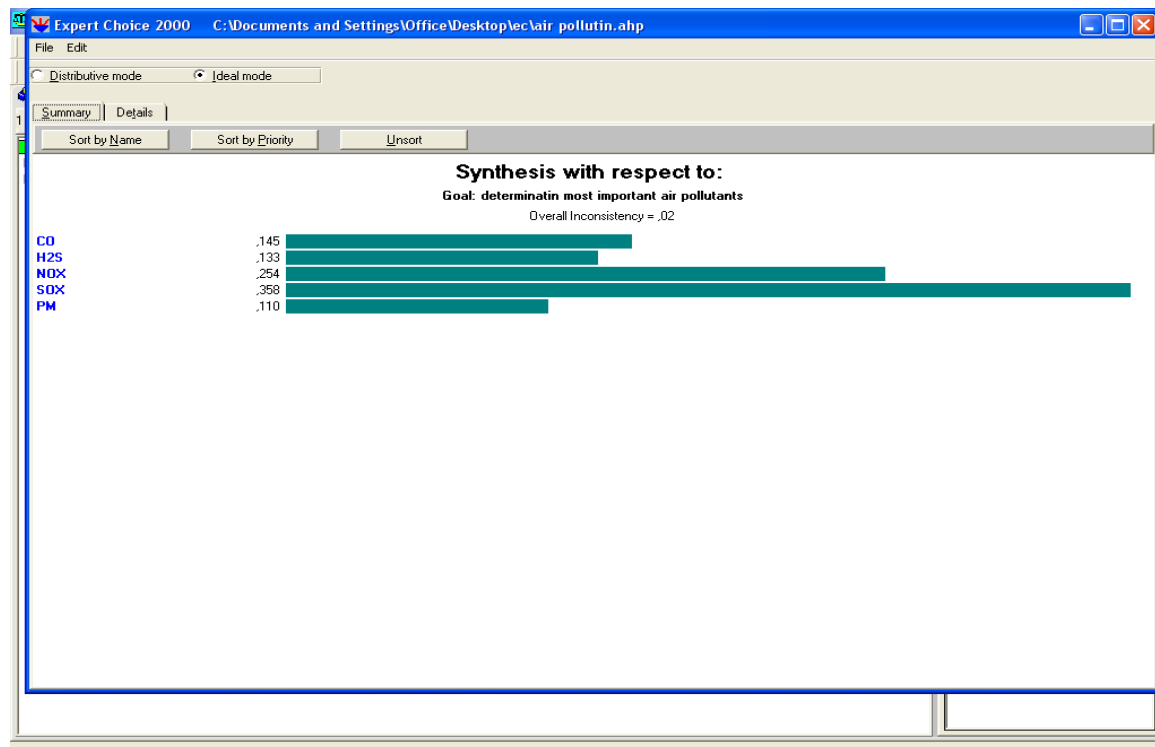
زمانی کوتاه مدت.

- در مواقع عدم عملکرد مناسب سیستم تصفیه فاضلاب

در مجتمع، بازگرداندن پساب خروجی آن به واحد



شکل ۲- وزن گزینه ها در اولویت بندی نهایی آلاینده های آب در نرم افزار EC



شکل ۳- وزن گزینه ها در اولویت بندی نهایی آلاینده های هوا در نرم افزار EC

- عوامل موثر بر جذب و دفع آنها، پایان نامه دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- ۹- اصغر پور، جواد، ۱۳۸۵، تصمیم گیری های چند معیاره، دانشگاه تهران.
- ۱۰- قدسی پور، سید حسن، ۱۳۸۵، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۱۱- قدسی پور، سید حسن، ۱۳۸۵، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره، برنامه ریزی چند هدفه (روشهای وزن دهی بعد از حل)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
12. Villa, Ferdinando, Mcleod, Helena, 2006, Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications, Institute for Ecological Economics, University of Maryland, USA.
13. Roberts, 2001, Applying Environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the analytic hierarchy process, USA, European journal of operational Research.
- ۱۴- رضوی، سیروس، ۱۳۸۳، شرح فرایند شرکت پتروشیمی تندگویان، شرکت پتروشیمی تندگویان.
- ۱۵- معاونت امور انسانی، ۱۳۷۸، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۱۶- منوچهری، حامد، ۱۳۸۷، بررسی اثرات سو فعالیت های پتروشیمی ماهشهر از نظر اکولوژیک بر تراکم و تنوع جمعیتی ماکروبینتوزهای خور زنگی از انشعابات خور موسی در خلیج فارس، رساله دکتری شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی.
17. ACGIH word wide, 2006, TLVs and BELs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices.
1. Athanasios, I, 2007, Objective and subjective evaluation of power plants and their non-radioactive emissions using the analytic hierarchy process, Department of engineering and management of energy resources, University of western Macedonia, Greece.
2. Ramanathan, R., 2001, A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact, Indira Gandhi institute of development research Santosh Nagar, Goregaon (East) Mumbai, India, Journal of Environmental Management.
3. Solnes, Jujius, 2003, Environmental quality of large industries development alternatives using AHP, University of Iceland, Reykjavik, Iceland.
- ۴- مهندسین مشاور شیل آمایش، ۱۳۸۵، طرح جامع محیط- زیست منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، گزارش نقاط دارای پتانسیل آلاینده، سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، جلد دوم.
- ۵- جعفرزاده، محمد تقی، ۱۳۸۷، سیمای زیست محیطی صنعت پتروشیمی، شرکت ملی صنایع پتروشیمی، مدیریت بهداشت، ایمنی، محیط زیست و کیفیت.
- ۶- سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰، مطالعات فاز یک طرح ساماندهی خورهای منطقه ویژه اقتصادی، سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی.
- ۷- نبوی، سید باقر، ۱۳۷۸، بررسی ماکروبینتوزهای خوریات ماهشهر با تاکید بر نقش آنها در تغذیه آبزیان شیلاتی، پایان نامه دکتری بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۸- مظاهری نژاد، محمد فرهاد، ۱۳۸۰، شناخت کانونی و همبستگی فلزات سنگین در رسوبات خوریات موسی و