

The Effect of oil Industries on Air Pollution and its Optimal Locating Through the Environmental Approach in Ahvaz Metropolis

Hoda Ahmadi¹, Reza Borna^{2*}, Jafar Morshedi³

1. PhD Student of Climatology, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2. Associate Professor, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3. Assistant Professor of Urban Engineering, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

(Received: September 30, 2021; Accepted: December 20, 2021)

Abstract

Air pollution is one of the most important problems of industrial cities. The existence of large industrial factories, official and industrial facilities, National Iranian South Oil Company, National Iranian Drilling Company, etc., have turned Ahvaz to one of the main industrial centers and one of the most polluted cities of Iran. Coming into contact with airborne microorganisms is related to a host of negative effects on the human health. This study was carried out to find out the effect of oil industries on air pollution and its optimal locating through the environmental approach in Ahvaz metropolis. In this study, SCREEN3 software was used to find out and analyze the distribution of Sox, NOx, and CO pollutants. Based on expert opinion, the main criteria were determined as climatic, natural, environmental, and economic factors. After calculating weights through the AHP model and attaining the information layers, the GIS software capabilities to combine and overlap the maps were used. This led to a map depicting the optimal location of oil industries congruent with the environmental approach in Ahvaz metropolis. According to the obtained results, there should be no residence-based activity in at least 5000 meters distance from the oil industries, where air pollutants have a considerable density. That is to say, within this distance, the animate and inanimate creatures will be damaged the most. The most optimal areas for the establishment of oil industry facilities are located on the west, south, southwest, and parts of east and north of the area under study.

Keywords

oil industry, pollution, location, environment.

* Corresponding Author, Email: bornareza@yahoo.com

تأثیر صنایع نفت بر آلودگی هوا و مکان‌یابی بهینه آن با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز

هدی احمدی^۱، رضا برنا^{۲*}، جعفر مرشدی^۳

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۳. استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹)

چکیده

آلودگی هوا، یکی از مشکلات مهم شهرهای صنعتی است. وجود کارخانجات بزرگ صنعتی، تأسیسات اداری و صنعتی، شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب، شرکت ملی حفاری ایران، لوله‌سازی، و... اهواز را به یکی از مراکز مهم صنعتی و آلوده ایران تبدیل کرده است. تماس با میکروارگانیسم‌های هوای آزاد با دامنه وسیعی از آثار مضر بر سلامتی باعث می‌شود. این پژوهش با هدف تأثیر صنایع نفت بر آلودگی هوا و مکان‌یابی بهینه آن با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز صورت گرفت. در این تحقیق برای بررسی پراکنش آلاینده‌های CO، NOx، SOx از نرم افزار SCREEN3 استفاده و داده‌ها مورد بررسی شد. در این پژوهش با توجه به نظر کارشناسان، معیارهای اصلی شامل اقلیم، عوامل طبیعی، عوامل زیست‌محیطی، عوامل اقتصادی و اجتماعی مشخص شد. پس از محاسبه وزن‌ها بر اساس مدل AHP و تهیه لایه‌های اطلاعاتی، از قابلیت‌های نرم افزار GIS به منظور تلفیق و هم‌پوشانی نقشه‌ها استفاده شد، و در نهایت نقشه مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز تهیه شد. طبق نتایج به دست آمده باید حداقل تا فاصله ۵۰۰۰ متری که مقدار غلظت قابل توجه است هیچ‌گونه فعالیتی مبنی بر سکونت وجود نداشته باشد. یعنی در این فاصله موجودات زنده و غیرزنده بیشترین آسیب را خواهند دید. مناطق کاملاً مناسب برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت در قسمت غرب، جنوب، جنوب غربی و قسمت‌هایی از شرق و شمال منطقه مورد مطالعه قرار گرفت.

کلید واژگان

آلودگی، صنعت نفت، محیط زیست، مکان‌یابی.

مقدمه

آلودگی هوا به شکل حاد یکی از پدیده‌های زندگی مدرن امروزی است که از انتشار مواد زائد حاصل از فرایندهای انسانی در جو ناشی می‌شود. طی قرون و اعصار گذشته، منابع طبیعی و مصنوعی بسیاری وجود داشته که موجب تغییر در ماهیت هوای پاک شده است. با وجود این افزایش جمعیت و رفاه عمومی و به دنبال آن توسعه گسترده صنعت در شاخه‌های مختلف سبب شده انسان امروزی برای تأمین نیازهای خویش، بیش از پیش، به مصرف منابع و ایجاد آلودگی بپردازد. فعالیت‌های اکتشاف و استخراج مخازن نفتی به منظور دستیابی به منابع جدید انرژی انجام می‌شود. انواع مخازن نفتی در دریا و خشکی واقع شده‌اند که با تکنیک‌های مختلف کشف و با روش‌های گوناگون استخراج می‌شوند. هر بخش شامل ریزفعالیت‌هایی است که با آثار مثبت و منفی زیست محیطی همراه است. یکی از آثار منفی فعالیت‌های اکتشاف و استخراج نفت و گاز آلوده سازی هوا در منطقه عملیاتی است که می‌تواند سبب بروز بحران‌های زیست محیطی شود. این آلودگی‌ها از ابتدای فعالیت‌ها تا مرحله بهره‌برداری از مخزن وجود دارد. در هر مرحله با توجه به نوع فعالیت‌ها، اعم از فعالیت‌های ساختمانی و حفاری و بهره‌برداری، انواع مختلف آلاینده‌ها منتشر می‌شوند. این آلاینده‌ها عمدتاً شامل ذرات معلق (خاک و گردوغبار)، متان، دی‌اکسیدکربن، منواکسیدکربن، گازهای اسیدی و انواع هیدروکربن‌هاست. آلوده‌کننده‌های هوا در صنایع نفت و گاز و صنایع پتروشیمی متفاوت‌اند که از آن‌ها هیدروکربورها، اکسیدهای گوگرد، گردوخاک و اکسیدهای کربن را می‌توان نام برد (کرباسی و همکاران ۱۳۸۷).

هنگام راه‌اندازی و نیز بستن واحدهای بهره‌برداری، نمونه‌گیری از مخازن، نشت مواد نفتی در تأسیسات بارگیری، پراکنده شدن بوی هیدروکربورها در حوضچه API که در آن مواد نفتی از آب جدا می‌شوند، شست‌وشوی شیمیایی پمپ‌ها و کمپرسورها و نمونه‌گیری از گازها هیدروکربورها در هوا و خاک و آب پراکنده می‌شوند. اکسیدهای گوگرد از طریق مشعل کوره‌ها، عملیات کک زدایی کوره‌ها، واحدهای تصفیه با مواد شیمیایی و سوزاندن گازهای اسیدی در چاه‌های استخراجی در محیط پراکنده می‌شوند. اکسیدهای ازت، از طریق کوره‌ها، مشعل، احیاکننده‌های کاتالیست، و دیگ‌های بخار در محیط پراکنده می‌شوند. منواکسیدکربن از طریق کوره‌ها، کوره

های آشغال‌سوز، عملیات احیای کاتالیست‌ها، و سوزاندن گازهای همراه در چاه‌های استخراجی در محیط پراکنده می‌شود. گردوغبار از کوره‌ها، کوره‌های آشغال‌سوز، احیاکننده‌های کاتالیست، عملیات ساختمانی، عملیات انفجار در اکتشاف منابع نفت، و فعالیت ماشین‌آلات در محیط پراکنده می‌شوند. آمونیاک و سایر گازهای سبک از پساب واحدها، حوضچه‌های API، مواد شیمیایی شست‌وشوی تجهیزات، و گل حفاری در محیط پراکنده می‌شوند. مخازن نفت خام و تأسیسات انتقال نفت هم خود از منابع انتشار هیدروکربورها در هوا هستند؛ به خصوص هنگامی که نفت از مخزن سرریز می‌شود و از خطوط لوله نشت می‌کند. آلودگی هوای ناشی از فعالیت پالایشگاه‌ها در مرحله بهره‌برداری بر حسب فرایندهای مورد استفاده، عمر تأسیسات و نوع تجهیزات متفاوت است. حدوداً ۷۵ درصد کل آلاینده‌های تولیدی در صنایع پالایش مستقیماً وارد هوا می‌شوند. مهمترین آلاینده‌های هوا شامل اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها، آمونیاک و ذرات معلق است. لازم به گفتنی است هیدروکربن‌ها بالاترین میزان آلاینده‌های هوا در فرایند پالایش نفت را به خود اختصاص می‌دهند (حیدرپورچنار و همکاران ۱۳۹۲).

مکان‌یابی ساخت و استقرار واحدهای صنایع نفت باید در نظر گرفتن انواع فاکتورها و شرایط محیطی موجود و حالت‌هایی که با توجه به شرایط خاص این واحدها وجود دارد یا به وجود می‌آید و با در نظر گرفتن این که عوامل بسیار زیادی در آن موثر است و باید آثار آن‌ها در نظر گرفته شود و راه حل بهینه‌ای جهت فائق آمدن بر مشکلات پیدا کرد انجام شود. در این زمینه، مقررات وضع شده از سوی سازمان‌های دیگر، از جمله حریم‌های خاصی که وجود دارد، باید در نظر گرفته شود و در همان حال استانداردها و مقررات طراحی و ساخت نیز مد نظر قرار گیرد و با جمع‌بندی و ارزیابی همه موارد طراحی انجام شود که کاری بسیار طاقت‌فرسا و مشکل‌است. با توجه به حجم عظیم داده‌ها پردازش این اطلاعات کاری بسیار مشکل و زمان‌بر و پرهزینه است که مکانیابی مناسب می‌تواند علاوه بر بهینه‌سازی طرح باعث کاهش هزینه‌ها حتی هزینه‌های آتی و برخی هزینه‌های جاری طرح شود. با برنامه‌ریزی و طراحی و کنترل صحیح عملیات در هر فاز، آثار نامطلوب قابل پیشگیری و کاهش است. باید توجه داشت که می‌توان پیامدهای احتمالی و آثار نامطلوب همه مراحل اکتشاف و تولید را پیش از شروع پروژه، به صورت سیستماتیک ارزیابی

کرد و اقدامات مناسب را انجام داد (گلستانی و همکاران ۱۳۹۱). شهر اهواز مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان است. رشد جمعیت و تمرکز صنایع سنگین بیش تر وابسته به شرکت نفت و فولاد در طول نیم قرن گذشته ساختار جمعیتی و اقتصادی و البته زیست محیطی این کلان شهر را تغییر داده است تا جایی که امروزه گه گاه از این شهر به عنوان آلوده ترین شهر دنیا نام می برند. از این رو این پژوهش به بررسی تاثیر صنایع نفت بر آلودگی هوا و مکان یابی بهینه آن با رویکرد زیست محیطی در کلان شهر اهواز می پردازد. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر صنایع نفت بر آلودگی هوا و مکان یابی بهینه آن با رویکرد زیست محیطی در کلان شهر اهواز است. سؤال اصلی این پژوهش این است که کدام گاز بیشترین سهم و میزان غلظت را در آلودگی هوای شهر اهواز دارد؟ در مکان یابی بهینه صنایع نفت در شهر اهواز کدام معیارها بیشترین تاثیر را دارند؟

پیشینه نظری پژوهش

بررسی و پژوهش درباره شرایط اقلیمی نیز اهمیت خاصی برای مکان یابی و پایه گذاری صنایع در نواحی مسکونی دارد؛ به ویژه، در مناطق بادخیز، محل استقرار صنایع می باید به گونه ای باشد که نتواند مناطق مسکونی مجاور را با آلاینده هایی نظیر دود، خاکستر، و دیگر بازمانده های صنایع آلوده سازد. محیط طبیعی، آب و هوا، و به طور کلی ویژگی های منطقه عامل مهمی برای جذب نیروی کار و تشکیل شرایط زندگی برای انسان است. بنیاد گذاری صنایعی مانند کارخانه سیمان، که اجزایی از محصول تولید شده را پیرامون کارخانه پخش می کند، بی تردید، در محیط زیست و کار اثر خود را باقی خواهد گذاشت. در حال حاضر در تهیه و تنظیم سرمایه گذاری، به ویژه در پروژه های صنعتی، توجه به حفاظت از محیط زیست اهمیت خاصی پیدا کرده است (برنا ۱۳۹۶).

در مکان یابی محل استقرار صنایع باید شکل صنعت و وضع ساختمان ها با در نظر گرفتن نوع تکنولوژی، مسئله حمل و نقل داخلی کارخانه، و توسعه و گسترش صنعت مورد توجه قرار گیرد. در کشور ایران، که شرایط اقلیمی متفاوت و متنوعی دارد و از جمله اختلاف درجه حرارت میان منطقه های مختلف، میزان رطوبت، میزان تابش آفتاب و بارندگی در سال، زمین، زلزله، سیل، بهمن و غیره. توجه به مکان یابی محل استقرار صنایع از اهمیتی ویژه برخوردار است و به آثار تبعی آن که ممکن است حتی سال ها پس از بهره برداری از پروژه صنعتی بروز کند، باید اهمیت داد.

براساس همین شرایط جغرافیایی و اقلیمی است که سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ایران را به چهار منطقه گرمسیر، معتدل، سردسیر و یخبندان تقسیم کرده و برای هر یک از مناطق بار برف و باد بر هر کیلوگرم در مترمربع را به صورت ضریب‌هایی تعیین کرده که هنگام محاسبه هزینه‌های پروژه، مانند اسکلت فلزی کارخانه، باید رعایت شود (احدنژاد ۱۳۹۲).

از آغاز انقلاب صنعتی «توسعه شهری» با «توسعه صنعتی» ملازم بوده و گسترش شهرها با افزایش انواع مشکلات زیست محیطی، اجتماعی و کالبدی-فضایی ناشی از استقرار صنایع در شهرها همراه شده است. بر این مبنا با پیدایش صنعت در جهان، انواع و اقسام روش‌ها برای انطباق توسعه صنعتی با محیط و ایجاد تعادل در روابط متقابل صنعت و شهر در کشورهای مختلف مطرح شده و در گذر زمان تا به امروز تطور و تکامل پیدا کرده است. پس از انقلاب صنعتی، مکان‌گزینی صنایع به طور عمده بر اساس عوامل طبیعی، ملاحظات اقتصادی، و امکانات حمل‌ونقل انجام می‌شد. با بروز عوارض منفی توسعه صنعتی در شهرهای اروپا، از اواسط قرن نوزدهم، اقداماتی در جهت نظارت بر توسعه صنایع و حفظ محیط‌زیست و سلامت شهری آغاز شد و از اوایل قرن بیستم جانمایی صنایع شهری جایگاه مهمی در برنامه‌ریزی و طراحی شهری پیدا کرد (زنگانه ۱۳۸۴).

یکی از نخستین نظریه‌پردازان در زمینه شهرسازی مدرن تونی گارنیه فرانسوی بود که در سال ۱۹۱۷ طرح معروف «شهر صنعتی» را منتشر کرد. طرح شهر صنعتی اولین نظریه مدون و کل‌نگر در زمینه مکان‌یابی صنایع و طراحی شهری است که نوعی منطقه‌بندی صنعتی با گرایش به مفاهیم محیط زیست را ارائه می‌دهد. در این طرح، مکان‌یابی صنایع براساس انواع عملکرد صنایع و آثار بیرونی آن‌ها صورت گرفته است. طرح شهر صنعتی گارنیه از منظر نحوه رویکرد به مکان‌یابی صنایع دارای دو نکته اساسی بوده است: نخست اندیشه جداسازی مناطق صنعتی از سایر کاربری‌های شهری و دیگری پیشنهاد استفاده از کمربند سبز به منظور ایجاد حایل میان مناطق ناسازگار و ناهمگون که امروزه جای استواری در برنامه‌ریزی و طراحی شهری پیدا کرده است (پولاددژ ۱۳۷۳).

از دیگر مفاهیم حائز اهمیت و مرتبط با مکان‌یابی صنایع مفهوم «منطقه‌بندی» است که ابتدا در اوایل قرن بیستم در اروپا و آمریکا مطرح شد و به سرعت به عنوان یکی از اصول طرح‌های جامع شهری در سراسر جهان رواج یافت. اساس منطقه‌بندی در آغاز بر جداسازی فعالیت‌های

ناسازگار، از جمله فعالیت‌های صنعتی، از نواحی مسکونی بود. اما این ضوابط طی دهه های اخیر تغییرات زیادی پیدا کرد. در ضوابط اولیه منطقه بندی توجه چندانی به صنعت وجود نداشت و معمولاً بدترین اراضی برای استقرار صنایع در نظر گرفته می شد. اما به تدریج «منطقه صنعتی» به عنوان یکی از مناطق اصلی شهر اهمیت زیادی پیدا کرد و ضوابط مربوط به نحوه مکان‌یابی و استقرار واحدهای صنعتی رو به توسعه و تکامل نهاد. شالوده منطقه بندی به طور کلی بر دو اصل «طبقه بندی صنایع» از یک سو و «تعیین مکان مناسب» برای هر طبقه از صنایع از سوی دیگر استوار است (پولاددژ ۱۳۷۳).

رویکرد رایج در شهرسازی امروز جهان این است که اگر چه ضوابط منطقه بندی صنعتی در ماهیت خود برای حفظ سلامت و هدایت توسعه شهری لازم است، این ضوابط باید اصلاح و بازنگری شود. به همین دلیل، در نظام‌های پیشرفته برنامه ریزی و مدیریت شهری، معیارها و روش های جدیدی برای تدوین و اجرای ضوابط منطقه بندی ابداع شده که صرفاً به جداسازی میان کاربری‌ها نمی پردازد، بلکه در این رویکرد، اساس طبقه بندی صنایع و معیارهای مکان‌یابی آنها بیشتر بر نحوه کار صنایع و مدیریت زیست محیطی آنها استوار است. به دین منظور، برای شناسایی عملکرد صنایع از فرایند استانداردهای خروجی استفاده می شود. این نظام را «منطقه بندی بر اساس استانداردهای خروجی» می نامند. در این رویکرد به جای فهرست کردن صنایع مجاز جهت استقرار در یک منطقه، حداکثر میزان مجاز آثار محیطی که هر صنعت در ناحیه ای معین می تواند ایجاد کند معلوم می شود و این حد به عنوان معیار مکان‌یابی و نحوه استقرار واحدهای صنعتی به کار می رود. استفاده از منطقه بندی بر مبنای استانداردهای خروجی در حال حاضر عمدتاً در کشورهای توسعه یافته جهان مرسوم است. در سایر کشورها، به دلیل فراهم نبودن زیرساخت‌ها و بسترهای لازم، هنوز به کارگیری این شیوه مکان‌یابی صنعت با موانع زیادی روبه روست. بنابراین جانمایی و استقرار صنایع در این کشورها همچنان به اتخاذ سیاست‌های بازدارنده نیاز دارد (پولاددژ ۱۳۷۳). به طور کلی، تحول در ضوابط مکان‌یابی و استقرار صنایع بر مبنای سه دیدگاه عمده پدیدار شد: ۱. دیدگاه اقتصادی؛ ۲. دیدگاه کارکردی (نظریه جداسازی صنایع)؛ ۳. دیدگاه توسعه پایدار (نظریه توسعه پایدار).

امروزه با تأکید بر دیدگاه سوم، به جای سیاست‌های افراطی طرد صنایع از شهرها، بیشتر از سیاست‌هایی حمایت می‌شود که هدف آن‌ها تعدیل مشکلات ناشی از صنایع و رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت آن‌هاست. توسعه روزافزون «پارک‌های علمی»، «پارک‌های صنعتی»، «مراکز تکنولوژی» و «انواع شهرک‌های صنعتی» در کشورهای مختلف جهان فرصت‌هایی نوین برای استقرار صنایع در جهت حفظ منافع اقتصادی، حفاظت از محیط زیست، و زیبایی بصری شهرها به وجود آورده است که از آن جمله می‌توان به انواع شهرک‌ها و مجتمع‌های صنعتی اشاره کرد که اصولاً برای ساماندهی صنایع و خدمات تشکیل می‌شود؛ مانند شهرک‌های صنایع کانی غیرفلزی، شهرک‌های چرم‌سازی، شهرک‌های صنایع غذایی و یا مجتمع‌هایی نظیر مجتمع تعمیراتی خودرو و مجتمع‌های فلزکاران و درودگران.

با توجه به ملاحظات یادشده می‌توان گفت اساس منطقه‌بندی صنعتی تابع دو متغیر اصلی است: یکی نوع صنعت و فعالیت و دوم مکان استقرار صنعت و فعالیت. بنابراین فرایند برنامه‌ریزی برای مکان‌یابی و استقرار صنایع دو محور دارد: نخست طبقه‌بندی صنایع از نظر آثار آن‌ها بر مناطق سکونتگاهی و دوم تعیین معیارها و ضوابط برای نحوه استقرار و فعالیت هر طبقه از صنایع در مکان یا منطقه معین (پولاددژ ۱۳۷۳).

پیشینه تجربی پژوهش

روز^۱ (۲۰۰۷) در تحقیقی برای مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با معرفی معیارهای اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی، و زیربنایی و با استفاده از GIS بهترین مکان برای شهرک‌های صنعتی را در منطقه شمال اسپانیا مشخص کرد. فرناندز^۲ (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای عوامل اجتماعی، اقتصادی، برنامه‌ریزی، زیربنایی، و زیست‌محیطی را عوامل اثرگذار در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی بر می‌شمرد و با استفاده از مدل AHP نشان داد عوامل زیست‌محیطی و اقتصادی به ترتیب با وزن‌های ۵۰ و ۳۵ درصد مهم‌ترین عوامل در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در منطقه کانتابریا در شمال اسپانیا هستند. همچنین نتایج تحقیق وی حاکی از آن بود که در میان عوامل

1. Ruiz

2. Fernández

اقتصادی، اجتماعی، برنامه‌ریزی، و زیست‌محیطی به ترتیب میزان بیکاری، وجود فعالیت‌های صنعتی در منطقه، مدیریت محیط و تمارین بهبود محیط، مدیریت برنامه‌ریزی شهری، حمل‌ونقل، آب، و تصفیه فاضلاب از عوامل موثر در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به شمار می‌رود. سان و همکارانش^۱ (۲۰۱۳) طی مطالعه‌ای به بررسی توزیع مکانی و ریسک سلامت جیوه در گردوغبار خیابانی شهر وهای چین پرداختند، نشان دادند بیشترین آلودگی ناشی از جیوه در منطقه شهری است. همچنین، ارزیابی ریسک سلامت نشان داد که آلودگی ناشی از جیوه در گردوغبار خیابانی اثر زیان‌آور بر سلامت کودکان در مناطق آموزشی داشته است. ونگ^۲ (۲۰۱۴) به بررسی میزان گردوغبار خیابانی باوجی پرداخت. مطالعات انجام‌شده بر گردوغبار خیابانی باوجی چین نشان داد دامنه غلظت جیوه ۰٫۴۸ تا ۲٫۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. همچنین نتایج نشان داد که منشأ جیوه از منابع انسان‌زاد است و سطح آلودگی جیوه در گردوغبار خیابانی به شدت بالا است. اوتارو و همکارانش^۳ (۲۰۱۵) به بررسی و مدل‌سازی پراکنش ذرات خروجی از دودکش کارخانه سیمان در نیجریه پرداختند. مجریان با استفاده از مدل پراکنش گوس فاصله ایمن برای سکونت انسان‌ها را مشخص و نتایج حاصله را با استانداردهای WHO مقایسه کردند مجریان نتیجه گرفتند تطابق خوبی بین داده‌های حاصل از مدل و نتایج تجربی اندازه‌گیری شده وجود دارد.

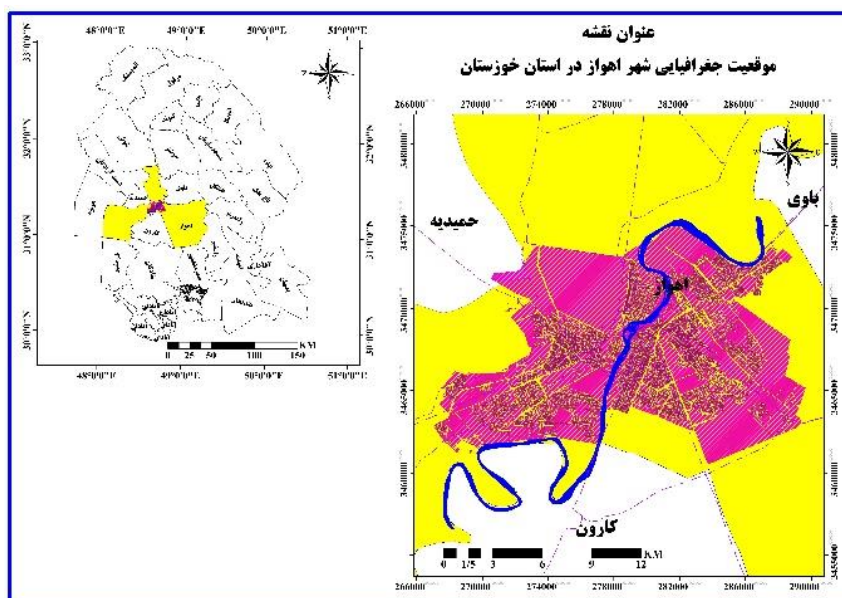
احدنژاد و همکارانش (۱۳۹۲) تحلیلی بر مکان‌یابی اراضی به منظور استقرار صنایع با استفاده از روش‌های AHP، VIKOR در بخش مرکزی منطقه آزاد ارس انجام دادند. در این پژوهش با لحاظ کردن ۱۲ معیار متنوع طبیعی و انسانی، با هدف کمک به تحقق توسعه پایدار، با استفاده از مدل AHP، به پهنه‌بندی اراضی بخش مرکزی منطقه آزاد ارس جهت تعیین مکان مناسب برای استقرار صنایع اقدام شد. نتایج پژوهش نشان داد اراضی کاملاً مناسب برای استقرار صنایع ۲۵۷۷ هکتار از اراضی محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود. با توجه به این که مدل AHP فقط توانایی شناسایی پهنه‌های مناسب و نامناسب برای استقرار صنایع را دارد و نمی‌تواند پهنه‌هایی را که ارزش برنامه‌ریزی دارند شناسایی کند، در ادامه این پژوهش با استفاده از قابلیت‌های نرم افزار

1. Sun etal
2. Wang
3. Otaru etal

GIS، به شناسایی و جداسازی پهنه‌های کاملاً مناسب، که حداقل ۲۰۰ هکتار مساحت داشته باشد، اقدام و با استفاده از مدل VIKOR و ۸ معیار موثر در امر مکان‌یابی صنایع اولویت‌بندی پهنه‌های شناسایی شده انجام شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد مکان فعلی صنایع در بخش مرکزی منطقه آزاد ارس با مکان‌های پیش‌بینی شده در این تحقیق مغایرت دارد. فیروزی (۱۳۹۵) به بررسی ارزیابی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی هوا و آلاینده‌های صنعتی در اهواز پرداخت. یافته‌های تحقیق بیانگر آن بود که شهر اهواز، بر اساس شاخص آلودگی هوا، در شرایط زیست‌محیطی ناپایداری قرار دارد، طوری که منطقه ۱ با ضریب اثر ۰,۳۲۶ بالاترین ارزش وزنی و منطقه ۲ با وزن ۰,۳۳ دارای کم‌ترین میزان آلودگی نسبت به سایر مناطق است. همچنین زیرشاخص طوفان‌های گردوغبار هم به صورت کلی مناطق شهر اهواز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. حسینی (۱۳۹۶) پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز با تأکید بر آلودگی هوا ارزیابی کرد. نتایج این تحقیق بیانگر آن بود که شرایط زیست‌محیطی شهر اهواز در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱ از نظر شاخص آلودگی به ویژه غلظت ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون به سمت ناپایداری سوق پیدا کرده است. به عبارت دیگر ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون و گاز ازون بیش از سایر آلاینده‌ها بر ناپایداری زیست‌محیطی شهر اهواز اثر گذاشته و گاز مونواکسیدکربن کمترین نقش را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته است. کشمیری و همکارانش (۱۳۹۷) آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از صنایع گاز و پتروشیمی و آثار آن بر سلامت ساکنان منطقه عسلویه، پایتخت انرژی ایران، را بررسی کردند. نشان داد تأثیر آلودگی ناشی از صنایع گاز و پتروشیمی بر محیط زیست و سلامت ساکنان منطقه بسیار جدی است. با توجه به نگرانی‌های عمومی، حساسیت ساکنان به آلودگی‌ها، خطرات احتمالی، و سرعت چشم‌گیر گسترش این صنایع در منطقه عسلویه سازمان‌های متولی سلامت عمومی مانند دانشگاه علوم پزشکی در استان بوشهر موظف به مطالعات بیشتر جهت پایش آلودگی‌های ناشی از صنایع گاز و پتروشیمی بر سلامت مردم در این منطقه‌اند تا با ارزیابی آلودگی‌های ناشی از این صنایع در جهت استاندارد سازی فعالیت‌های صنایع و جلوگیری از آسیب به سلامت مردم و کارکنان این صنایع اقدامات لازم صورت پذیرد.

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

شهر اهواز، به عنوان یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان، از نظر جغرافیایی در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این شهر ۲۲۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. وسعت شهر اهواز در محدوده قانونی شهری ۲۲۲ کیلومتر مربع، در محدوده خدماتی ۳۰۰ کیلومتر مربع، و در محدوده استحفاظی ۸۹۵ کیلومتر مربع است. این شهر دارای ۸ منطقه شهرداری است که هر یک سه یا چهار ناحیه دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر اهواز

روش و ابزار تحقیق

پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و دارای ماهیت کاربردی است. در این تحقیق برای بررسی پراکنش آلاینده‌های SO_x، NO_x، CO از نرم افزار SCREEN3 استفاده شد و داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش با توجه به نظر کارشناسان، معیارهای اصلی که شامل

معیارهای اقلیم^۱، عوامل طبیعی^۲، عوامل زیست‌محیطی^۳ و عوامل اقتصادی-اجتماعی^۴ هستند مشخص و سپس زیرمعیارها و گزینه‌ها برای هر معیار مشخص شد. پس از تعیین معیارها و فاکتورهای مورد نیاز در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت و اعمال محدودیت‌ها، نمودار سلسله‌مراتبی معیارها ساخته شد. سپس معیارها در ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه و وزن هر معیار نسبت به معیار دیگر بر حسب میزان اولویت به آن معیار اختصاص داده شد. نمره‌دهی بر اساس نظر کارشناسی توسط کارشناسان از طریق پرسشنامه اعمال شد. پس از تکمیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی، درخت معیارها در نرم‌افزار EC2000 تشکیل شد سپس، نمره‌های اعمال شده وارد نرم‌افزار EC2000 شد و وزن نسبی و همچنین وزن نهایی (Overall Priority) هر معیار، که از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها و زیرمعیارها در وزن گزینه‌ها حاصل می‌شود، به دست آمد. در حین مقایسه‌ی زوجی برای هر مجموعه، تجزیه و تحلیل میزان ناسازگاری به وسیله نرم‌افزار EC2000 صورت پذیرفت. پس از محاسبه‌ی وزن‌ها بر اساس مدل AHP و تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی، از قابلیت‌های نرم‌افزار GIS به منظور تلفیق و هم‌پوشانی نقشه‌ها استفاده شد، و در نهایت نقشه مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز تهیه شد.

یافته‌های پژوهش

یکی از مسائل مهم در استان خوزستان مصرف مواد نفتی برای مصارف گوناگون در بخش‌های مختلف است. مصارف نفتی استان از بخش‌های مختلف تأمین می‌شود که این منابع عبارت‌اند از: انبارهای محصولات تقطیری تولیدی آبادان و انبارهای نظامیه و خرمکوشک اهواز، که از این انبارها نفت و سایر فرآورده‌های آن به وسیله نفت‌کش‌های زمینی یا راه‌آهن به منظور تأمین سوخت مورد نیاز مصرف‌کنندگان خانگی، تجاری، صنعتی، و نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصارف کل مشتقات نفتی استان از تولیدات داخلی استان خوزستان به دست می‌آید. منشأ اصلی آلودگی هوا مصرف نفت، بنزین، گازوئیل، و دیگر سوخت‌های فسیلی است. به‌طورکلی

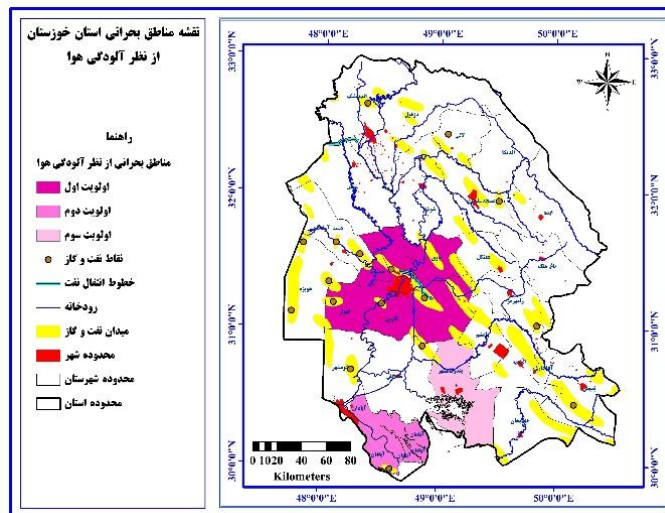
-
1. Climate factors
 2. Naturally factors
 3. Environmental factors
 4. Economic and social factors

عمده‌ترین سوخت‌های مصرفی را پنج فرآورده نفتی یعنی بنزین، نفت گاز، نفت سفید، نفت کوره و گاز طبیعی تشکیل می‌دهند که مصرف آن‌ها منشأ تولید انواع آلاینده‌های بسیار خطرناک هواست؛ از جمله اکسیدازت، هیدروکربن‌ها (CH)، منواکسیدکربن (CO)، ذرات معلق (SPM)، اکسید گوگرد (SOx)، دی‌اکسیدکربن (SO₂). گازهای گلخانه‌ای مانند CO₂، سبب بروز پدیده تغییرات آب‌وهوا و گرمایش جهانی می‌شود و از بعد جهانی حائز اهمیت است. در صورتی که سایر گازهای آلاینده، مانند CO و Sox و NOx، علاوه بر آن‌که موجب بروز مخاطرات بهداشتی و سلامتی برای انسان و سایر موجودات می‌شود بارش باران‌های اسیدی را نیز سبب می‌شود که منابع آب و خاک را آلوده می‌کند. از این رو، این نوع گازها عمدتاً از دیدگاه منطقه‌ای و ملی مورد توجه قرار می‌گیرند. بنابراین، میزان هر یک از آلاینده‌های یاد شده که از مصرف هر یک از سوخت‌های مورد اشاره تولید می‌شوند، مبین چگونگی وضعیت آلودگی منطقه مورد مطالعه است. در جدول ۱، میزان آلاینده‌های خطرناک و عمده ناشی از سوخت فرآورده‌های نفتی در استان خوزستان آمده است. بر اساس جدول ملاحظه می‌شود که بیشترین حجم تولید آلاینده مربوط به مونواکسیدکربن است که مقدار آن در استان خوزستان برابر با ۴۸۳۰۸۹ تن در سال ۱۳۹۷ برآورد شده است. هیدروکربنها NOx و HCs و SO₂، با تولید سالانه معادل ۱۲۲۸۸۹ و ۷۲۸۸۵ و ۶۱۱۱۳ تن در استان از نظر حجم تولید آلاینده‌ها در مراحل بعدی جای دارند.

جدول ۱. میزان آلاینده‌های هوا ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی در استان خوزستان (تن - ۱۳۹۷)

| SPM | HCs | CO | SO ₃ | SO ₂ | NOx | حجم سوخت مصرفی | آلاینده‌ها |
|------|--------|--------|-----------------|-----------------|-------|----------------|--------------------|
| | | | | | | | نوع سوخت |
| ۱۶۴۵ | ۷۹۶۴۶ | ۴۶۸۷۳۹ | - | ۱۸۹۶ | ۱۷۰۷۰ | ۱۲۵۷۰۱۴ | بنزین (مترمکعب) |
| ۱۹۰ | ۲۵ | ۱۶ | - | ۱۶۱ | ۱۴۶ | ۶۳۱۱۷ | نفت سفید (مترمکعب) |
| ۴۱۷۰ | ۴۳۰۴۳ | ۱۴۰۸۹ | ۵۱۳ | ۳۲۸۷۲ | ۵۲۸۳۰ | ۲۶۹۵۷۶۷ | نفت گاز (مترمکعب) |
| ۵۲۵ | ۱۷۵ | ۲۴۵ | ۳۷۶ | ۲۶۱۸۴ | ۳۸۳۹ | ۴۷۵۹۹۸ | نفت کوره (مترمکعب) |
| ۶۵۳۰ | ۱۲۲۸۸۹ | ۴۸۳۰۸۹ | ۸۸۹ | ۶۱۱۱۳ | ۷۲۸۸۵ | ۴۸۷۵۰۴۶ | جمع (مترمکعب) |

وجود کانون‌های نفتی در خطه استان خوزستان با آلودگی شدید، وجود مواد آلاینده نفتی، مواد گوگردی همراه با مواد آلی زنجیری و حلقوی سرطان‌زا و دود سیاه باعث شده آلودگی در حجم میلیون‌ها تن وارد اکوسیستم‌های طبیعی و محیط‌های زیست شهری استان خوزستان شود. در ارتباط با این مشکل، که به صورت جهانی نیز درآمده است، در کنوانسیون کویت راه‌حلی ارائه شده است. این آلاینده‌ها در جو در مجاورت رطوبت هوا تبدیل به باران اسیدی می‌شود و محصولات کشاورزی و پوشش گیاهی و زیستگاه حیوانات وحشی و... را از بین می‌برد و نهایتاً تغییرات عمده‌ای در درازمدت در آن‌ها ایجاد می‌کند. از جمله آثار استفاده نادرست از مواد نفتی می‌توان به رهاسازی این مواد در تالاب شادگان اشاره کرد. در این تالاب، که پناهگاه حیات وحش استان است، هر ساله با از بین رفتن صدها پرنده مهاجر آثار سوء زیست محیطی زیادی بر جای می‌ماند. حوزه نفتی بنگستان، واقع در اهواز، از مخازن نفتی بزرگ به شمار می‌رود و چاه‌های نفت متعدد آن حول و حوش شهر اهواز استقرار یافته است؛ به صورتی که در نیمه روز هاله‌ای از ابر سیاه در شرق اهواز توجه هر بیننده‌ای را ناخودآگاه به خود جلب می‌کند و شب هنگام از فاصله دور شعله‌های نفتی قابل رؤیت هستند. این چاه‌ها و سوختن مواد نفتی نامرغوب و فعالیت آگروزهای مخصوص شرکت نفت که یکی از مهم‌ترین منابع آلاینده هواس است به گونه‌ای است که گاز ترش (طبیعی و تصفیه‌نشده) همراه واحدهای بهره‌برداری اهواز، منصوری، آب تیمور، و کوپال میلیون‌ها فوت مکعب گاز سوزانده شده که باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند. به خصوص سوزاندن این گازها دوده بسیار در هوا تولید می‌کند، طوری که شهر اهواز، به علت مرکزیت داشتن فعالیت‌های مختلف صنایع ذوب فلزات و تولید کربن و صنایع نفت و تولید فولاد و نورد لوله و کارخانجات صنعتی سپینا و...، به صورت کانون آلودگی استان درآمده است (شکل ۲).



شکل ۲. مناطق بحرانی استان خوزستان از نظر آلودگی هوا

مدل‌سازی پراکنش آلودگی هوا توسط صنایع نفت با استفاده از مدل SCREEN3

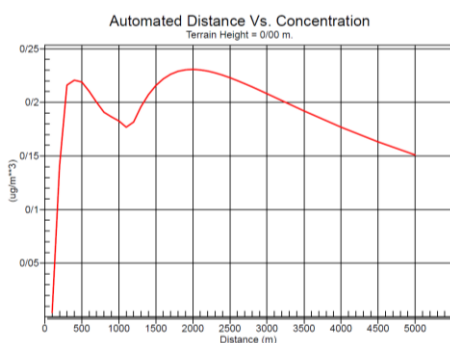
آلودگی هوا یکی از مسائل پیچیده جامعه بشری است که روز به روز بر پیچیدگی و آثار ناگوار ناشی از آن افزوده می‌شود. در آگوست ۱۹۹۵، آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) استانداردهای ملی آلاینده‌های خطرناک هوا (NESHAP) را برای پالایشگاه‌های نفت منتشر کرد. این استانداردها برای پالایشگاه‌های نفت، که مهم‌ترین منابع آلاینده‌های خطرناک هوا هستند، جهت تطابق با استانداردهای انتشار الزامی شد. بالاترین استاندارد تکنولوژی قابل دسترسی (MACT) برای پالایشگاه‌های نفت از اصلاحیه فعالیت هوای پاک در سال ۱۹۹۰ منشأ می‌گیرد (Act). تحت این بیانیه EPA انتشار ۱۸۸ آلاینده خطرناک هوا را اندازه‌گیری کرد. استاندارد پالایشگاه‌های نفت (MACT) برای واحدهای فرایندهای پالایش نفت و نقاط انتشار وابسته به آن‌ها کاربرد دارد. پالایشگاه‌های نفت از منابع عمده آلودگی هوا محسوب می‌شود. این پالایشگاه‌ها با انتشار انواع آلاینده‌های گازی نظیر NO_x ، HC ، CO_x ، PM ، SO_x ، H_2S ، و... سهم قابل توجهی در ایجاد مه‌دود فتوشیمیایی و آلاینده‌های ثانویه و خطرناک دارند. از طرفی، یکی از تولیدکننده‌های

گازهای گلخانه‌ای (CH_4 , CO_2) محسوب می‌شوند و در پدیده گرمایش جهانی نقش موثری دارند (Mrsa & Carija 2003).

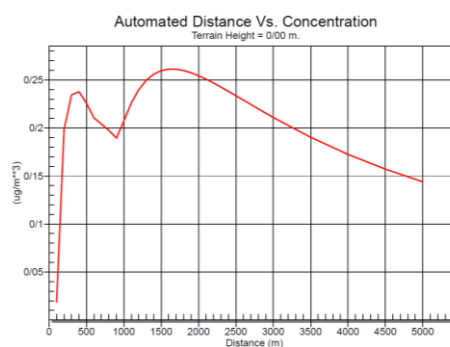
نرم افزار SCREEN3 برای بررسی پراکنش آلاینده های Sox, NOx, CO به منظور تعیین نقاط حساس و آسیب‌پذیر اطراف صنایع نفت شهر اهواز و مشخص شدن سهم صنایع نفت در آلودگی شهر اهواز و محیط اطراف خود، انتخاب شد. با استفاده از برنامه SCREEN3 میزان و نحوه پراکنش آلاینده های هوا حاصل از مصرف انواع سوخت در صنایع نفت و اثر انتشار این آلاینده ها در فواصل مختلف از دودکش مشخص می‌شود. برای اجرای برنامه SCREEN3 به اطلاعاتی در زمینه صنایع نفت نیاز است. اساس کار این برنامه بر مدل گوس است. مدل SCREEN3 به منظور ایجاد روشی ساده برای تخمین غلظت آلودگی بر اساس روش های screening طراحی شده است. برای اجرای برنامه SCREEN3 به اطلاعات ورودی نیاز است که این اطلاعات بدین شرح است: مقدار انتشار (g/s)، ارتفاع دودکش (متر)، قطر دهانه دودکش (متر)، سرعت گاز خروجی از دودکش (متر بر ثانیه (یا میزان جریان، مترمکعب بر ثانیه))، دمای گاز خروجی از دودکش (درجه کلوین)، دمای محیط (درجه کلوین، اگر مشخص نبود از ۲۷۳ درجه کلوین استفاده شود)، ارتفاع گیرنده از سطح زمین (متر) در این پژوهش ارتفاع گیرنده از سطح زمین عدد ۲ بر حسب متر (بستگی به ارتفاع گیاه و انسان و موجودات زنده دیگر دارد) در نظر گرفته شد و شهری یا روستایی بودن منطقه (شهری=U و روستایی=R) در این پژوهش بر حسب موقعیت شهری حالت U در نظر گرفته شد.

با دادن اطلاعات مربوط به صنایع نفت به برنامه، مقدار حداکثر آلاینده در فاصله ای از دودکش تعیین می‌شود. در شکل ۳ تا ۵ نحوه کاهش آلاینده های صنایع نفت اهواز مشخص است. در مورد صنایع نفت اهواز می‌توان گفت طبق نتایج به دست آمده به خصوص برای شرایط پایدار غلظت آلاینده ها در فاصله ۱۵۰۰ متری حداکثر است و با شیب ملایم غلظت کاسته می‌شود. بنابراین باید حداقل تا فاصله ۵۰۰۰ متری، که مقدار غلظت قابل توجه است، هیچ گونه فعالیتی مبنی بر سکونت وجود نداشته باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار حداکثر هر سه آلاینده در فاصله ۰-۲۵۰۰ متری از دودکش قرار دارد. یعنی در این فاصله موجودات زنده و غیرزنده

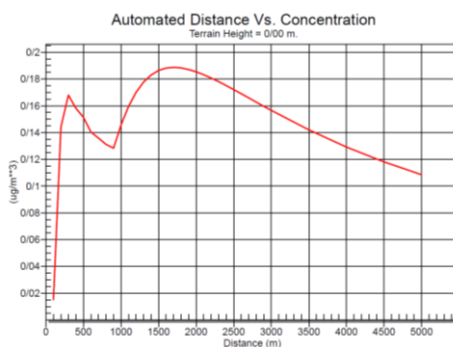
بیشترین آسیب را خواهند دید. بنابراین، آسیب پذیرترین نقطه اطراف پالایشگاه و در شعاع ۲۵ کیلومتری، فاصله ۲۵۰۰ متری از دودکش است و با افزایش فاصله میزان رسوب گازهای آلاینده کاهش می یابد. بر اساس بررسی های انجام شده درباره آلاینده های خروجی از دودکش های صنایع نفت اهواز، به خصوص CO و NOx و SO₂، مشاهده شد که گازها اثر نگران کننده ای بر سلامت انسان و محیط زیست می گذارند. بنابراین، در این پژوهش از مدل SCREEN3 به منظور بررسی اثر زیست محیطی و تاثیر صنایع نفت بر آلودگی هوای کلان شهر اهواز استفاده گردید. و میزان غلظت این گازها تا شعاع ۵۰۰۰ متری از دودکش با استفاده از این مدل پیش بینی شد.



شکل ۴. نمودار پراکنش آلاینده NO_x در نرم افزار SCREEN3



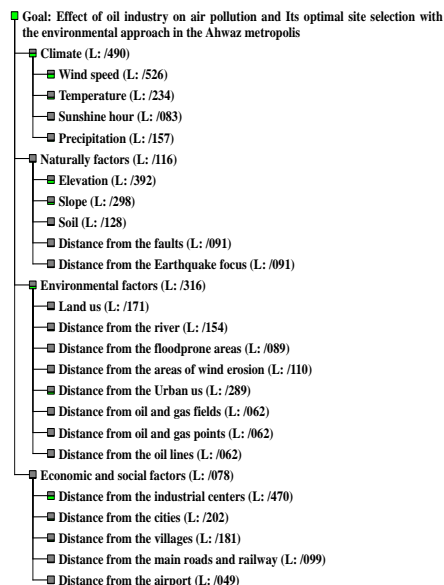
شکل ۳. نمودار پراکنش آلاینده CO در نرم افزار SCREEN3



شکل ۵. نمودار پراکنش آلاینده SO_x در نرم افزار SCREEN3

مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز با کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

۱. ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی: در اولین اقدام، با ساختار سلسله‌مراتبی مربوط به یک موضوع مشخص، در چهار سطح شامل هدف‌ها، معیارها، زیرمعیارها، و گزینه‌ها مواجهیم (Bowen 1990). تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به ساختاری سلسله‌مراتبی مهم‌ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است (Cimren et al. 1990). هدف استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، شناسایی گزینه‌های مرجع و همچنین تعیین رتبه‌گزینه‌ها با در نظر گرفتن همزمان همه معیارهای تصمیم‌گیری است (Saaty 2000) (شکل ۶).



شکل ۶. نمودار درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری در نرم افزار Expert Choice2000

۲. تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها: بعد از ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی، اولویت عناصر در هر سطح تعیین می‌شود (Saaty 1980). برای محاسبه ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، چند روش وجود دارد شامل: روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه، روش‌های تفریقی. روش بردار ویژه روشی متداول در رسیدن به وزن پارامترها از

یک ماتریس مقایسه زوجی است. در این روش، معیارها و زیرمعیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می شوند و درجه اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری مشخص می شود (Malczewski 2006). برای این کار، می توان از روش استاندارد ارائه شده ساعتی استفاده کرد. روش کار به این ترتیب است که به هر مقایسه دودویی، یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می شود. در جدول ۲ معنی هر عدد مشخص شده است. قبل از وزن دهی، باید وزن ها را نرمالیزه کرد. به منظور نرمالیزه کردن، می توان از روش های مختلفی استفاده کرد. در این مدل، از تقسیم هر وزن بر مجموع وزن های همان ستون استفاده شده است (Cimren et al. 1990).

جدول ۲. مقایسه ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی معیارها (Bertolini 2006)

| توضیح | تعریف | شدت اهمیت |
|--|-------------------|-----------|
| در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند. | اهمیت مساوی | ۱ |
| است. ز بیشتر از تجربه نشان می دهد که برای تحقق هدف اهمیت | اهمیت اندکی بیشتر | ۳ |
| است. ز خیلی بیشتر از تجربه نشان می دهد که اهمیت | اهمیت بیشتر | ۵ |
| است. ز خیلی بیشتر از تجربه نشان می دهد که اهمیت | اهمیت خیلی بیشتر | ۷ |
| به طور قطعی به اثبات رسیده است. ز نسبت به اهمیت خیلی بیشتر | اهمیت مطلق | ۹ |
| هنگامی که حالت های میانه وجود دارد. | | ۲ و ۴ و ۸ |

۳. تعیین ضریب اهمیت گزینه ها: بعد از تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه ها را باید تعیین کرد. در این مرحله، ارجحیت هر یک از گزینه ها در ارتباط با هر یک از زیرمعیارها و اگر معیاری زیرمعیار نداشته باشد مستقیم با خود آن معیار مورد قضاوت و داوری قرار می گیرد. در این حالت، قضاوت ها بر مبنای مقایسه دودویی و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت می پذیرد و نتیجه در ماتریس مقایسه دودویی معیارها، یا گزینه ها ثبت می شود و از طریق نرمالیزه کردن میانگین هندسی ردیف های این ماتریس ها، ضرایب اهمیت مورد نظر به دست می آید. با این حال، باید به تفاوتی عمده در این مقایسه ها اشاره شود (Bowen 1990). مقایسه گزینه های مختلف، نسبت به زیرمعیارها یا معیارها صورت می پذیرد؛ در صورتی که مقایسه معیارها با یکدیگر نسبت به هدف مطالعه صورت می پذیرد (Moreno 2005).

۴. تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها: در این مرحله، از تلفیق ضرایب اهمیت یاد شده «امتیاز نهایی» هر یک از گزینه‌ها تعیین می‌شود. برای این کار از «اصل ترکیب سلسله‌مراتبی» ساعتی، که به یک «بردار اولویت» با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در همه سطوح سلسله‌مراتبی می‌انجامد، استفاده می‌شود (Bowen 1990).

$$\text{امتیاز نهایی (اولویت) گزینه } z = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m w_k w_i(g_{ij}) \quad (1)$$

که در آن:

w_k ضریب اهمیت معیار k ,

w_i ضریب اهمیت زیرمعیار i ,

g_{ij} امتیاز گزینه j در ارتباط با زیرمعیار i است.

به عبارت ساده‌تر از ضرب هر یک از معیارها در زیرمعیار مربوط به آن و از ضرب عدد به دست آمده در امتیاز گزینه مربوطه، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها به دست می‌آید (Malczewski 2005).

۵. بررسی سازگاری در قضاوت‌ها: یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. مکانیسمی که ساعتی برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری^۱ است. که از تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I.) به شاخص تصادفی بودن (R.I.) حاصل می‌شود. چنان‌چه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود (Saaty 1980). شاخص ناسازگاری (I.I.) به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (2)$$

λ_{\max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس، n طول ماتریس، و I.I. شاخص ناسازگاری است.

شاخص تصادفی (R.I.) به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود (Saaty 1980):

$$I.R. = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

مقادیر این شاخص برای ماتریس های n بعدی مطابق جدول ۳ است.

جدول ۳. شاخص ناسازگاری برای ماتریس های تصادفی (R.I.) برای ماتریس مقایسه با ابعاد n (Bertolini 2006)

| N | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
|------|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| R.I. | ۰ | ۰ | ۰/۵۸ | ۰/۹ | ۱/۱۲ | ۱/۲۴ | ۱/۳۲ | ۱/۴۱ | ۱/۴۵ | ۱/۴۹ |

تعیین ضریب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

در این مرحله از پژوهش، پس از شناسایی معیارها و شاخص های مؤثر در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست محیطی در کلان‌شهر اهواز، هر یک از عوامل یاد شده با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP با نرم‌افزار Expert Choice 2000 و با تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسان و استادان و مسئولان امر این شاخص ها و وزن‌دهی و اولویت‌بندی شده‌اند. ابتدا وزن بین معیارها، با توجه به اهمیت معیارها در مقابل یک‌دیگر نسبت به هدف، تعیین می‌شود. سپس معیارهای لایه های اصلی با یک‌دیگر مقایسه می‌شوند. جدول ۴ مقایسه زوجی معیارها را نشان می‌دهد. در جدول ۴، اعداد نمایش داده شده بر اساس اهمیت معیار ردیف افقی نسبت به معیار ردیف عمودی‌اند. مقدار هر عدد نیز با توجه به مقادیر جدول ۲ و بر اساس معیار ساعتی تعیین شده است. شکل ۷ نمودار درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری معیارها در نرم‌افزار Expert Choice 2000 و شکل ۸ نمودار تحلیل انجام شده از معیارها در نرم‌افزار Expert Choice 2000 را نشان می‌دهد.

۱. معیار اقلیم: شرایط اقلیمی در استقرار صنایع نقش مهمی دارند و از دیدگاه زیست محیطی به آثار صنایع بر میزان آلودگی آب و هوا و صدا در محیط شهری باید توجه شود. مهم‌ترین متغیرهای این تحقیق عوامل اقلیمی است. در این بررسی زیرمعیارهای اقلیمی شامل: سرعت باد، دما، ساعات آفتابی و بارندگی است.

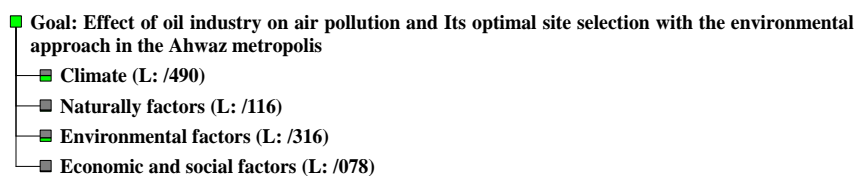
۲. معیار عوامل طبیعی: یکی از عوامل اصلی که باید در مکان‌یابی صنایع مورد توجه قرار گیرد معیار عوامل طبیعی است. زیرمعیارهای ارتفاع، شیب، خاک، فاصله از گسل‌ها، و فاصله از کانون های زلزله از معیارهای عوامل طبیعی محسوب می‌شوند که پس از وزن‌دهی در محیط GIS بررسی و تجزیه و تحلیل شدند.

۳. معیار عوامل زیست محیطی: معیار عوامل زیست محیطی یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی

صنایع به شمار می‌آیند. توجه به مسائل زیست محیطی در مکان‌یابی صنایع در حال حاضر یکی از اهداف مهم پژوهشی در ایران و جهان است. از زیرمعیارهای عوامل زیست محیطی می‌توان کاربری اراضی، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از مناطق سیل‌خیز، فاصله از مناطق فرسایش بادی، فاصله از کاربری‌های شهری، فاصله از میدان‌های نفت و گاز، فاصله از نقاط نفت و گاز، و فاصله از خطوط لوله انتقال نفت را نام برد.

۴. معیار عوامل اقتصادی-اجتماعی: یکی از معیارهای مهم مورد بررسی در مکان‌یابی صنایع معیار اقتصادی-اجتماعی هستند. معیار اقتصادی-اجتماعی شامل زیرمعیارهای فاصله از مراکز صنعتی موجود، فاصله از شهرها، فاصله از روستاها، فاصله از راه‌های اصلی و راه آهن، و فاصله از فرودگاه است.

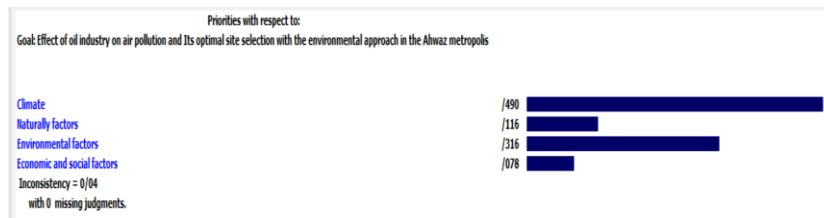
نتایج پژوهش در مرحله اول حاکی از آن است که از ۴ معیار اقلیم، عوامل طبیعی، عوامل زیست محیطی و عوامل اقتصادی-اجتماعی، معیار اقلیم با وزن نسبی ۰/۴۹۰ بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت در کلان‌شهر اهواز دارد. در مرتبه دوم معیار عوامل زیست محیطی قرار دارد که وزن نسبی ۰/۳۱۶ را به خود اختصاص داده است. معیارهای عوامل طبیعی و عوامل اقتصادی-اجتماعی نیز به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۱۶ و ۰/۰۷۸ در اولویت‌های سوم و چهارم قرار دارند (شکل ۸).



شکل ۷. نمودار درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری معیارها در نرم افزار Expert Choice2000

جدول ۸. مقایسه زوجی معیارها و وزن نسبی معیارها در نرم افزار Expert Choice2000

| | Climate | Naturally factors | Environmental factors | Economic and social factors |
|-----------------------------|---------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Climate | 1 | 5/0 | 2/0 | 4/0 |
| Naturally factors | | 1 | 3/0 | 2/0 |
| Environmental factors | | | 1 | 5/0 |
| Economic and social factors | | | | 1 |



شکل ۸. نمودار تحلیل انجام شده از معیارها در نرم افزار Expert Choice2000

جدول ۵، مقایسه زوجی گزینه ها و وزن نهایی را نشان می دهد. در این مرحله، برای هر زیرمعیار، گزینه های آن با یکدیگر مقایسه می شوند.

جدول ۵. محاسبه وزن گزینه ها و وزن نهایی بر اساس مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

| وزن نرمال | جمع گزینه ها | وزن نسبی | وزن گزینه ها | گزینه | زیرمعیار | معیار |
|-----------|--------------|-------------|--------------|-------|-----------------------------------|----------------------|
| 0/146 | 0/99975531 | 0/1456231 | 0/565 | 1 | سرعت باد 0/526 | |
| 0/068 | 0/99975531 | 0/06752788 | 0/262 | 2 | | |
| 0/030 | 0/99975531 | 0/03041332 | 0/118 | 3 | | |
| 0/014 | 0/99975531 | 0/0141757 | 0/055 | 4 | | |
| 0/051 | 0/99975531 | 0/05056506 | 0/441 | 1 | دما 0/234 | اقلیم 0/49 |
| 0/038 | 0/99975531 | 0/03749382 | 0/327 | 2 | | |
| 0/019 | 0/99975531 | 0/01880424 | 0/164 | 3 | | |
| 0/008 | 0/99975531 | 0/00779688 | 0/068 | 4 | | |
| 0/018 | 0/99975531 | 0/01826083 | 0/449 | 1 | ساعات آفتابی 0/083 | |
| 0/013 | 0/99975531 | 0/01293306 | 0/318 | 2 | | |
| 0/006 | 0/99975531 | 0/00630385 | 0/155 | 3 | | |
| 0/003 | 0/99975531 | 0/00313159 | 0/077 | 4 | | |
| 0/034 | 0/99975531 | 0/03392613 | 0/441 | 1 | بارندگی 0/157 | |
| 0/025 | 0/99975531 | 0/02515611 | 0/327 | 2 | | |
| 0/013 | 0/99975531 | 0/01261652 | 0/164 | 3 | | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/00523124 | 0/068 | 4 | | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/005047392 | 0/111 | 1 | ارتفاع 0/392 | |
| 0/024 | 0/99975531 | 0/023781856 | 0/523 | 2 | | |
| 0/011 | 0/99975531 | 0/01091328 | 0/24 | 3 | | |
| 0/006 | 0/99975531 | 0/005729472 | 0/126 | 4 | | |
| 0/020 | 0/99975531 | 0/01953092 | 0/565 | 1 | شیب 0/298 | |
| 0/009 | 0/99975531 | 0/009056816 | 0/262 | 2 | | |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/004079024 | 0/118 | 3 | | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/00190124 | 0/055 | 4 | | |
| 0/008 | 0/99975531 | 0/007824896 | 0/527 | 1 | خاک 0/128 | عوامل طبیعی 0/116 |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/004142592 | 0/279 | 2 | | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/000950272 | 0/064 | 3 | | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/001945088 | 0/131 | 4 | | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/00058058 | 0/055 | 1 | فاصله از گسل ها 0/091 | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/001245608 | 0/118 | 2 | | |
| 0/003 | 0/99975531 | 0/002765672 | 0/262 | 3 | | |
| 0/006 | 0/99975531 | 0/00596414 | 0/565 | 4 | | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/00058058 | 0/055 | 1 | فاصله از کانون های زلزله 0/091 | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/001245608 | 0/118 | 2 | | |
| 0/003 | 0/99975531 | 0/002765672 | 0/262 | 3 | | |
| 0/006 | 0/99975531 | 0/00596414 | 0/565 | 4 | | |

ادامه جدول ۵. محاسبه وزن گزینه‌ها و وزن نهایی بر اساس مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

| وزن نرمال | وزن نسبی | وزن گزینه‌ها | گزینه | زیرمعیار | معیار |
|-----------|------------|--------------|-------|----------|--|
| 0/005 | 0/99975531 | 0/005241492 | 0/097 | 1 | کاربری اراضی 0/171 |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/004268844 | 0/079 | 2 | |
| 0/011 | 0/99975531 | 0/010861236 | 0/201 | 3 | |
| 0/034 | 0/99975531 | 0/033664428 | 0/623 | 4 | |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/004185104 | 0/086 | 1 | فاصله از رودخانه‌ها 0/154 |
| 0/021 | 0/99975531 | 0/020974184 | 0/431 | 2 | |
| 0/016 | 0/99975531 | 0/015718472 | 0/323 | 3 | |
| 0/008 | 0/99975531 | 0/007737576 | 0/159 | 4 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/00154682 | 0/055 | 1 | فاصله از مناطق سیل‌خیز 0/089 |
| 0/003 | 0/99975531 | 0/003318632 | 0/118 | 2 | |
| 0/007 | 0/99975531 | 0/007368488 | 0/262 | 3 | |
| 0/016 | 0/99975531 | 0/01589006 | 0/565 | 4 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/0019118 | 0/055 | 1 | فاصله از مناطق فرسایش بادی 0/11 |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/00410168 | 0/118 | 2 | |
| 0/009 | 0/99975531 | 0/00910712 | 0/262 | 3 | |
| 0/020 | 0/99975531 | 0/0196394 | 0/565 | 4 | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/00502282 | 0/055 | 1 | فاصله از کاربری‌های شهری 0/289 |
| 0/011 | 0/99975531 | 0/010776232 | 0/118 | 2 | |
| 0/024 | 0/99975531 | 0/023926888 | 0/262 | 3 | |
| 0/052 | 0/99975531 | 0/05159806 | 0/565 | 4 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/001802464 | 0/092 | 1 | فاصله از میدان‌های نفت و گاز 0/062 |
| 0/010 | 0/99975531 | 0/010129064 | 0/517 | 2 | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/005368208 | 0/274 | 3 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/002292264 | 0/117 | 4 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/002174712 | 0/111 | 1 | فاصله از نقاط نفت و گاز 0/062 |
| 0/010 | 0/99975531 | 0/010246616 | 0/523 | 2 | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/00470208 | 0/24 | 3 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/002468592 | 0/126 | 4 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/001586952 | 0/081 | 1 | فاصله از خطوط نفت 0/062 |
| 0/011 | 0/99975531 | 0/010893152 | 0/556 | 2 | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/004878408 | 0/249 | 3 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/00225308 | 0/115 | 4 | |
| 0/012 | 0/99975531 | 0/0119145 | 0/325 | 1 | فاصله از مراکز صنعتی موجود 0/47 |
| 0/017 | 0/99975531 | 0/0168636 | 0/46 | 2 | |
| 0/005 | 0/99975531 | 0/00546234 | 0/149 | 3 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/00245622 | 0/067 | 4 | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/001165944 | 0/074 | 1 | فاصله از شهرها 0/202 |
| 0/009 | 0/99975531 | 0/008650044 | 0/549 | 2 | |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/003907488 | 0/248 | 3 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/002032524 | 0/129 | 4 | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/001044732 | 0/074 | 1 | فاصله از روستاها 0/181 |
| 0/008 | 0/99975531 | 0/007750782 | 0/549 | 2 | |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/003501264 | 0/248 | 3 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/001821222 | 0/129 | 4 | |
| 0/004 | 0/99975531 | 0/004069494 | 0/527 | 1 | فاصله از راه‌های اصلی و راه آهن 0/099 |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/002154438 | 0/279 | 2 | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/001011582 | 0/131 | 3 | |
| 0/000 | 0/99975531 | 0/000494208 | 0/064 | 4 | |
| 0/002 | 0/99975531 | 0/002014194 | 0/527 | 1 | فاصله از فرودگاه 0/049 |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/001066338 | 0/279 | 2 | |
| 0/001 | 0/99975531 | 0/000500682 | 0/131 | 3 | |
| 0/000 | 0/99975531 | 0/000244608 | 0/064 | 4 | |

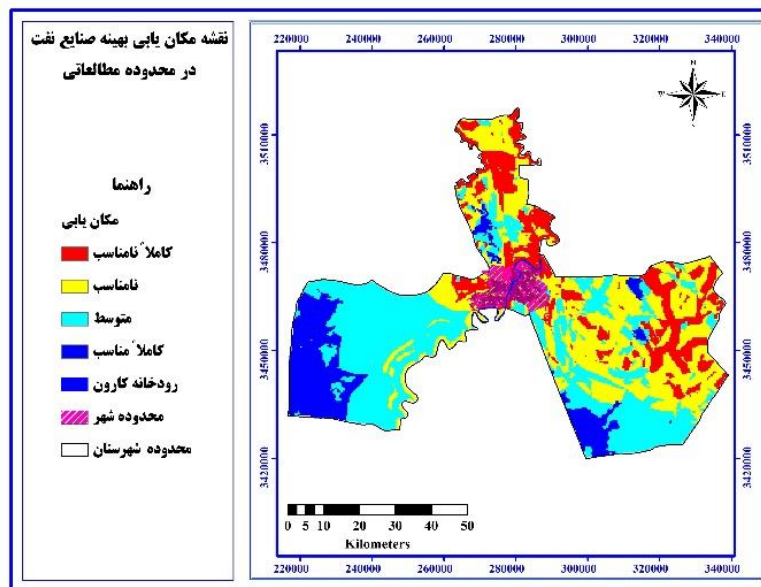
عوامل زیست محیطی
0/316عوامل اقتصادی-اجتماعی
0/078

در این مرحله از پژوهش، پس از تهیه همه لایه‌های اطلاعاتی و تعیین عوامل مؤثر در مکان یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز و مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی به کمک نرم افزار ArcGIS به تهیه نقشه‌های فاکتورهای مؤثر در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت پرداخته شد. پس از وزن‌دهی لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی بر اساس مدل AHP، از قابلیت‌های نرم افزار ArcGIS به منظور تلفیق و هم‌پوشانی نقشه‌ها استفاده شد. در نهایت نقشه در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز تهیه شد. نقشه به دست آمده بر اساس مدل AHP (فرایند تحلیل سلسله مراتبی)، ۴ پهنه متفاوت (محدوده کاملاً نامناسب، نامناسب، متوسط، کاملاً مناسب) را برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت در کلان‌شهر اهواز نشان می‌دهد که به ترتیب از کمترین قابلیت برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت و تا بیشترین قابلیت برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت را نشان می‌دهد.

طبقه دوم یا محدوده نامناسب ۹۲۵۹ هکتار از کل منطقه یا به عبارتی ۳۳/۲۲ درصد از کل منطقه را به خود اختصاص داده است. طبقه سوم یا محدوده متوسط ۱۰۱۴۹ هکتار یا ۳۶/۴۲ درصد از کل منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. پهنه چهارم (محدوده کاملاً مناسب) نشان دهنده مناسب‌ترین مکان‌ها برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت است که ۳۷۲۶ هکتار (۱۳/۳۷ درصد) از اراضی منطقه را به خود اختصاص داده است. عمده مناطق کاملاً مناسب برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت در قسمت غرب، جنوب، جنوب غربی، و قسمت‌های از شرق و شمال منطقه مورد مطالعه است. در مورد پهنه اول (مناطق کاملاً نامناسب) برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت که ۴۷۳۱ هکتار (۱۶/۹۷ درصد) از اراضی بخش شمال و شرق و قسمت‌های مرکزی منطقه مطالعاتی را به خود اختصاص داده است (جدول ۶) (شکل ۹).

جدول ۶. مشخصات نقشه مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با روش AHP

| ردیف | کلاس | مساحت (هکتار) | درصد |
|------|----------------|---------------|-------|
| ۱ | کاملاً نامناسب | ۴۷۳۱ | ۱۶/۹۷ |
| ۲ | نامناسب | ۹۲۵۹ | ۳۳/۲۲ |
| ۳ | متوسط | ۱۰۱۴۹ | ۳۶/۴۲ |
| ۴ | کاملاً مناسب | ۳۷۲۶ | ۱۳/۳۷ |
| | مجموع و درصد | ۲۷۸۶۵ | ۱۰۰ |



شکل ۹. نقشه مکان‌یابی بهینه صنایع نفت به روش AHP

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عوامل آلاینده‌های استان خوزستان عبارت‌اند از: منابع آلوده‌کننده هوا از منابع شهری، صنایع آلوده‌کننده هوا در استان مانند صنایع فلزی فابریکی، صنایع کانی غیرفلزی، صنایع شیمیایی و فرآورده‌های حاصل از نفت، صنایع پتروشیمی و پالایشگاه‌ها و میدان تولید نفت و گاز استان خوزستان، منابع کشاورزی آلوده‌کننده هوا، منابع متفرقه آتش‌سوزی‌ها، طوفان‌های گردوغبار، آتش‌زدن زباله‌های شهری، و... در سال‌های اخیر هجوم ریزگردها به ویژه از کشورهای غربی و جنوب غربی استان. نزدیکی چاه‌ها و سوختن مواد نفتی نامرغوب و فعالیت‌های آگروزهای مخصوص شرکت نفت، که یکی از منابع مهم آلاینده‌هاست. شهر اهواز به علت مرکزیت داشتن فعالیت‌های مختلف صنایع ذوب فلزات و تولید کربن و صنایع نفت، تولید فولاد، نورد لوله و کارخانجات صنعتی سپنتا و... به صورت کانون آلودگی استان درآمده است. شهر اهواز به علت مرکزیت داشتن فعالیت‌های مختلف صنایع ذوب فلزات و تولید کربن و صنایع نفت، تولید فولاد، نورد لوله، کارخانجات صنعتی سپنتا، و... به صورت کانون آلودگی استان درآمده

است. در این مطالعه میزان آلاینده‌های خطرناک و عمده ناشی از سوخت فرآورده های نفتی در استان خوزستان بررسی شد. همان طور که ملاحظه می شود بیشترین حجم تولید آلاینده مربوط به مونواکسیدکربن است که مقدار آن در استان خوزستان برابر با ۴۸۳۰۸۹ تن در سال ۱۳۹۷ برآورد شده است. هیدروکربن‌ها NOx، HCs و SO₂ در میزان آلودگی در استان از نظر حجم تولید آلاینده‌ها در مراحل بعدی جای دارند.

جهت بررسی و مدل‌سازی پراکنش آلودگی هوا توسط صنایع نفت در کلان‌شهر اهواز از مدل SCREEN3 استفاده شد. با استفاده از برنامه SCREEN3 میزان و نحوه پراکنش آلاینده‌های هوای حاصل از مصرف انواع سوخت در صنایع نفت و اثر انتشار این آلاینده‌ها در فواصل مختلف از دودکش مشخص شد. برای اجرای برنامه SCREEN3 نیاز به اطلاعات ورودی است که این اطلاعات بدین شرح است: مقدار انتشار (g/s)، ارتفاع دودکش (متر)، قطر دهانه دودکش (متر)، سرعت گاز خروجی از دودکش (متر بر ثانیه (یا میزان جریان، مترمکعب بر ثانیه))، دمای گاز خروجی از دودکش (درجه کلوین)، دمای محیط (درجه کلوین اگر مشخص نباشد از ۲۷۳ درجه کلوین استفاده شود). در مورد صنایع نفت اهواز می توان گفت که طبق نتایج به خصوص برای شرایط پایدار غلظت آلاینده ها در فاصله ۱۵۰۰ متری حداکثر مقدار خود را دارد و با شیب ملایم غلظت کاسته می شود. بنابراین باید حداقل تا فاصله ۵۰۰۰ متری، که مقدار غلظت قابل توجه است هیچ گونه فعالیتی مبنی بر سکونت وجود نداشته باشد. مقدار حداکثر آلاینده ها در فاصله ۲۵۰۰-۰ متری از دودکش قرار دارد. یعنی در این فاصله موجودات زنده و غیرزنده بیشترین آسیب را خواهند دید. بنابراین، آسیب‌پذیرترین نقطه اطراف پالایشگاه و در شعاع ۲۵ کیلومتری و فاصله ۲۵۰۰ متری از دودکش است و با افزایش فاصله میزان رسوب گازهای آلاینده کاهش می یابد. با توجه به بررسی های انجام شده درباره آلاینده های خروجی از دودکش های صنایع نفت اهواز، به خصوص CO و NOx و SO₂ مشاهده شد که گازها اثر نگران‌کننده‌ای بر سلامت انسان و محیط زیست می گذارند. بنابراین در این پژوهش از مدل SCREEN3 به منظور بررسی اثر زیست محیطی و تاثیر صنایع نفت بر آلودگی هوای کلان‌شهر اهواز استفاده شد. و میزان غلظت این گازها تا شعاع ۵۰۰۰ متری از دودکش با استفاده از این مدل پیش‌بینی شد.

بر اساس هدف تحقیق که مکان‌یابی بهینه صنایع نفت با رویکرد زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز است لازم شد این مکان‌ها با توجه به یک سری معیارها و شاخص‌ها بررسی شوند، برای این ارزیابی، اطلاعات مورد نیاز تهیه شد و با استفاده از توانمندی‌های تکنیک AHP و نرم افزار Expert Choice 2000 تأثیر متقابل هر یک از پارامترها در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت مورد سنجش قرار گرفت. بدین ترتیب چهار معیار اقلیم، عوامل طبیعی، عوامل زیست‌محیطی و عوامل اجتماعی-اقتصادی انتخاب شد که در مجموع شامل ۲۲ زیرمعیار و ۸۸ گزینه می‌شوند. نتایج پژوهش در مرحله اول حاکی از آن بود که از چهار معیار اقلیم، عوامل طبیعی، عوامل زیست‌محیطی و عوامل اقتصادی-اجتماعی، معیار اقلیم با وزن نسبی ۰/۴۹۰ بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی بهینه صنایع نفت در کلان‌شهر اهواز دارد. در مرتبه دوم معیار عوامل زیست‌محیطی قرار دارد که وزن نسبی ۰/۳۱۶ را به خود اختصاص داده است. معیارهای عوامل طبیعی و عوامل اقتصادی-اجتماعی نیز به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۱۶ و ۰/۰۷۸ در اولویت‌های سوم و چهارم قرار دارند. نقشه به دست‌آمده بر اساس مدل AHP (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی)، چهار پهنه متفاوت (محدوده کاملاً نامناسب، نامناسب، متوسط، کاملاً مناسب) برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت در کلان‌شهر اهواز را نشان می‌دهد. عمده مناطق کاملاً مناسب برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت در قسمت غرب، جنوب، جنوب غربی، قسمت‌هایی از شرق و شمال منطقه مورد مطالعه است. پهنه اول (مناطق کاملاً نامناسب) برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت ۴۷۳۱ هکتار (۱۶/۹۷ درصد) از اراضی بخش شمال، شرق، و قسمت‌های مرکزی منطقه مطالعاتی را به خود اختصاص داده است. مناسب‌ترین مکان‌ها برای استقرار مکان‌های بهینه صنایع نفت ۳۷۲۶ هکتار (۱۳/۳۷ درصد) از اراضی منطقه را به خود اختصاص داده است.

پیشنهاد

۱. یکی از ملاحظات مهم در اجرای سیستم کنترل و مدیریت آلودگی هوا پایش آلاینده‌های هوا و انتخاب مکان مناسب برای ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا است. هر محدوده نفتی باید مجهز به سیستم پایش کیفیت هوا شود.

۲. پایداری کلان شهر اهواز باید با دیدگاه کل نگر و همه جانبه در همه سطوح محلی، ملی و فراملی به طور هم زمان پیگیری شود. بر این اساس با شناخت راهبردهای بهینه برای به کارگیری در فرایند توسعه فضایی و حفظ پایداری این شهر، اثر توسعه شهری بر ناپایداری شاخص های زیست محیطی، شناخت آلودگی های زیست محیطی ناشی از گسترش بی رویه شهر، و اجرای طرح ها و مطالعات زیست محیطی شهری می توان به مدیریت پایدار زیست محیطی در شهر اهواز اقدام کرد.
۳. مکان یابی مجدد برخی از صنایع به ویژه ناحیه صنعتی کارون و شرکت راکتورسازی ایران و بررسی مکان فعلی صنایعی که در آلودگی هوای اهواز نقش دارند.
۴. پیشنهاد می شود در بررسی معیارهای تاثیرگذار در مکان یابی مناطق صنعتی، علاوه بر پارامترهای اقتصادی و اجتماعی، پارامترهای محیط زیستی نیز در نظر گرفته شوند تا ضمن افزایش منافع اقتصادی و اجتماعی، با کاهش مصرف منابع و کاهش اثر منفی، پایداری و حفظ محیط زیست نیز تأمین شود.
۵. به پژوهشگران بعدی پیشنهاد می شود آلودگی هر یک از مراکز صنایع نفت در اهواز را به طور جداگانه بررسی کنند و علاوه بر آلودگی هوا دفع پسماندهای صنعتی در هر محدوده را به طور مجزا مطالعه کنند.
۶. با توجه به نگرانی های عمومی، حساسیت ساکنان به آلودگی ها، خطرات احتمالی، و سرعت چشم گیر گسترش این صنایع در کلان شهر اهواز سازمان های متولی سلامت عمومی، مانند دانشگاه علوم پزشکی در استان خوزستان موظف به مطالعات بیشتر جهت پایش آلودگی های ناشی از صنایع گاز و نفت بر سلامت مردم در این منطقه اند تا با ارزیابی آلودگی های ناشی از این صنایع در جهت استانداردسازی فعالیت های صنایع و جلوگیری از آسیب به سلامت مردم و کارکنان این صنایع اقدامات لازم صورت پذیرد.
۷. پیشنهاد می شود برای همه مراکز صنعتی، با توجه به استانداردهای بین المللی با هدف استقرار صنایع مکان یابی بهینه انجام و نتیجه با مکان فعلی آن ها مقایسه شود و سهم هر یک از آن ها در آلودگی بررسی شود.

۸. پیشنهاد می‌شود با هدف پایش آلودگی هر یک از مراکز صنعت نفت، ایجاد فضا برای تبادل تجربیات و دستاوردهای زیست محیطی بین واحدهای صنعتی صورت گیرد و مدیران صنایع جهت کاهش صدمات زیست محیطی صنایع تشویق شوند.
۹. به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای در زمینه بازیافت پسماندهای صنعت نفت و آلودگی نفتی انجام دهند که به شدت در آلودگی هوای اهواز نقش دارند.
۱۰. پیشنهاد می‌شود در مطالعات تکمیلی دوره‌های طولانی‌تر و آلاینده‌های بیشتری با توجه به فرایندها مواد مصرفی صنایع نفت صورت گیرد تا خطرات احتمالی دیگر مشخص و راه حل‌های مناسب برای جلوگیری از آن‌ها تعیین شود.

منابع

- احدنژاد، محسن؛ علی زلفی؛ محمدجواد نوروزی (۱۳۹۲). «تحلیلی بر مکان‌یابی اراضی به منظور استقرار صنایع با استفاده از روش‌های AHP و VIKOR (نمونه موردی: بخش مرکزی منطقه آزاد ارس)»، *آمایش محیط، ش ۲۴، صص ۶۳ - ۸۲*.
- برنا، ر. (۱۳۹۶). «مکان‌یابی صنایع با استفاده از AHP در محیط ساج مطالعه موردی: استان خوزستان»، *اطلاعات جغرافیایی، د ۲۶، ش ۱۰۳، ۱۶۱-۱۷۵*.
- پولاددژ، م. (۱۳۷۳). *اصول و مبانی آمایش سرزمین در بخش صنعت، شرکت شهرک‌های صنعتی ایران*. حسینی، س. س.؛ ز. نادرخانی؛ ب. ا. یزدان‌بخش (۱۳۹۶). «ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز با تأکید بر آلودگی هوا (با استفاده از روش FPPSI)»، *محیط زیست طبیعی، د ۷۰، ش ۲، صص ۳۰۹ - ۳۱۷*.
- حیدرپورچنار، ک؛ ت. نصرآبادی؛ ن. حیدرنژاد؛ ح. هویلی. (۱۳۹۲). «بررسی انتشار آلاینده‌های شاخص ناشی از دودکش‌های پالایشگاه نفت و ارزیابی ریسک سلامت پرسنل در مواجهه با آن (مطالعه موردی: پالایشگاه نفت شهید تندگویان تهران)»، *سومین همایش ملی سلامت، محیط زیست، و توسعه پایدار*.
- زنگانه، ا.؛ م. سلیمانی (۱۳۸۴). «مکان‌یابی شهر صنعتی و اثرات زیست‌محیطی آن بر شهر اراک»، *پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۵۱، صص ۳۳ - ۴۹*.
- فیروزی، م.ع. (۱۳۹۵). «ارزیابی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی هوا و آلاینده‌های صنعتی»، *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، س ۸، ش ۱، پیاپی ۱۵*.
- کرباسی، عبدالرضا؛ فریده عتابی؛ ناهید اسلامی علیشاه (۱۳۸۷). «بررسی میزان پراکنش اکسیدهای ازت و گوگرد از چهار نیروگاه کشور»، *علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲، ۱۰، صص ۲۳ - ۳۳*.
- کشمیری، س.؛ ص. پردل؛ ع.ر. رئیسی؛ ا. نبی‌پور؛ ح. دارابی؛ س. جمالی (۱۳۹۷). «بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از صنایع گاز و پتروشیمی و اثرات آن بر سلامت ساکنین منطقه عسلویه، پایتخت انرژی ایران (یک مطالعه مروری)»، *طب جنوب، ۲۱ (۲)، صص ۱۶۲ - ۱۸۵*.
- گلستانی، شهرام؛ سعید صدرزاده مقدم؛ صفیه عظیم‌زاده (۱۳۹۱). «مطالعه مکان‌یابی استقرار یک پالایشگاه نفت با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های لاجیت و پرابیت»، *اقتصاد*

References

- Bertolini, M. (2006). Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, 17 January.
- Bowen, W. M. (1990). "Subjective judgments and data environment analysis in site selection", *Computer, Environment and Urban Systems*, 14, pp. 133-144.
- Cimren, E., Çatay, B., & Budak, E. (2007). "Development of a machine tool selection system using AHP", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35, pp. 363-376.
- Ferna'ndez, R. (2009). "Descriptive Model and Evaluation System to Locate Sustainable Industrial Areas", *Journal of Cleaner Production*, 17, pp. 87-100.
- Malczewski, J. (2000). "On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches", *Transactions in GIS*, 4(1), pp. 5-22.
- Malczewski, J. (2006). "GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature", *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), pp. 703-726.
- Moreno, J. (2005). "A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP- group decision making", *Group Decision and Negotiation*, 14, pp. 89-108.
- Mrsa, Z. & Carija, Z. (2003). "Maximum Air Pollution Simulation Using Genetic Algorithm", 4th international congress of creation society of mechanics, pp. 18-20.
- Otaru, A., Odigure, J., Okafor, J., & Abdulkareem, A. (2015). "Model prediction of particulate dispersion from a Cement Mill Stack: Case study of a Cement Plant in Nigeria", *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 2(3), pp. 97-110.
- Ruiz, M.C. (2007). "The Development of a New Methodology Based on GIS and Fuzzy Logic to Locate Sustainable Industrial Areas", Paper presented at the Geographic Information Science. (in Persian)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.
- Saaty, T.L. (2000). *Fundamentals of decision making and priority theory*, 2nd Ed., PA: RWS Pub., Pittsburgh.
- Sun, G., Li, Z., Bi, X., Chen, Y., Lu, S., & Yuan, X. (2013). "Distribution, sources and health risk assessment of mercury in kindergarten dust", *Atmospheric Environment*, 73, pp. 169-176.
- Wang, Y.Q., Zhang, X.Y., Arimoto, R., Cao, J.J., & Shen, Z.X. (2014). "Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern China soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources", *Atmospheric Environment*, 39, pp. 2631-2642.