

## تجزیه و تحلیل اثرات محیط زیستی مجتمع پتروشیمی اروند بر اکوسیستم منطقه ویژه اقتصادی بندر امام خمینی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

دکتر سیدعلی جوزی<sup>۱</sup>، دکتر سعید ملاماسی<sup>۱</sup>، دکتر رضا مرندی<sup>۱</sup>، مهندس الهه جعفریان مقدم<sup>۲</sup>

### چکیده

مجتمع پتروشیمی اروند واقع در منطقه ویژه اقتصادی بندر امام در تیرماه ۱۳۸۶ به بهره برداری رسید. این مجتمع پتروشیمی با هدف تولید یک میلیون و پانصد هزار تن کلر آلکالی و پی وی سی در سال شامل واحدهای: کلر آلکالی (CA)، وینیل کلراید سوسپانسیون (S-PVC)، پلی وینیل کلراید امولسیون (E-PVC)، وینیل کلراید (VCM) و اتیلن دی کلراید (EDC) احداث شده است. این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل اثرات محیط زیستی این مجتمع عظیم پتروشیمیایی بر اکوسیستم های منتخب با تاکید بر خورهای همجوار مجتمع به انجام رسیده است. در این تحقیق پس از تعیین محدوده مطالعاتی، کار نمونه برداری و تجزیه و تحلیل نمونه های آب پس از بهره برداری مجتمع در فصول تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۸۷ به انجام رسید. در این بین شرایط زیستی خورهای منطقه و بررسی اثرات آلاینده های محتمل بر این محیطها مورد بررسی قرار گرفت. جهت تجزیه و تحلیل اثرات محیط زیستی ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بهره گیری شد. در این روش به منظور اولویت بندی اثرات محیط زیستی، ابتدا مهمترین آلاینده های محیطی براساس وضعیت محیط زیست پذیرنده و نیز پیش بینی اثرات ناشی از عملیات بهره برداری بر هریک از مولفه ها مشخص گردیدند. در ادامه آن دسته آلاینده های اندازه گیری شده که مقادیری بالاتر از حد استاندارد داشتند براساس دو معیار: اثر بر محیط طبیعی و آثار بهداشتی دسته بندی شدند. سپس بر پایه روش سلسله مراتبی مقایسه زوجی و اولویت بندی بین پارامترهای یاد شده به انجام رسید. در این مطالعه با استعانت از تکنیک بردار ویژه و با به کارگیری نرم افزار Expert Choice کار وزن دهی و تعیین اولویت فاکتورهای محیطی انجام پذیرفت. جهت بررسی کیفیت آب خورها و محیط بیولوژیکی آنها، نتایج نمونه برداری از آب، بستر و رسوبات بخش های محصور و آزاد خورها مورد توجه قرار گرفت. بر اساس نتایج اندازه گیری های انجام پذیرفته و پیش بینی ماهیت فعالیت های مجتمع پتروشیمی اروند، چهار نوع آلاینده محیط آبی شامل: فلزات سنگین، مواد روغنی و چربی، COD و TSS و چهار نوع آلاینده هوا شامل: CO، NO<sub>x</sub>، SO<sub>x</sub> و ذرات معلق به عنوان آلاینده های شاخص تعیین گردیدند. براین اساس میزان و نحوه اثرگذاری هر آلاینده بر پارامترهای محیطی در ساختار AHP اولویت گذاری و وزن دهی شد. نتایج این مطالعه نشان می دهد میزان TSS و COD با اوزان ۰/۳۲۵ و ۰/۲۳۷ به ترتیب به عنوان مهمترین آلاینده های آب به لحاظ میزان آلودگی و آثار سوء وارده بر زیستگاه های آبی شناخته می شوند. از سوی دیگر در زمینه آلودگی هوا، انتشار آلاینده های گازی SO<sub>x</sub> و NO<sub>x</sub> به ترتیب به مثابه مهمترین آلاینده های هوا شناخته می شوند. نتایج این مطالعه موید آن است که با توجه به ماهیت آلاینده های مجتمع پتروشیمی در منطقه، انواع

<sup>۱</sup> - استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

<sup>۲</sup> - کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

گونه های ماهیان و جوامع کفزی نظیر: ده پایان، تانائیدها و گاستروپودها بیشترین اثرات منفی ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند را متحمل می شوند.

کلیدواژه ها: تجزیه و تحلیل اثرات محیط زیستی، صنایع پتروشیمی، آلاینده های محیط زیست، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مجتمع پتروشیمی اروند

## Environmental Impact Analysis of Arvand Petrochemical Complex on Ecosystem of Special Economic Zone in Imam Khomeini Port by Using of Analytical Hierarchy Process Method

Dr. Seyed Ali Jozi, Dr. Saeed Malmasi, Dr. Reza Marandi and Elham Jafarian Moghadam

### Abstract

Arvand Petrochemical industry which is located in Imam Economic Special port zone, is being under production since July of 2007. This Petrochemical industry complex is aimed to produce 1'500'000 Tones of Color-Alkali and PVC per year which include: Color-Alkali(CA), Vinyl Chloride Suspension(S-PVC), E-PVC, VCM and EDC. This case study underscore the adverse impacts of Arvand Petrochemical Industry on nearby Ecosystems and Estuaries; After Scoping, for Identifying the Affected areas, water samples were taken for analysis. During the analysis, biological conditions of Estuaries in the Affected region and probable impacts of pollutants taken in to account. For analyzing the Environmental impacts which caused by Arvand petrochemical activities, Analytic Hierarchy Process (AHP) were used; In order to classify Environmental Impacts firstly, the most important pollutants were identified (according to the affected area) then impacts of project products on each unit were predicted. Those pollutants which measured and were higher than standard's threshold categorized in two parts: Those which impact the Environment and those which impact health. This category based on even comparison hierarchy and classification of parameters. What's more in this case study, is that the special vector techniques and Expert Choice Software are used to give weight to environmental factors to classify them.

Results of water sampling, Benthic zone and sediments sampling of estuaries were considered to determine water quality of estuaries and their biological characteristics. According to the pollutants measurements plus predicting impacts of Arvand Petrochemical activities the following items were identified as indicator pollutants in aquatic and terrestrial areas: Aquatic pollutants: heavy metals, COD, TSS, Lipids and Glycerol Air pollutants: CO, NOx, SOx, Particles According to what mentioned above, amounts of pollutants and their impacts on environment factors are classified in AHP and then they were given weight.

To conclude, this case study clarify that TSS, 0.325 and COD 0.237 are the most important aquatic pollutants, on the other hand, NOx and SOx are the major threat for air pollution. This indicate that in Arvand petrochemical industry various of fish species and benthoses like Decapods, Gastropods and Tanaidas are, Mostly, Influenced by adverse impacts of Petrochemical activities.

**Keywords:** Environmental Impact Analysis, Petrochemical Industries, Environmental Pollutants, Analytical Hierarchy Process, Arvand Petrochemical Complex.

این توسعه باید در قالب رهنمودهای توسعه پایدار به انجام رسد (هادی زنوز، ۱۳۸۲). ارزیابی محیط زیست بهترین ابزار جهت حصول به اهداف راهبردی توسعه

مقدمه:

گسترش فعالیت های صنعتی از شاخص های اصلی توسعه اقتصادی جوامع محسوب می شود. در عین حال

ارزشگذاری شده است، که در نهایت نیروگاههای هسته ای، آبی، ژئوترمال و بادی به ترتیب به عنوان گزینه های برتر انتخاب شده اند (Athanasios, I., 2007). همچنین ارزیابی اثرات اقتصادی- اجتماعی ناشی از احداث یک کارخانه بازیافت در کشور هند توسط Ramanathan و همکارانش با استفاده از این روش انجام پذیرفته است. بدین ترتیب که محاسبه وزن معیارها بر اساس نظرسنجی از مردم روستاها و شهرهای همجوار انجام شده و تامین آب به عنوان مهمترین معضل برای افراد شهرنشین و روستایی منطقه تحت بررسی معرفی شده است (Ramanathan, R., 2001).

منطقه مورد بررسی در این تحقیق در ساحل خلیج همیشه فارس به دلیل استقرار واحدهای صنعت پتروشیمی و منابع عظیم نفت و گاز همانند یک گلوگاه استراتژیک در مناطق زرخیز جنوب کشور به شمار می رود (سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰). مهمترین اکوسیستم های آبی واقع در این منطقه، خورها هستند. وجود مواد مغذی و شرایط مساعد دمایی در خورهای منطقه باعث فراوانی انواع گونه های کفزی نظیر: پرتاران، تانائیدها، کم تاران و ماهیان شده است. همچنین انواع پرندگان آبی و کنار آبی که بسیاری از آنها بومی منطقه می باشند حاکی از اهمیت اکولوژیکی خورهای اطراف منطقه مورد مطالعه است (مهندسین مشاور شیل آمایش، ۱۳۸۵).

در این مطالعه با توجه به اهمیت خورها به عنوان یکی از مولد ترین اکوسیستم های زیست کره و فعالیت مجتمع های پتروشیمی متعدد در محدوده تحت بررسی، شناسایی عوامل مخرب و تعیین نوع آلاینده های شاخص این صنایع جهت بررسی و ارائه راهکارهای تقلیل آثار سوء مورد نظر بوده است.

### مواد و روش ها

در این تحقیق با هدف تجزیه و تحلیل و بررسی اثرات فاضلاب ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند گام های ذیل به ترتیب به انجام رسید:

پایدار به شمار می رود. این مطالعات به دلیل تسریع در برنامه ریزی، موجب حفاظت هر چه بهتر منابع شده، حداقل امکان از بروز اثرات جبرانناپذیر بر محیط زیست و منابع طبیعی جلوگیری می نمایند (جی بارو، ۱۳۸۰). روابط بین بخش صنعت و محیط زیست با حذف تدریجی تفکر قدیمی "انسان بر طبیعت"

به درک واقعی مفهوم "انسان با طبیعت" نایل شده است. امروزه اندیشه تعامل انسان با محیط زیست به سرعت گسترش می یابد. این تعاملات در عرصه های مختلف اقتصادی، اجتماعی، صنعتی، سیاسی و فرهنگی رسوخ پیدا کرده تا جایی که چارچوب فکری غالب تصمیم گیرندگان بر پایه نداشتن تعارض طرح های توسعه با مبانی بنیادین حفاظت محیط زیست شکل گرفته است. ظهور و تاکید بر رویکردهایی چون ارزیابی محیط زیست و اکولوژی صنعتی دست مایه چنین تفکر نوپیدایی است (رحمانی، ۱۳۷۵).

بررسی سوابق اجرای پروژه های صنایع پتروشیمی نشان می دهد که بسیاری از آنها بدون توجه به ملاحظات محیط زیستی طراحی و مورد بهره برداری قرار گرفته اند از اینرو مسبب بروز آلودگی های مختلف و تخریب بخش های عمده ای از منابع طبیعی گردیده اند (سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰).

در این مطالعه، بررسی اثرات ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند واقع در منطقه ویژه اقتصادی بندر امام خمینی با به کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به انجام رسیده است. مقالات متعددی در مورد نحوه استفاده از این روش در طرح ها و پروژه های محیط زیستی ارائه شده است که در این پژوهش مطالعه متون ذیل به عنوان مروری بر ادبیات تحقیق مورد نظر قرار گرفته است:

مقاله ای با عنوان ارزشگذاری محیط زیستی نیروگاهها بر اساس مواد منتشره غیر رادیواکتیو توسط Athanasios با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در کشور یونان به انجام رسیده است. در این مطالعه، اثرات ناسازگار محیط زیستی ناشی از انتشار آلاینده های ۱۰ نوع نیروگاه

بررسی میزان آلودگی آب در بخش های محصور و آزاد خورها، نتایج آزمایشات انجام شده از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی آب خورها در تابستان و زمستان ۱۳۸۷ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج اندازه گیری از خروجی سامانه تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه به خورهای همجوار نیز طی سه دوره (مرداد ۱۳۸۷، آبان ۱۳۸۷ و بهمن ماه ۱۳۸۷) سنجیده شده و با استانداردها مقایسه گردید.

جهت بررسی آلودگی هوا، مهمترین منابع تولید آلاینده های گازی شامل: برج پروسسی، هیترها، مخزن اسید استیک، Hot Oil و زباله سوزها و بخارات شیمیایی ناشی از حوضچه های یکنواخت سازی و رآکتور بی هوازی در واحد تصفیه فاضلاب شناسایی شد و نتایج اندازه گیری های موجود از خروجی آنها تفسیر گردید. در نهایت با توجه به نتایج اندازه گیری های انجام شده و میزان تاثیر پذیری محیط پذیرنده، چهار نوع آلاینده آب شامل: فلزات سنگین، مواد روغنی و چربی، COD و TSS و چهار نوع آلاینده هوا شامل: CO، NOx، SOx و ذرات معلق به عنوان آلاینده های عمده در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه، انتخاب و ارزشگذاری گردید. به منظور اولویت بندی آلاینده های شاخص محیط آبی و هوای محدوده مورد مطالعه و بررسی آثار سوء محیط زیستی ناشی از این پارامترها از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بهره گیری شد. بدین منظور با استفاده از نرم افزار Expert Choice وزن نسبی معیارها و زیر معیارها و وزن نهایی گزینه ها تعیین گردید. در پایان آلاینده های مورد بررسی بر اساس معیارهای تعیین شده اولویت بندی و راهکارهای تقلیل اثرات زیانبار محیط زیستی ناشی از آنها ارائه گردید. در ذیل مراحل به کار گیری این شیوه به تفصیل اشاره می گردد:

### تشکیل ساختار سلسله مراتبی<sup>۱</sup>

ساختار فرآیند سلسله مراتبی با هدف تعیین مهمترین آلودگی های محیط زیستی ناشی از صنایع پتروشیمی به

- مروری بر ادبیات تحقیق و جمع آوری اطلاعات پایه؛
- شناسایی و پیش بینی پارامترها و فعالیت های تأثیر گذار مجتمع پتروشیمی اروند بر محیط زیست منطقه،
- تعیین محدوده مطالعاتی با عنایت به نوع فعالیت ها و حساسیت اکوسیستم های پیرامونی؛
- شناسایی محیط زیست محدوده مورد مطالعه و تعیین پارامترهای محیط زیستی تحت اثر در قالب محیط های:
  - فیزیکوشیمیایی؛
  - بیولوژیکی و اکولوژیکی؛
  - اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی.
- شناسایی پیامدهای ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند بر محیط طبیعی؛
- شناسایی و پیش بینی پیامدهای ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند بر محیط انسانی؛
- پیش بینی اثرات آلاینده های ناشی از سایر صنایع موجود در منطقه بر محیط زیست تحت اثر در طی زمان بررسی؛
- تجزیه و تحلیل اثرات، اولویت بندی و تعیین مهمترین آلاینده های ناشی از صنعت تحت بررسی با به کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و
- ارائه پیشنهادات و راهکارهای تقلیل اثرات سوء. همانطور که اشاره گردید در این مطالعه جهت تجزیه و تحلیل اثرات، اولویت بندی و تعیین مهمترین آلاینده های ناشی از مجتمع پتروشیمی اروند از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. بدین منظور نخست وضعیت موجود محیط زیست منطقه بررسی گردید. جمع آوری اطلاعات لازم از طریق مطالعات کتابخانه ای و عملیات میدانی شامل بازدید از منطقه ویژه اقتصادی و خورهای اطراف صورت گرفت. در ادامه به بررسی آلودگی های ناشی از واحدهای مختلف فرآیندی در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه پرداخته شد. جهت

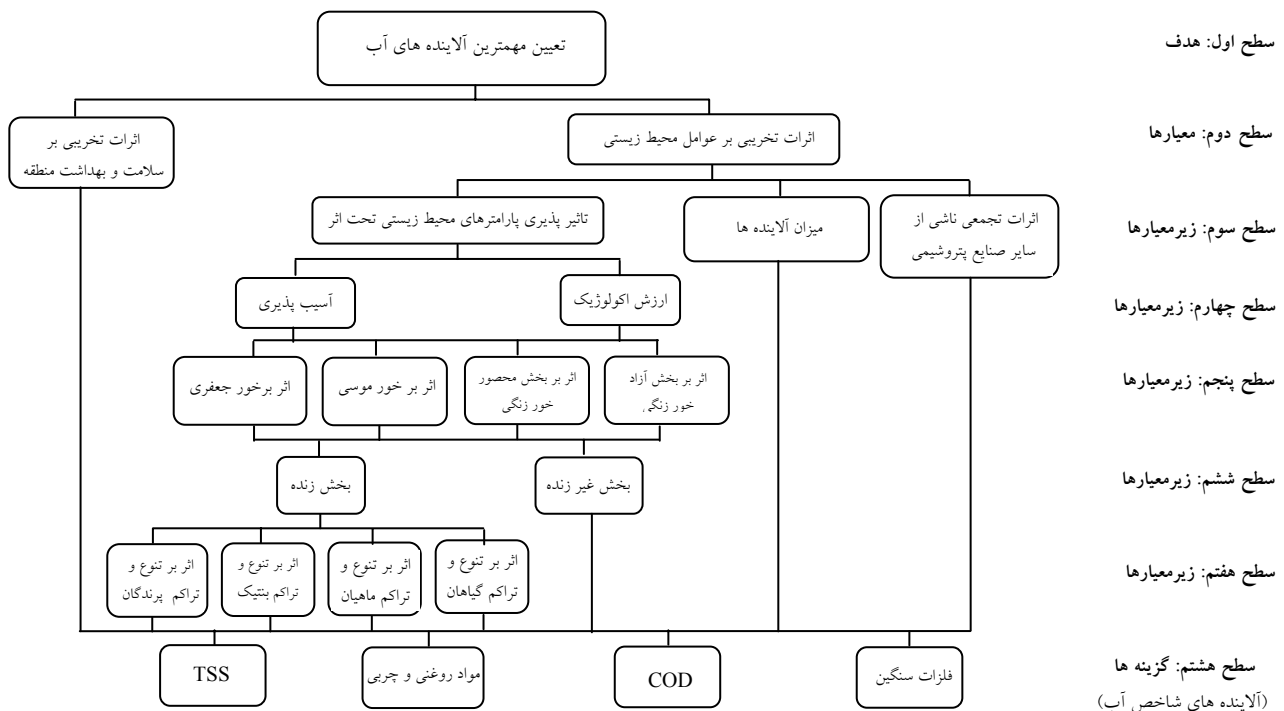
<sup>۱</sup>- Hierarchy Tree

زنده (فیزیکوشیمیایی) آب وزن دهی گردید (نمودار شماره ۱).

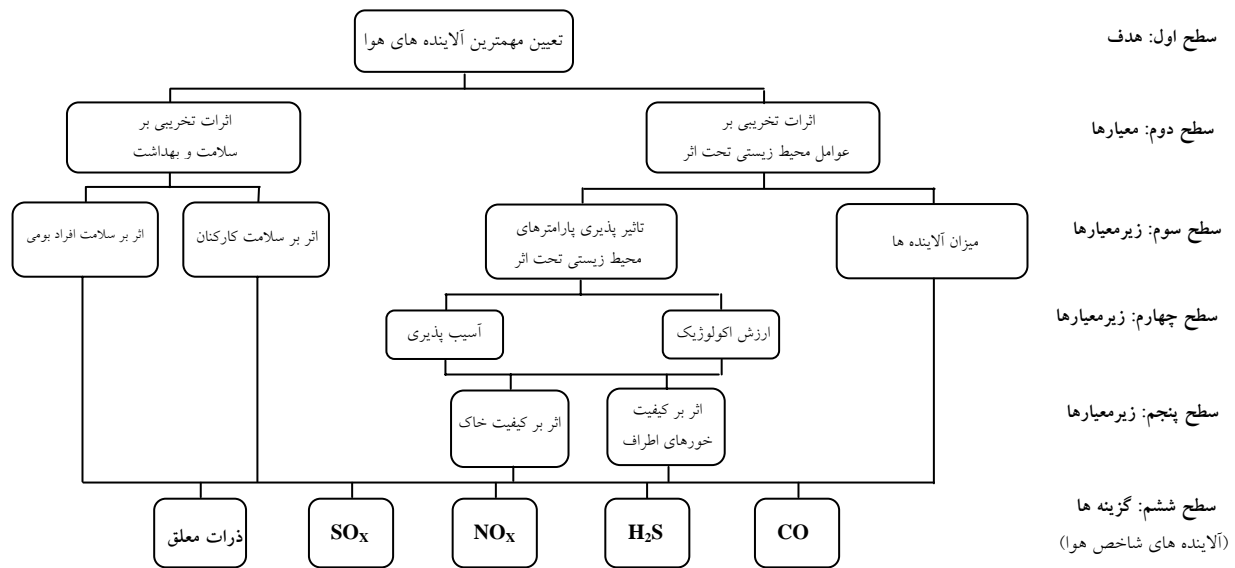
در ساختار سلسله مراتبی به منظور تعیین مهمترین آلاینده های هوا، عمده ترین گازهای منتشره در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه شامل:  $H_2S, CO, Sox, NOx$  و ذرات معلق به عنوان گزینه هایی جهت مقایسه زوجی در نظر گرفته شدند. تاثیر آلودگی هوا بر زیستگاههای حساس منطقه نیز از لحاظ ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری امتیازدهی گردیدند. همچنین اثر بر کیفیت هوا در قالب اثر بر سلامت و بهداشت افراد مورد سنجش قرار گرفت (نمودار شماره ۲).

انجام می رسد. در این مطالعه دو معیار اصلی اثر بر سلامت و بهداشت افراد و تخریب محیط زیست که هر یک به زیر معیارهایی تقسیم می شوند، مورد توجه قرار گرفت. زیستگاههای آبی تحت اثر به چهار منطقه شامل: بخش محصور و آزاد خور زنگی، خور موسی و خور جعفری طبقه بندی گردید و نسبت به دو مولفه ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری 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

نمودار شماره ۱: ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهمترین آلاینده های آب



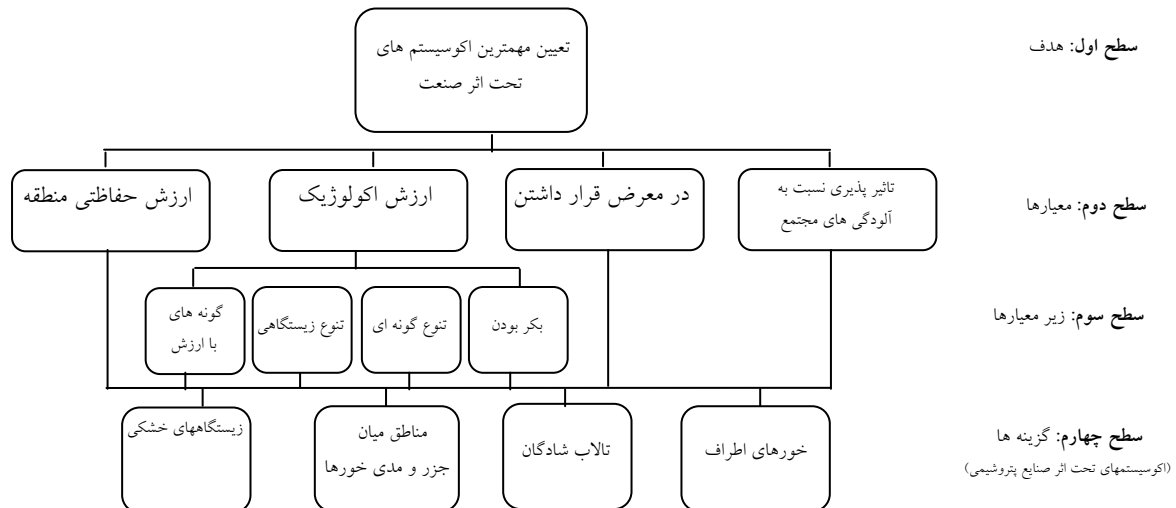
نمودار شماره ۲: ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهمترین آلاینده های هوا



صدا و مواد زائد جامد به عنوان معیارهای اصلی در سطح دوم ساختار سلسله مراتبی انتخاب گردید. در سطح آخر نیز زیستگاههای تحت اثر صنایع پتروشیمی در منطقه مورد مطالعه به عنوان گزینه های مورد مقایسه زوجی در نظر گرفته شدند ( نمودار شماره ۳).

در ادامه ساختار سلسله مراتبی با هدف تعیین مهمترین اکوسیستم های تحت اثر مجتمع پتروشیمی اروند تشکیل گردید. در این ساختار ارزش اکولوژیکی، ارزش حفاظتی و در معرض بودن اکوسیستم های موجود در منطقه مطالعاتی، همچنین تاثیر پذیری هر یک نسبت به آلودگی های صنایع پتروشیمی اعم از آلودگی آب، هوا،

نمودار شماره ۳: ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهمترین اکوسیستم های تحت اثر



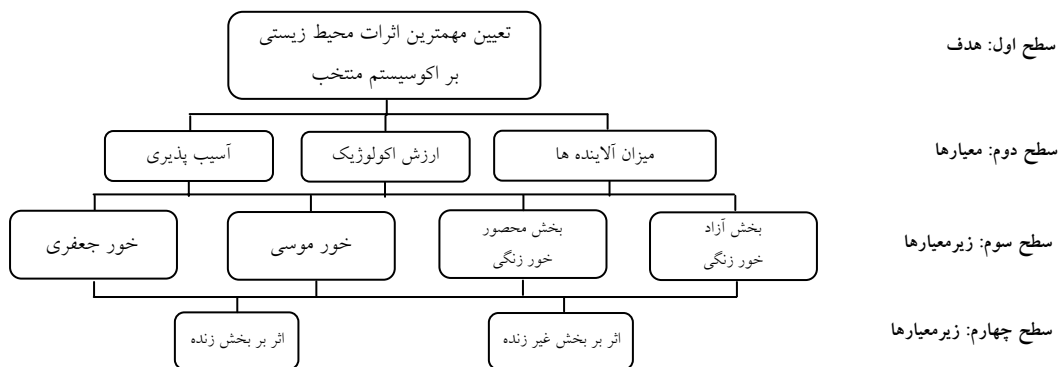
ساختار، معیار اصلی، میزان تخریب محیط زیست منطقه مورد توجه قرار گرفت. سه عامل: ارزش اکولوژیک، آسیب پذیری و میزان آلاینده ها به عنوان معیارهای اصلی

در گام بعد، ساختار فرآیند سلسله مراتبی با هدف اولویت بندی اثرات محیط زیستی بر مهمترین اکوسیستم شناسایی شده در مرحله قبل تشکیل گردید. در این

شوری، مواد جامد معلق، دما و pH آب سنجیده و وزن دهی گردید (نمودار شماره ۴). در ماتریس اولویت بندی اکوسیستم های منطقه مطالعاتی، گزینه ای که دارای بیشترین وزن نسبی باشد، به مثابه مهمترین اکوسیستم تحت تاثیر فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند محسوب می شود که دارای اثرات ناسازگار محیط زیستی بیشتری بوده و به کارگیری روش های کنترلی در جهت کاهش یا رفع آن واجد اهمیت بیشتری می باشد.

تعیین اثرات فاضلاب انتخاب شدند. سپس زیستگاههای آبی تحت اثر به عنوان زیرمعیارهای ساختار سلسله مراتبی به چهار منطقه شامل: بخش محصور خور زنگی، بخش آزاد خور زنگی، خور موسی و خور جعفری طبقه بندی گردیده و نسبت به معیارهای اصلی با یکدیگر مقایسه زوجی شدند. در هر یک از زیستگاههای تعیین شده، اثر بر کلیه پارامترهای زنده شامل: اثر بر تنوع و تراکم گیاهان آبی، ماهیان، جوامع کفزی، پرندگان آبچر، کنار آبچر و اثر بر پارامترهای غیر زنده (فیزیکوشیمیایی) شامل: میزان

نمودار شماره ۴: ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهمترین اثرات محیط زیستی بر اکوسیستم منتخب



## وزن دهی<sup>۱</sup>

زیر معیارها به روش مقایسه جفتی<sup>۲</sup> وزن دهی گردید. در جدول شماره ۱ مقادیر ترجیح در این روش ارائه شده است:

برای اولویت بندی معیارهای مختلف در ارزشیابی گزینه ها، به هر یک از معیارها وزنی اختصاص داده می شود. در این تحقیق به هر یک از معیارهای انتخابی و

<sup>2</sup> -Pair Wise Comparison

<sup>1</sup> - Weighing

جدول شماره ۱: مقادیر ترجیح برای روش مقایسه زوجی

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

مرجع: قدسی پور، سید حسن. تحلیل سلسله مراتبی، ۱۳۸۳.

Expert Choice استفاده شد. این نرم افزار قادر است، وزن نسبی معیارها و زیر معیارهای در نظر گرفته شده را نسبت به یکدیگر و سطوح بلافاصله بالاتر با استعانت از تکنیک بردار ویژه تعیین کند. در نهایت وزن نهایی گزینه ها محاسبه گردیده و آلاینده های مورد بررسی بر اساس معیارهای تعیین شده اولویت بندی می شود.

### نتایج

با توجه به  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  و  $w_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i$  و  $w_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i$  آئین نامه الگوی ارزیابی اثرات محیط زیستی در پیوست صورتجلسه مورخ ۱۳۷۶/۱۰/۲ شورای عالی حفاظت محیط زیست و در اجرای مصوبه مورخ ۱۳۷۳/۱/۲۳ این شورا، مجریان طرح ها و پروژه های مجتمع های پتروشیمی در هر مقیاس موظف به تهیه گزارش ارزیابی محیط زیستی هم زمان با تهیه گزارش امکان سنجی و مکانیابی می باشند (دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۹).

### تعیین محدوده تحت بررسی

به منظور پیش بینی اثرات محیط زیستی ناشی از عملیات بهره برداری مجتمع پتروشیمی اروند بر محدوده مورد مطالعه، محیط زیست محدوده تحت تاثیر در قالب محیطهای بلافاصله و تحت اثر مستقیم مطابق با نقشه شماره ۱ تعیین گردید.

در این روش، وزن معیارها ( $w_i$ ) به گونه ای تعیین می شوند که روابط زیر صادق باشند:

$$\begin{aligned} a_{11} w_1 + a_{12} w_2 + \dots + a_{1n} w_n &= \lambda \cdot w_1 \\ a_{21} w_1 + a_{22} w_2 + \dots + a_{2n} w_n &= \lambda \cdot w_2 \\ a_{n1} w_1 + a_{n2} w_2 + \dots + a_{nn} w_n &= \lambda \cdot w_n \end{aligned}$$

در معادله زیر،  $a_{ij}$  ترجیح عنصر  $i$  بر  $j$  است و  $w_i$  نیز وزن عنصر  $i$  است و  $\lambda$  یک عدد ثابت می باشد. در این روش وزن عنصر  $i$  (یعنی  $w_i$ ) طبق تعریف بالا برابر است با:

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

دستگاه معادلات فوق به صورت  $A = \lambda \cdot W$  می باشد که در واقع همان ماتریس مقایسه زوجی  $\{A = [a_{ij}]\}$  و بردار وزن  $W$  و  $\lambda$  یک اسکالر (عدد) است. برای هر ماتریس  $A$ ، دترمینان ماتریس  $(A - \lambda \cdot I)$  محاسبه شده و مساوی صفر قرار داده می شود تا مقادیر  $\lambda$  محاسبه گردد. سپس بزرگترین  $\lambda$  در رابطه  $(A - \lambda \max I) = 0$  قرار داده شده و مقادیر وزن نسبی ( $w_i$ ) برای هر یک از معیارها و وزن نهایی گزینه ها محاسبه می شود. در این مطالعه هر گزینه ای که مقدار بیشتری کسب نماید، دارای اثرات ناسازگار محیط زیستی بیشتری بوده و بکارگیری روش های کنترلی در جهت کاهش یا رفع آن دارای اهمیت بیشتری می باشد.

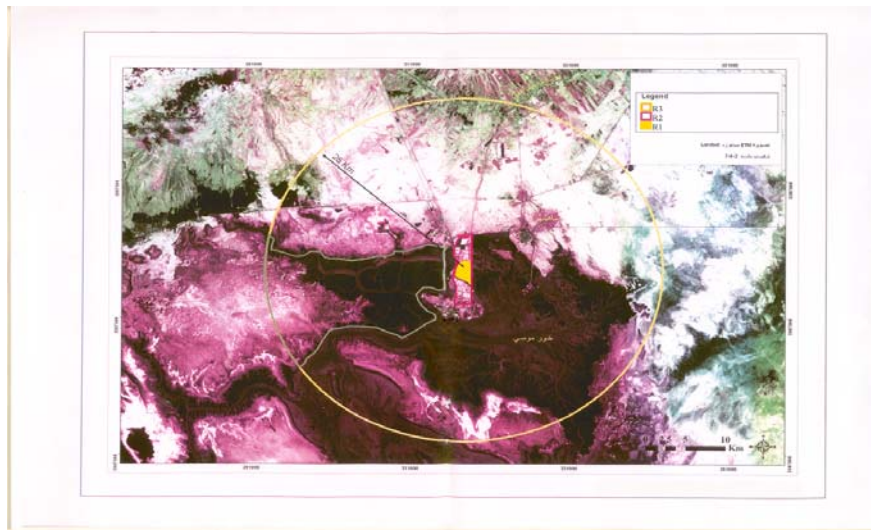
به منظور اولویت بندی آلاینده های شاخص بر محیط زیست محدوده تحت بررسی در این مطالعه از نرم افزار



گردید که، منطقه ویژه اقتصادی بندر امام، پناهگاه حیات وحش شادگان (به مثابه تنها زیستگاه تحت تولید سازمان حفاظت محیط زیست در محدوده مورد مطالعه) و نیز خورهای منطقه (شامل خورهای: موسی، زنگی و جعفری) در گستره محدوده اثرات مستقیم طرح واقع شدند.

محدوده بلافصل در واقع همان عرصه ۲۴۵ هکتاری مجتمع پتروشیمی اروند است. با توجه به گسترش آلاینده های محیطی در محدوده مورد مطالعه و نیز موقعیت زیستگاههای حساس پیرامونی منطقه همچنانکه در نقشه شماره ۱ مشاهده می شود، محدوده تحت تاثیر مستقیم تا شعاع ۲۵ کیلومتری از محل مجتمع به نحوی پیش بینی

نقشه شماره ۱: عکس ماهواره ای محدوده مورد مطالعه



دو ایستگاه تبخیر سنجی ده ملا و خسرو آباد بهره گیری شد. اقلیم منطقه در طبقه بندی آمبرژه، گرم و خشک است. حداکثر بارندگی در منطقه، دی ماه و معادل ۵۰/۸ میلیمتر و حداکثر درجه حرارت در تیر ماه برابر با ۳۶/۷ درجه سانتیگراد است. میانگین سرعت باد در ایستگاه ماهشهر ۲۴ کیلومتر در ساعت بوده و ۲۸/۴۹ درصد از بادهای جهتی شمالغرب به جنوب شرقی دارند (مهندسین مشاور شیل آمایش، ۱۳۸۵).

#### - زمین شناسی و گسل

از نظر ساختار زمین شناسی این منطقه جزئی از دشت خوزستان بوده و از آبرفت های دوران چهارم زمین شناسی (سنوزوئیک) تشکیل شده است. سطوح جلگه ای منطقه تحت تاثیر تشکیلات زمین شناسی دوران پلیوسن می باشد که غالب تشکیلات آن گچ، آهن، ماسه سنگ و سنگ های سیلتی است.

#### بررسی محیط زیست محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل محدوده بلافصل و تحت تاثیر مستقیم پروژه است. نزدیکترین مراکز جمعیتی به محل استقرار مجتمع پتروشیمی اروند، سربندر و بندر ماهشهر می باشد. با عنایت به روش کار بر شمرده در بخش مواد و روش ها در اینجا به اجمال وضعیت محیط زیست منطقه مورد مطالعه مشتمل بر محیطهای فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ارائه می شود:

#### محیط فیزیکوشیمیایی:

#### - فاکتورهای آب و هوایی و اقلیم

جهت تجزیه و تحلیل و محاسبه پارامترهای آب و هوایی و در نهایت شناسایی خصوصیات اقلیمی منطقه از دو ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بندر ماهشهر و آبادان و

## بررسی ویژگی های فیزیکی شیمیایی خورهای

### منطقه

خورهای منطقه تحت بررسی در منتهی الیه خور موسی که خود نیز یک زبانه دریایی در شمال خلیج فارس است واقع هستند. بر اساس مطالعات انجام پذیرفته توسط مرکز تحقیقات شیلات استان خوزستان در سال ۱۳۸۶ در مورد خصوصیات هیدروبیولوژیک خورهای محدوده تحت بررسی، اعلام گردید که جدا از تفاوت های مکانی آنها اختلاف معناداری بین میزان و کیفیت پارامترهای فیزیکی- شیمیایی خورهای منطقه وجود ندارد. شوری این خورها به دلیل تبخیر زیاد و عمق کم از متوسط خلیج فارس بیشتر است (مرکز تحقیقات شیلات ایران، ۱۳۸۶). نتایج اندازه گیری های انجام شده در این تحقیق نشان می دهد، بیشترین مقدار شوری در تیر ماه در حدود ۴۷ppt و کمترین آن در بهمن ماه با حدود ۲۷ ppt است. میزان هدایت الکتریکی اندازه گیری شده نیز تابعی از تغییرات شوری در منطقه می باشد. کاهش شدید شوری و EC در زمستان به دلیل ورود آب های سطحی و سیلاب ها به خورها پیش بینی می شود. میزان اکسیژن محلول (DO) در آبان تا دی ماه کاهش شدیدی داشته (۶ تا ۴ ppm) و در فروردین تا اردیبهشت ماه به حدود ۱۰ تا ۱۱ ppm می رسد. محدوده تغییرات pH نیز ۷/۶ تا ۸/۳ می باشد. میزان کاتیون های منیزیم و کلسیم در خورهای منطقه بالاست و سختی آب منطقه را تشدید می نماید. همچنین میزان مواد مغذی کننده نظیر فسفات و نترات در این آب ها بالا بوده به طوری که نوسانات آن در طی ماههای سال، شکوفایی پلانکتونی را در چند نوبت سبب می شود. معدل میزان بنیان فسفات موجود در آب در شهریور ماه حداقل بوده (۱/۴ ppm) و در فروردین ماه به حداکثر (۳/۳ ppm) می رسد. مقدار بنیان نترات نیز در تیر ماه به حداکثر ۶/۶ ppm و با یک روند نزولی در دی ماه به کمترین میزان خود به ۳/۴ ppm بالغ می شود.

محدوده مورد مطالعه از نظر تکتونیک بر روی صفحه پلاتفرم عربستان واقع شده است. در این منطقه گسل فعالی وجود ندارد و با توجه به پهنه بندی خطر لرزه خیزی کشور جز مناطق با خطر نسبی کم زلزله محسوب می شود.

### - هیدرولوژی

مطالعات هیدرولوژیکی عرصه تحت بررسی نشان داد: منطقه مطالعاتی در حوضه جراحی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان واقع است و از نظر مطالعات هیدروژئولوژیکی در دشت خلف آباد شادگان در بخش جنوبی دشت خوزستان واقع شده است (سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰). مطالعات منابع آب منطقه در دو بخش آب سطحی و آب زیر زمینی به انجام رسید. در ذیل به اختصار نتایج این بررسی ارائه می شود:

### الف- آب سطحی

حوزه آبریز رودخانه جراحی از محل تلاقی دو رودخانه اعلا و مارون در محلی به نام چشمه چم هاشم در ۲۰ کیلومتری جنوب رامهرمز تشکیل می شود. در این مطالعه میزان آبدهی، غلظت املاح، هدایت الکتریکی، یون کلر، ضریب جذب سدیم و pH در دو ایستگاه مشراکه و گرگر سنجیده شد. حداکثر میزان املاح رودخانه جراحی در محل ایستگاه گرگر با ۴۱۸۰ میلی گرم در لیتر و حداقل آن نیز در همان ایستگاه با ۷۸۰ میلی گرم در لیتر سنجیده شد. این مقادیر در ایستگاه مشراکه به ترتیب برابر با ۲۲۹۰ و ۸۳۰ میلی گرم در لیتر گزارش شد. حداقل و حداکثر هدایت الکتریکی (EC) رودخانه در محل ایستگاه گرگر به ترتیب با ۵۲۰۰ و ۱۴۵۰ میکروزیمنس بر سانتی متر می باشد. از نظر میزان یون کلر نیز ایستگاه گرگر با ۱۴۹۱ میلی گرم در لیتر حداکثر و ایستگاه مشراکه با ۱۸۸/۲ میلی گرم در لیتر به میزان حداقل برآورد شد.

مهمترین منابع آب های سطحی منطقه مورد مطالعه خورهای اطراف آن می باشد، با توجه به پتانسیل بالای تاثیر پذیری این مناطق، در این تحقیق به مطالعه این اکوسیستم های حساس اقدام شد:

## ب- آب زیرزمینی

همانطور که پیش تر نیز بیان شد، منطقه مورد مطالعه در دشت خلف آباد - شادگان واقع شده است. شیب دشت بسیار کم بوده و اکثراً بصورت شوره زار و مرداب است. عمق آب زیر زمینی در منطقه بطور متوسط ۶۰ سانتی متر می باشد. جریان زیر زمینی ورودی به آبخوان های آبرفتی از طریق سازندهای سخت ارتفاعات در این دشت ۴ میلیون متر مکعب محاسبه شده است (مهندسین مشاور شیل آمایش، ۱۳۸۵). در منطقه ویژه اقتصادی بندر امام و اراضی مجاور آن به دلیل گرما و نیز بالا بودن سطح آب زیر زمینی منطقه تجمع املاح در سطح زمین سبب شوری خاک شده است. همچنین پیش روی آب دریا در مواقع مد در اراضی منطقه موجب شور شدن هرچه بیشتر آب زیر زمینی عرصه مطالعاتی شده است. بالا بودن سطح آب های زیر زمینی منطقه تا به آنجاست که در برخی مواقع خاک منطقه مرطوب به نظر می رسد. با عنایت به موارد برشمرده آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه برای هیچ کاربری مناسب تشخیص داده نشد.

## - خاک شناسی

با توجه به مطالعات انجام پذیرفته تیپ اصلی خاک منطقه در گروه پست ساحلی و در واحد اراضی پست و شور قرار می گیرد. این خاک ها در تقسیم بندی FAO در زمره خاک های عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین با شوری و قلیائیت خیلی زیاد قرار می گیرند. این خاک ها از نظر زهکشی در وضعیت نامناسبی قرار داشته و از نظر قابلیت کاربری در رده خاک های شدیداً شور و سدیمی قرار دارند (سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰). در این مطالعه سه نمونه خاک از مناطق شمالی، میانی و جنوبی سایت تحت بررسی برداشته شد. بر روی نمونه ها آزمایش دانه بندی، هیدرومتری و حدود اتربرگ به همراه آزمایش شیمیایی خاک انجام پذیرفت. نتایج آزمایش ها نشان می دهد در محدوده مورد مطالعه در دو منطقه شمالی و جنوبی درصد

مواد آلی تقریباً برابر و به ترتیب دارای مقادیر ۲/۳۳ و ۲/۴۷ درصد است. در منطقه میانی این پارامتر به میزان ۰/۸۲ اندازه گیری شد. از نظر pH در سه محل اندازه گیری مقداری تقریباً برابر و در حدود ۸/۵۳ تا ۸/۶۰ برآورد گردید. کلر موجود در خاک به میزان حداکثر در منطقه جنوبی با ۶/۲۱ درصد و حداقل آن در منطقه میانی با ۱/۰۱ درصد می باشد. در شمال منطقه نیز این میزان به ۵/۷ درصد بالغ می شود. میزان بنیان سولفات موجود در خاک نیز در منطقه میانی در حالت کمینه و به میزان ۰/۱۳۷۴ درصد و میزان بیشینه آن در منطقه جنوبی با ۱/۶۱۰۵ درصد است.

## محیط بیولوژیکی:

در این تحقیق محیط بیولوژیکی منطقه مطالعاتی در قالب دو بخش گیاهی و جانوری مورد بررسی قرارگرفت:

## الف- پوشش گیاهی منطقه

در محدوده بلافصل طرح و سایت منطقه ویژه اقتصادی بندر امام با توجه به انجام طرح های عظیم توسعه صنایع پتروشیمی در منطقه ویژه و با توجه به اراضی مورد نیاز برای این طرح ها، پوشش طبیعی گیاهی منطقه به طور کامل از بین رفته است. لیکن با توجه به پتانسیل تاثیرگذاری فعالیت های پروژه بر محدوده تحت تاثیر مستقیم و غیر مستقیم پروژه، مهمترین جوامع گیاهی غالب منطقه به شرح ذیل شناسایی و معرفی می شوند:

- حر (*Avicenia marina*): این جامعه گیاهی در انشعابات خور موسی، پارک دریایی شهرداری بخش امام خمینی و قسمتی از پارک دریایی شهرداری ماهشهر در خور غزاله و قسمتی از ساحل دریایی هندیجان دیده می شود.

- گور یا لگجی (*Capparis spinosa*): در مناطق دشتی منطقه مورد مطالعه مشاهده می شود (این گیاه واجد ارزش دارویی است).

- بونو (*Aeluropus sp.*): در خاک های شور و باتلاقی منطقه مطالعاتی، به ویژه در دو طرف جاده اهواز- ماهشهر و همچنین دو طرف جاده شادگان- بندر امام

زیستگاهها عمدتاً متعلق به خانواده ناجورپایان، پرتاران و کوبه پودها می باشد. همچنین این مناطق زیستگاه مناسبی برای انواع پرندگان بومی و مهاجر دارای ارزش حفاظتی نظیر: پلیکان پا خاکستری، کفچه نوک، انواع حواییل ها و اگرگرت ها می باشد (سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰ و مهندسین مشاور شیل آمایش، ۱۳۸۵).

### ج- مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست

در محدوده مطالعاتی: از مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست، تنها پناهگاه حیات وحش شادگان وجود دارد که در زمره تالاب های دارای اهمیت بین المللی نیز شناخته می شود. این منطقه به علت نزدیکی به محل اجرای طرح و ارتباط با رودخانه جراحی از شمال و خورهای واقع در جنوب منطقه مطالعاتی، پتانسیل تاثیر پذیری بالایی ناشی از آلاینده های احتمالی مجتمع پتروشیمی مورد نظر و همچنین دیگر طرح های فعال و در دست احداث منطقه ویژه اقتصادی دارد.

### محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی:

مجتمع پتروشیمی تحت بررسی در شهرستان ماهشهر در استان خوزستان واقع شده است. این شهرستان با ۵۶۱۸/۷ کیلومترمربع وسعت دارای سه بخش، چهار شهر و سه دهستان است. شهرهای بندر امام خمینی، بندر ماهشهر، شهید چمران و هندیجان از شهرهای این شهرستان به شمار می آیند. بر اساس آخرین آمار سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۸۵، جمعیت این شهرستان بالغ بر ۲۳۱۷۳۸ نفر است، که در این بین شهر بندر ماهشهر با ۱۰۲۲۷۶ نفر و شهر بندر امام خمینی دارای ۵۳۱۸۳ نفر نفوس می باشند. در فاصله سال های ۱۳۷۵ لغایت ۱۳۸۵ تعداد ۵۳۸۱۴ نفر مهاجر به این شهرستان گزارش شده که نسبت به دوره آماری گذشته (۱۳۷۵-۱۳۶۵) رشد ۲۶/۱۷ درصدی داشته است. بر اساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ نرخ

خمینی و باتلاق های شادگان رویش دارد. همچنین در طرح های تثبیت خاک از این گونه استفاده می شود.

- سیاه شور (*Suaeda sp.*): دارای دو گونه غالب *S. frothcosa* و *S. macronata* می باشد که در فصل پاییز به صورت علف های هرز در اراضی زراعی پس از برداشت محصول دیده می شود.

- کنار (*Ziziphus spina-cristi*): به وفور در منطقه مطالعاتی دیده می شود و دارای ارزش دارویی است.

- خارشتر (*Alhagi sp.*): در تثبیت اراضی شنی کاربرد داشته و دارای ارزش دارویی می باشد.

- کران - شوول (*Cressa cretica*): این گیاه شاخص خاک های شور است و در شوره زارها، مناطق مرطوب، شنی و زمین های شور ساحلی و کنار دریا در محدوده مطالعاتی دیده می شود.

- جگن (*Scripus sp.*): گونه غالب آن در منطقه *S. moritimus* (چولان) می باشد که در تالاب شادگان و خورهای منطقه به صورت چشمگیری پراکنده است.

### ب- حیات وحش منطقه

احداث مجتمع عظیم پتروشیمی اروند به مساحت ۲۴۵ هکتار که بالغ بر ۵۴ درصد آن بر روی خورها احداث گردیده موجب اثرات مخربی بر حیات وحش منطقه به ویژه پرندگان و آبزیان محدوده مورد مطالعه شده است. حیات وحش خشکی زی منطقه بلافصل محدود به جانوران متعلق به رده خزندگان و پستانداران کوچک جثه نظیر جونندگان می شود. بخش هایی از خورها که با صنایع پتروشیمی موجود در منطقه فاصله زیادی دارند بویژه شاخه اصلی خور موسی محل تولید مثل و رشد انواع آبزیان خصوصاً ماهیان و سخت پوستان بوده و پناهگاههایی مناسب جهت توقف و یا تردد شناورهای صیادی می باشند. میگوی سفید، میگوی خنجری، شبه شوریده، شوریده، حلوای سفید، ساردین و راشگو از جمله آبزیان موجود در خورهای منطقه محسوب می شوند. بیشترین درصد فراوانی جانداران کفزی در این

فروش و بازیافت نیز، در کوره های زباله سوز سوزانده می شود. خاکستر زباله سوز به دلیل دارا بودن پلاادیوم فروخته شده و در صورت عدم فروش دفن می گردد. با این توضیحات، اثرات فاضلاب ناشی از آلودگی پسماندها بر محیط تحت اثر کم پیش بینی می شود.

اثرات سوء ناشی از آلودگی صوتی در سایت پتروشیمی نیز عموماً در بحث سلامت و بهداشت افراد ساکن در منطقه و کارکنان مجتمع مطرح می باشد. بر اساس مطالعات انجام شده، اثرات زیانبار ناشی از آلودگی صوتی مجتمع پتروشیمی اروند بر افراد بومی با توجه به فاصله زیاد مراکز مسکونی از منطقه ویژه اقتصادی بسیار ناچیز پیش بینی می شود. به علاوه سیستم های کنترلی واحدهای فرآیندی که از طریق اتاق کنترل انجام می پذیرد، نیاز به حضور مستمر پرسنل در این واحدها را مرتفع کرده است. بنابراین، اثرات سوء آلودگی صوتی ناشی از واحدهای فرآیندی بر سلامتی کارکنان واجد شدت کم پیش بینی می گردد.

### بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه به منظور تجزیه و تحلیل اثرات فاضلاب ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی اروند بر اکوسیستم های حساس منطقه به روش تحلیل سلسله مراتبی، ابتدا بر اساس نمره دهی جداول و مقایسه زوجی معیارهای مربوط به هر سطح نسبت به معیارهای هم سطح و سطوح بالایی، وزن دهی گزینه ها نسبت به هدف تحقیق انجام پذیرفت و اولویت بندی نهایی آن صورت گرفت.

### مهمترین آلاینده های محیط زیستی در محدوده

#### مورد مطالعه

در این تحقیق اندازه گیری های انجام پذیرفته از کیفیت آب در بخش محصور و بخش آزاد خور زنگی و خور جعفری (که از جمله نزدیکترین خورها به مجتمع پتروشیمی اروند می باشند)، از آلودگی این خورها به مواد شیمیایی و ترکیبات نفتی ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمی حکایت دارد. از طرفی به دلیل بالا بودن غلظت

بیکاری شهرستان ماهشهر ۱۵/۵ درصد است که از متوسط نرخ استان کمتر است (متوسط نرخ بیکاری استان خوزستان در این دوره آماری ۱۷/۴ درصد بوده است).

در اطراف بندر، آثار ویرانه و تپه معروف به عمارت تل کافران، تل گورو و همچنین آب انبارها و چاههای آب، سنگ چین شده از مهمترین آثار باستانی به جای مانده در منطقه شناخته می شوند.

### مهمترین آلاینده های محیط زیستی در محدوده

#### مورد مطالعه

در این تحقیق اندازه گیری های انجام پذیرفته از کیفیت آب در بخش محصور و بخش آزاد خور زنگی و خور جعفری (که از جمله نزدیکترین خورها به مجتمع پتروشیمی اروند می باشند)، از آلودگی این خورها به مواد شیمیایی و ترکیبات نفتی ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمی حکایت دارد. از طرفی به دلیل بالا بودن غلظت گازهای خروجی از دودکش ها و تجهیزات مجتمع نظیر  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  از طریق ایجاد باران اسیدی و با کاهش pH آب پیش بینی می شود بطور غیر مستقیم فعالیت این مجتمع بر کیفیت خورهای منطقه و زیست آبریان موجود در آنها تاثیرات سوء قابل توجهی داشته باشد. همچنین انتشار آلاینده های گازی موجب کاهش کیفیت هوا و بعضاً ایجاد اختلالات تنفسی در کارکنان مستقر در این صنعت می شود.

در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه اقدامات موثر جهت مدیریت پسماندها اجرا شده و فهرست پسماندها و نحوه دفع آنها تعیین گردیده است. مواد زائد جامد در این مجتمع شامل: خاکستر زباله سوز، لجن واحد تصفیه، ضایعات کاتالیستی و پسماندهای بهداشتی است. حجم عمده ای از لجن های واحد تصفیه در کوره های زباله سوز موجود در این مجتمع سوزانده می شود. بخشی از آن نیز در مکانی واقع در جاده سربندر- آبادان که مورد تایید اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان می باشد، دفن می گردد. ضایعات کاتالیستی غیر قابل

اثرات سوء ناشی از آلودگی صوتی در سایت پتروشیمی نیز عموماً در بحث سلامت و بهداشت افراد ساکن در منطقه و کارکنان مجتمع مطرح می باشد. بر اساس مطالعات انجام شده، اثرات زیانبار ناشی از آلودگی صوتی مجتمع پتروشیمی اروند بر افراد بومی با توجه به فاصله زیاد مراکز مسکونی از منطقه ویژه اقتصادی بسیار ناچیز پیش بینی می شود. به علاوه سیستم‌های کنترلی واحدهای فرآیندی که از طریق اتاق کنترل انجام می پذیرد، نیاز به حضور مستمر پرسنل در این واحدها را مرتفع کرده است. بنابراین، اثرات سوء آلودگی صوتی ناشی از واحدهای فرآیندی بر سلامتی کارکنان واجد شدت کم پیش بینی می گردد.

### اولویت بندی مهمترین آلاینده های آب

در مقایسه زوجی سه معیار در نظر گرفته شده در تخریب محیط زیست آبی، اثرات تجمعی آلاینده های آب ناشی از صنایع پتروشیمی موجود در منطقه مطالعاتی با وزن ۰/۵۳۴ در اولویت اول پیش بینی شد. مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه مجهز به سیستم تصفیه فاضلاب مستقل بوده و نتایج اندازه گیری های انجام پذیرفته نشان می دهد که در مواردی خروجی سیستم های تصفیه فاضلاب این مجتمع به خورهای اطراف دارای مقادیر بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آبهای سطحی می باشد (جدول شماره ۲).

گازهای خروجی از دودکش ها و تجهیزات مجتمع نظیر  $\text{H}_2\text{S}$ ،  $\text{NO}_x$ ،  $\text{SO}_x$  از طریق ایجاد باران اسیدی و با کاهش pH آب پیش بینی می شود بطور غیر مستقیم فعالیت این مجتمع بر کیفیت خورهای منطقه و زیست آبریان موجود در آنها تأثیرات سوء قابل توجهی داشته باشد. همچنین انتشار آلاینده های گازی موجب کاهش کیفیت هوا و بعضاً ایجاد اختلالات تنفسی در کارکنان مستقر در این صنعت می شود.

در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه اقدامات موثر جهت مدیریت پسماندها اجرا شده و فهرست پسماندها و نحوه دفع آنها تعیین گردیده است. مواد زائد جامد در این مجتمع شامل: خاکستر زباله سوز، لجن واحد تصفیه، ضایعات کاتالیستی و پسماندهای بهداشتی است. حجم عمده ای از لجن های واحد تصفیه در کوره های زباله سوز موجود در این مجتمع سوزانده می شود. بخشی از آن نیز در مکانی واقع در جاده سربندر- آبادان که مورد تایید اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان می باشد، دفن می گردد. ضایعات کاتالیستی غیر قابل فروش و بازیافت نیز، در کوره های زباله سوز سوزانده می شود. خاکستر زباله سوز به دلیل دارا بودن پالادیوم فروخته شده و در صورت عدم فروش دفن می گردد. با این توضیحات، اثرات محیط زیستی ناشی از آلودگی پسماندها بر محیط تحت اثر کم پیش بینی می شود.

جدول شماره ۲: میانگین میزان فاکتورهای بالاتر از حد استاندارد در سه دوره اندازه گیری از خروجی های سامانه تصفیه فاضلاب

مجتمع پتروشیمی اروند

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				۲۵۴	۱۱۰	BOD5
۶۰	۱۸۵/۱۹	۴۰۳/۷۵		۴۷۱/۱۹	۳۹۴/۶۴	COD
۱۰					۲۸	Oil & Grease
۴۰			۱۵۴	۷۶۰	۷۷۴	TSS
۲/۵			۳/۹		۲/۹	NH4
۱۰۰			۱۱۹/۷۸			Mg
۶/۵-۸/۵	۸/۷۴	۸/۵۲	۸/۶۳	۸/۷		pH
۶	۷/۳۹					PO4

ماکروبتوزها در این نواحی نیز به میانگین ۲۵۲ عدد در متر مربع رسیده است. از اینرو با توجه به واقعیات بر شمرده شده در ماتریس نمره دهی روش تحلیل سلسله مراتبی، به بخش محصور خورها کمترین امتیاز از لحاظ ارزش اکولوژیکی داده شد.

در مقایسه زوجی خورها بر اساس آسیب پذیری، پیش بینی می شود خور زنگی به عنوان نزدیکترین خور به مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه بیشتر در معرض آلاینده های ناشی از مجتمع پتروشیمی اروند قرار داشته و دارای آسیب پذیری بیشتری می باشد. در این حال شاخه اصلی خور موسی نسبت به سایر زیستگاههای آبی، کمتر در معرض آلاینده های ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمی قرار گرفته و دارای کمترین آسیب پذیری می باشد. نتایج اندازه گیری از کیفیت آب بخش های آزاد و محصور خور زنگی و جعفری نشان می دهد بخش های محصور این دو خور نسبت به بخش های آزاد نسبت به آلودگی آسیب پذیرتر می باشند (جدول شماره ۳).

از مقایسه خورها بر اساس دو معیار ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری نشان می دهد خور موسی واجد بیشترین ارزش اکولوژیکی و تنوع و تراکم گونه ای است.

در خور موسی، جمعاً ۱۲ گروه ماکروبتوز شناسائی و جداسازی شده که بیشترین درصد فراوانی آن به ترتیب مربوط به ناجورپایان (۴۳/۱٪)، پرتاران (۴۱/۶٪)، کوبه پودا (۳/۵٪) و تانائیداها (۳/۱٪) نسبت به کل جمعیت ماکروبتوزها می باشد (نبوی، ۱۳۷۸).

به دلیل عدم ارتباط بخش محصور خور زنگی و جعفری با آب های اطراف، جریان طبیعی گردش آب و جزر و مد در آن تا حدی مختل شده است. همچنین بر اساس نتایج نمونه برداری های انجام شده از رسوب و بستر این خورها، تخلیه آلاینده های ناشی از صنایع پتروشیمی باعث گردیده که گونه های آبی 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 آلاینده ها قرار داشته، بطوری که عدد شاخص تنوع ( $H'$ ) به ۱ بسیار نزدیک بوده و تراکم

جدول شماره ۳: میانگین پارامترهای کیفیت آب اندازه گیری شده در خور زنگی و خور جعفری

T.B.C (Mor/cc)	COD (mg/l)	OH- (mg/l)	قلیائیت کل (mg/l)	Cl- (mg/l)	TDS (gr/l)	چگالی (gr/cm <sup>3</sup> )	کدورت (NIU)	EC (ms/cm)	pH	دما (°C)	مکان نمونه برداری
≤۲۲	۲۷۱۹	۰/۳۶	۱۲۹۸/۷	۲۰۱۲۲۲	۴۶۳/۵	۱/۱۹۱۶	۴۳/۲	۱۵۴۲/۷	۸/۷۸	۲۲/۳	بخش محصور خور زنگی
۲۲۵	۱۸۵	۰/۰۷	۱۴۵/۱۹	۲۶۱۲۲	۵۱۲/۷۲	۱/۰۱۰۲	۲۷/۷	۷۳/۲۵	۸/۳۲	۲۱/۴	بخش آزاد خور زنگی
≤۳۰	۲۵۱۲	۰/۱۲	۱۱۲۵/۷	۱۷۱۵۲۶	۴۳۶/۲۵	۱/۲۵۱۶	۱۶/۳	۱۴۹/۸	۸/۷۹	۲۵/۸	بخش محصور خور جعفری
۱۰۰	۷۳	۰/۳۵	۱۴۶/۸۹	۲۴۹۱۹	۵۱۹/۱۹	۱/۰۲۵۸	۲۳/۱۲	۶۸/۱۷	۸/۳۳	۲۳/۱	بخش آزاد خور جعفری

مآخذ: سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰

ماهی ها و جوامع کفزی بوده و اثر بر تنوع و تراکم آنها، در اولویت اول نمره دهی گردید. اثر بر تنوع و تراکم گیاهان آبی و پرندگان نیز به ترتیب در اولویتهای بعدی قرار گرفتند. در مرحله آخر، میانگین غلظت آلاینده های

در ماتریس مقایسه زوجی اثر بر تراکم و تنوع موجودات آبی نسبت به بخش زنده خورها با توجه به نتایج اندازه گیری از کیفیت زیستی خورهای موجود در منطقه عمده تأثیرات منفی ناشی از آلاینده های آب بر

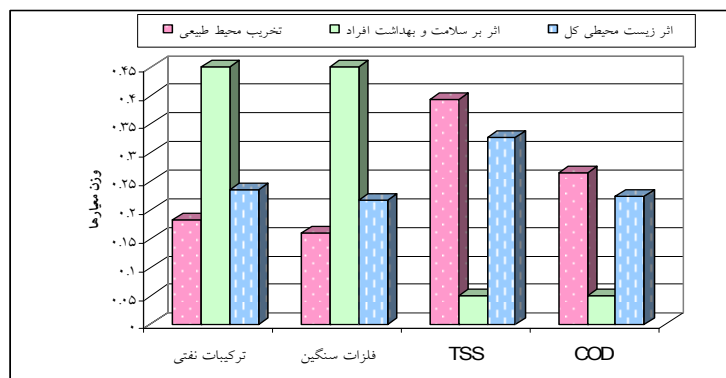
مانع از رسیدن نور به گیاهان آبی و محدود نمودن تبدلات گازی در آنها می گردد. همچنین اثرات ناشی از افزایش COD که بطور غیر مستقیم با ایجاد کاهش اکسیژن محلول در آب باعث تنزل کیفیت زیستی آبیان می شود، در اولویت آخر قرار می گیرد.

در مقایسه زوجی آلاینده ها نسبت به یکدیگر، میانگین غلظت آلاینده ها با استانداردهای محیط زیستی مقایسه شد و سهم این عوامل در تخریب محیط زیست منطقه برآورد گردید. طبق نتایج اندازه گیری از خروجی پساب سیستم تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی اروند، میانگین غلظت TSS (۳۴۲۹/۲۹ ppm) در دوره های مختلف نمونه برداری بیشتر از سایر آلاینده ها بوده و با وزن ۰/۳۲۵ در اولویت اول اثر بر کل محیط زیست قرار می گیرد. در همین زمان میانگین غلظت COD نیز با مقدار ۲۳۷/۸۷ppm و با وزن ۰/۲۳۷ در اولویت دوم و اثر مواد روغنی و چربی و فلزات سنگین نیز به ترتیب با اوزان ۰/۲۱۹ و ۰/۲۰۷ در اولویت های بعدی قرار گرفتند. در نمودار شماره ۵ سهم هر یک از آلاینده های آب در تخریب محیط زیست محدوده مطالعه مقایسه شده است:

آب با استانداردهای محیط زیستی مقایسه گردیده و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بالاتر از حد استاندارد جهت اولویت بندی و تعیین مهمترین عامل تخریب و کاهش کیفیت زیستی خورها انتخاب گردید. اثرات ناشی از تخلیه پساب آلوده به فلزات سنگین و ترکیبات نفتی در آب خورها موجب ایجاد تغییرات رفتاری، تغییر در زاد و ولد، رشد، زیستگاه و منابع غذایی و افزایش حساسیت نسبت به عوامل بیماری زا در جانوران آبی (جوامع بتیک و ماهیان) و کنار آبی (پرندگان) می گردد. همچنین انتشار این آلاینده ها در سطح آب مانع رسیدن نور به گیاهان آبی شده و از تداوم عمل فتوسنتز جلوگیری می کند.

در جدول پیش بینی اثر آلاینده های آب بر آبیان موجود در خورها، فلزات سنگین و ترکیبات نفتی با توجه به نحوه اثرات وارده و انواع اختلالات ایجاد شده در آنها، در اولویت های اول و دوم و اثرات ناشی از TSS در اولویت سوم می باشند. میزان غلظت بالای TSS موجب مسدود شدن آبشش ماهیان و اختلال در سیستم تنفسی آنها و تغییر در شکل بستر و زیستگاه جوامع بتیک شده

نمودار شماره ۵: سهم آلاینده های آب در تخریب محیط زیست منطقه



عوامل اکولوژیکی نمره دهی شد. از آنجایی که با افزایش بار آلودگی عوامل آلاینده، تاثیر پذیری محیط نسبت به آلاینده ها نیز بیشتر می شود، لذا دو معیار میزان آلودگی عوامل آلاینده و تاثیر پذیری پارامترهای محیط زیستی تحت اثر، دارای امتیاز برابر فرض شدند.

### اولویت بندی مهمترین آلاینده های هوا

در جدول وزن دهی اثرات ناشی از آلاینده های هوا در روش تحلیل سلسله مراتبی، 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



شامل:  $\text{No}$ ،  $\text{No}_2$ ،  $\text{No}_x$ ،  $\text{CO}_2$  هیدروکربن‌های گازی که بطور عمده از واحدهای فرآیندی مجتمع انتشار می‌یابند، کمتر از حد استاندارد پیش بینی گردید. تنها مورد انتشار گاز  $\text{CO}$  از زباله سوز فاز ۱، فلر فاز ۲، فلر واحد  $\text{CF}$  و بخش  $\text{HTM}$  (Hiter 5006) گزارش گردید. در این بین گاز  $\text{SO}_x$  با وزن ۰/۳۴۱ در رتبه نخست مهمترین آلاینده تاثیر گذار بر محیط زیست و پس از آن به ترتیب گازهای  $\text{H}_2\text{S}$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{NO}_x$  و ذرات معلق به ترتیب با اوزان ۰/۲۴۸، ۰/۱۳۸، ۰/۱۲۵ و ۰/۹۹۸ در اولویت های دوم تا پنجم قرار گرفتند.

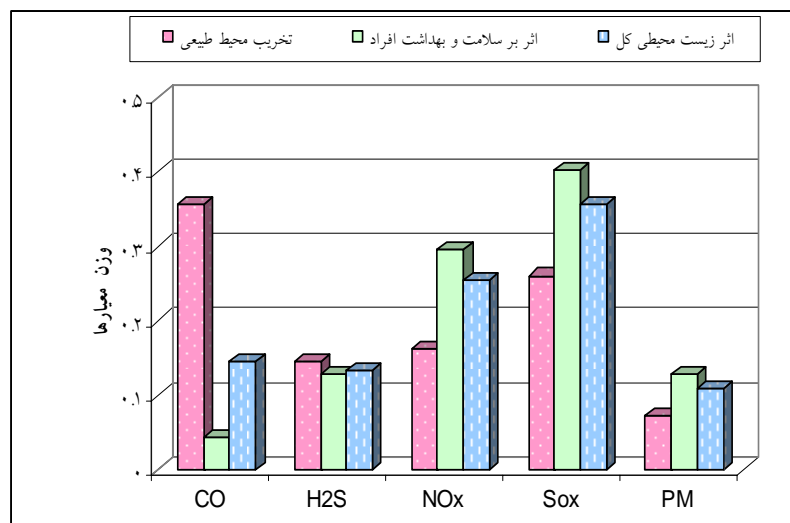
در ماتریس مقایسه زوجی اثر آلاینده های هوا بر بهداشت و سلامت افراد تحت تاثیر، با مقایسه مقادیر استاندارد مواجهه افراد با گازها و ذرات معلق تولیدی از مجتمع پتروشیمی مورد نظر در ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار در هفته مشخص گردید که  $\text{SO}_x$  دارای بیشترین مقدار و در نتیجه بالاترین اثر بر سلامت و بهداشت کارکنان و افراد بومی منطقه با وزن ۰/۳۹۸ می باشد. همچنین اثر  $\text{NO}_x$  در اولویت دوم تاثیر بر سلامت افراد پیش بینی گردید. در نمودار شماره ۶، سهم پیش بینی شده آلاینده های هوا بر محیط زیست منطقه ارائه شده است:

در ماتریس مقایسه زوجی اثر بر کیفیت خاک منطقه و خورهای اطراف از لحاظ ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری، خورهای موجود در منطقه با وزن ۰/۸۷۳ دارای ارزش اکولوژیکی بالاتری بوده و به دلیل در معرض بودن آنها نسبت به آلاینده های هوا دارای آسیب پذیری بیشتر با وزن ۰/۸۹۷ هستند. خاک منطقه شامل اراضی شور و پست می باشد که ارزش زیستی خود را از دست داده و دارای حساسیت اکولوژیکی (وزن ۰/۱۲۲) و آسیب پذیری کم (وزن ۰/۷۸) نسبت به آلاینده های هوا بوده و در اولویت پایانی قرار می گیرد.

در ماتریس مقایسه زوجی اثر آلاینده های هوا بر خورهای اطراف و زیستگاههای خشکی منطقه مطالعاتی، اثر گازهای آلاینده دارای ترکیبات گوگرد دار شامل:  $\text{SO}_x$  و  $\text{H}_2\text{S}$  با وزن یکسان ۰/۳۴۱ به دلیل احتمال ایجاد باران اسیدی و کاهش  $\text{pH}$  دارای بیشترین اهمیت شناخته شد. اثرات پراکنش ذرات معلق در هوا بر اکوسیستم آبی و خشکی منطقه نیز در اولویت آخر اهمیت نمره دهی گردیدند.

در ادامه جدول نمره دهی میزان آلودگی عوامل آلاینده با استفاده از میانگین گیری از میزان غلظت آلاینده های منتشره از خروجی دودکش ها در سه دوره اندازه گیری تکمیل شد. بر این اساس میزان انتشار آلاینده های مختلف

نمودار شماره ۶: سهم آلاینده های هوا در تخریب محیط زیست منطقه

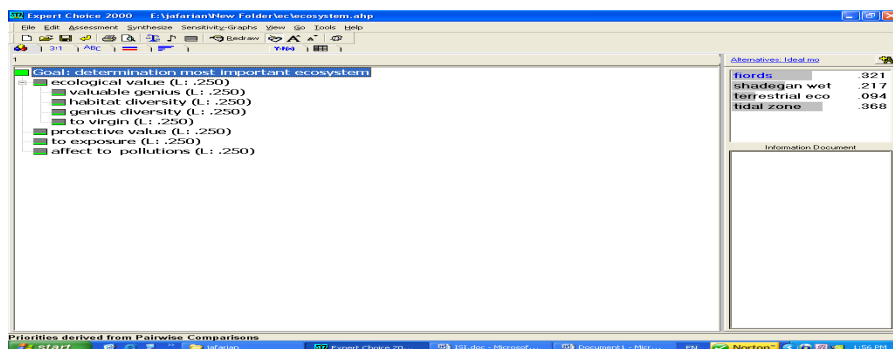


پتروشیمی، کیفیت زیستی خود را از دست داده و از نظر تنوع و تراکم گونه های جانوری و گیاهی دارای ارزش چندانی نمی باشد. همچنین خاک منطقه شور و قلیایی بوده و دارای کیفیت مناسب جهت رویش گونه های گیاهی نیست. این زیستگاهها دارای ارزش حفاظتی نمی باشند. به این ترتیب در ماتریس مقایسه زوجی، اکوسیستم خشکی نسبت به سایر اکوسیستم های تحت اثر از نظر معیارهای در نظر گرفته شده در ساختار سلسله مراتبی، در اولویت آخر نمره دهی شده و کمترین وزن نسبی به آن داده شد. در شکل شماره ۱ شمایی از محیط نرم افزار Expert Choice که در آن وزن دهی اکوسیستم های تحت اثر به انجام رسیده نمایش داده شده است:

در این تحقیق پس از مقایسه زوجی معیارهای هر سطح نسبت به سطوح بالاتر و وزن دهی هر یک از اکوسیستم های تحت تاثیر مجتمع پتروشیمی بر اساس معیارها و زیرمعیارهای تعیین شده، با محاسبه وزن نهایی گزینه ها در سیستم AHP هر گزینه ای که وزن بیشتری کسب نمود واجد اهمیت بالاتر شناخته شد. با توجه به مطالعات انجام شده، حاصل از مقایسه زوجی اکوسیستم های تحت اثر از نظر ارزش اکولوژیک و ارزش حفاظتی، مناطق میان جزر و مدی و تالاب شادگان که به عنوان پناهگاه حیات وحش و تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست می باشند، رتبه بالاتری را احراز نمودند.

اکوسیستم خشکی منطقه مورد مطالعه محدود به زیستگاههای دشتی بوده و به واسطه استقرار صنایع

شکل شماره ۱: وزن دهی اکوسیستم های تحت اثر بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار Expert Choice



پیش بینی می شود میزان آلودگی ناشی از مجتمع پتروشیمی اروند کمترین سهم را در تخریب محیط زیست منطقه ایفا کند، از اینرو در ماتریس مقایسه زوجی مربوطه در ساختار سلسله مراتبی کمترین وزن به این معیار تعلق گرفت.

نتایج به دست آمده از ارزیابی اوزان شاخص های آلاینده آب نشان می دهد TSS با وزن ۰/۳۲۵ مهمترین آلاینده آب ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه می باشد. همچنین COD با وزن ۰/۲۳۷ در اولویت دوم اهمیت به لحاظ اثرگذاری بر عوامل محیط زیستی قرار دارد. ترکیبات نفتی و فلزات سنگین نیز به ترتیب با

در این مطالعه برای تشکیل ساختار سلسله مراتبی جهت تعیین مهمترین اثرات محیط زیستی بر اکوسیستم منتخب، از بین سه معیار اصلی در نظر گرفته شده در سطح دوم، دو معیار اصلی ارزش اکولوژیک و آسیب پذیری با وزن نسبی یکسان در اولویت اول قرار گرفتند.

پسآب تولید شده در صنایع پتروشیمی موجود در منطقه ویژه جهت تصفیه به مجتمع یوتیلیتی فجر ارسال می شود. نتایج اندازه گیری های انجام شده نشان می دهد که تنها در مواردی خروجی سیستم های تصفیه فاضلاب این مجتمع به خورهای اطراف دارای مقادیر بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آب های سطحی می باشد. بنابراین

مدی آنها، مهمترین اکوسیستم های تاثیر پذیر از فعالیت پتروشیمی ارونند به شمار می روند.

در بررسی و اولویت بندی اثرات ناشی از آلاینده های محیط زیستی بر پارامترهای فیزیکی و بیولوژیکی خورهای اطراف به عنوان اکوسیستم منتخب در ساختار سلسله مراتبی، اثر بر تنوع و تراکم گونه های مختلف ماهی ها و جوامع کفزی در اولویت اول اهمیت شناخته شدند.

جهت حذف و یا تقلیل اثرات زیانبار ناشی از انتشار آلاینده های صنایع پتروشیمی بر خورها، علاوه بر پیشنهادات ارائه شده در پیش راهکارهای ذیل نیز ضروری به نظر می رسد:

- در نظر گرفتن سیستم های پیش تصفیه در مجتمع های پتروشیمی که دارای پساب با بار آلودگی بالا می باشند؛

- عدم تخلیه رواناب های سطحی و Blow Down کولینگ تاورها به خورهای اطراف و هدایت آنها به سیستم های تصفیه فاضلاب و  
- وکیوم نمودن خروجی رواناب های سطحی آلوده به مواد روغنی و چربی.

### منابع

- جی بارو، ک. ترجمه: مهرداد اندرودی. ۱۳۸۰. اصول و روش های مدیریت زیست محیطی، نشرکنگره.
- دفترحقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۹. مجموعه قوانین و مقررات سازمان حفاظت محیط زیست، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.
- رحمانی، ب. ۱۳۷۵. بنیادهای جغرافیایی اقتصاد ایران، سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، صفحه: ۳۱.
- سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی. ۱۳۸۰. مطالعات فاز یک طرح ساماندهی خورهای منطقه

وزنهای ۰/۲۱۹ و ۰/۲۰۷ در اولویت سوم و چهارم قرار می گیرند. در اولویت بندی آلاینده های هوا، گاز SO<sub>x</sub> با وزن ۰/۳۴۱ و NO<sub>x</sub> با وزن ۰/۲۴۸ مهمترین آلاینده های هوای ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه شناخته شده و در اولویت اول و دوم قرار دارند. پس از آن گازهای H<sub>2</sub>S, CO و ذرات معلق بترتیب در اولویت های سوم تا پنجم قرار می گیرند.

جهت حذف و یا تقلیل اثرات ناسازگار ناشی از میزان غلظت بالای TSS و انتشار ترکیبات نفتی وارده بر محیط پذیرنده راهکارهای ذیل پیشنهاد می گردند:

- اصلاح و یا اضافه نمودن حوضچه های ته نشینی با در نظر گرفتن حجم بالای پساب ورودی و میزان غلظت مواد جامد معلق؛

- افزایش زمان ماند پساب در حوضچه ها؛  
- رفع نقص و اصلاح سیستم تصفیه فاضلاب؛  
- اجرای برنامه های کنترل و پایش ادواری در فواصل زمانی کوتاه مدت؛

- در مواقع عدم عملکرد مناسب سیستم تصفیه فاضلاب در مجتمع، بازگرداندن پساب خروجی آن به واحد یوتیلیتی و تصفیه خانه فجر و

- جلوگیری از قطع و یا محدود کردن ارتباط بخش محصور خور زنگی با آب های اطراف آن.

جهت کاهش میزان غلظت SO<sub>x</sub> نیز پایش مداوم و دوره ای خروجی Stack ها، استفاده از اسکرابر و حذف ترکیبات گوگردی از سوخت پیشنهاد می گردد. همچنین کنترل دمای احتراق، تزریق بخار و آب به سیستم به اندازه کافی، بازچرخش گاز تولیدی ناشی از احتراق و اجرای برنامه تعمیر و نگهداری دوره ای سیستم های فرآیندی از راهکارهای قابل اجرا به منظور کاهش میزان غلظت NO<sub>x</sub> بشمار می آید.

نتایج بدست آمده از ارزیابی اوزان اکوسیستم های موجود در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد خورهای موجود در منطقه مورد مطالعه بویژه مناطق میان جزر و

- ویژه اقتصادی، سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی.
- مرکز تحقیقات شیلات ایران. ۱۳۸۶. گزارش بررسی زیست محیطی خورهای استان خوزستان، گزارش منتشر نشده.
- مهندسین مشاور شیل آمایش. ۱۳۸۵. طرح جامع محیط زیست منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، گزارش نقاط دارای پتانسیل آلاینده‌گی، سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، جلد دوم.
- نبوی، سید محمد باقر. ۱۳۷۸، بررسی ماکروبتنوزهای خوریات ماهشهر با تاکید بر نقش آنها در تغذیه آبزیان شیلاتی، پایان نامه دوره دکتری تخصصی رشته بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- هادی زنوز، ب. ۱۳۸۲. تجربه سیاستهای توسعه در ایران، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، صفحه: ۹۸.
- 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.
- 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..