

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره سه، پاییز ۹۶

ارزیابی شاخص‌های ناپایداری زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در کلان‌شهر اهواز

محمدعلی فیروزی^۱

مصطفی محمدی ده‌چشمه^۲

جعفر سعیدی^{۳*}

j_saedi69@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۶

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: شهرها به‌عنوان عامل اصلی ایجادکننده ناپایداری در جهان به شمار می‌روند، در واقع با توجه به پیچیدگی ذاتی شهرها از لحاظ زیست‌محیطی، شناخت عوامل اصلی در جهت دستیابی به پایداری شهری ضروری به نظر می‌رسد. هدف تحقیق حاضر، ارزیابی شاخص‌های ناپایداری زیست‌محیطی کلان‌شهر اهواز با تأکید بر شاخص‌های آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا است.

روش بررسی: تحقیق حاضر، از نوع کاربردی و روش آن توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در این راستا، پس از تبیین مفهوم پایداری شهری و ناپایداری شهری و شناخت معیارهای موردنظر، با توجه به اهداف مطالعه، فرآیند تبدیل معیارها به شاخص‌های کمی انجام شد و شاخص و زیرشاخص‌ها در چارچوب مدل وزنی AHP، اولویت‌بندی گردیدند. برای تحلیل مکانی-فضایی داده‌ها، از نرم‌افزار GIS استفاده شد و مهم‌ترین شاخص‌های تبیینی برای ارزیابی شاخص‌های ناپایداری زیست‌محیطی شهر اهواز، با تأکید بر شاخص آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق نشان داد که از لحاظ شاخص آلودگی آب، منطقه پنج با ضریب اثر ۰/۳۲۷ بالاترین ارزش وزنی را در میان مناطق شهری دارد و منطقه شش با وزن ۰/۰۳۳ کمتر از مناطق دیگر باعث آلودگی آب رودخانه کارون می‌شود. از لحاظ شاخص آلودگی

۱- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

۲- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

۳- کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران* (مسئول مکاتبات).

خاک منطقه چهار با ضریب اثر ۰/۳۳۱ با بیشترین میزان آلودگی خاک روبرو است و منطقه هشت، با ضریب اثر ۰/۰۲۴ از آلودگی کمتری برخوردار می‌باشد. از لحاظ شاخص آلودگی صدا هم منطقه یک با ضریب اثر ۰/۳۳۶ بالاترین ارزش وزنی را در بین سایر مناطق دارد، از طرف دیگر منطقه هشت، با ضریب اثر ۰/۰۲ از آلودگی کمتری برخوردار است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق نشان داد که شهر اهواز بر اساس معیارهای مورد بررسی، در شرایط زیست‌محیطی ناپایداری قرار دارد و ساختار زیست‌محیطی کنونی شهر اهواز با معیارهای پایداری فاصله قابل توجهی دارد. در این راستا آگاهی از وضعیت پایداری زیست‌محیطی نواحی مختلف شهری و شناخت وضع موجود می‌تواند نقش مهمی در ارتقای مدیریت و برنامه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع جهت بهبود رفاه ساکنین داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری شهری، ناپایداری زیست‌محیطی، آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی صدا، کلان‌شهر اهواز.

Evaluation of environmental instability indicators with emphasis on water, soil and noise pollutions using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Ahvaz metropolis

MohammadAli Firoozi ¹
Mostafa Mohammadi Deh Cheshmeh ²
Jafar Saeedi ^{3*}

j_saeedi69@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Cities are considered as the main factor causing instability in the world. In fact, according to the inherent complexity of cities in terms of environmental issues, identification of the main factors in achieving sustainability is necessary. The aim of the present study was to evaluate the indicators of environmental instability in Ahvaz metropolis with a focus on indicators of water, soil and noise pollutions.

Method: This study is a descriptive-analytical one using an applied method. In this context, after explaining the concept of urban sustainability and urban instability and identifying relevant criteria, according to the study, the conversion of criteria to quantitative indicators was done and the index and sub-index in AHP model were prioritized. To perform spatial analysis of the data, GIS software was used and the most important explanatory factors to assess the environmental indicators of instability in Ahvaz, with emphasis on the index of water, soil and noise pollutions were studied.

Findings: Findings showed that considering the water pollution index, five area with the impact of 0.327 had the the highest weight value among the urban areas while six areas with the impact of 0.033 had the lowest value than other areas with water pollution in Karun river. In terms of soil pollution, four areas with effect coefficient of 0.331 had the the highest rate of soil pollution, and eight regions with effect coefficient of 0.024 had the least pollution. In terms of noise pollution, the region with effect coefficient of 0.336 had the highest weight value among other regions, while eight regions with effect coefficient of 0.02 had the least pollution.

Discussion and Conclusion: Results showed that Ahvaz is in unstable environmental conditions and its current environmental condition is significantly far away from sustainability criteria. With this interpretations of situation, awareness about ecological sustainability of urban areas and understanding of the situation could play an important role in improving the planning and optimal allocation of resources to improve people's welfare.

Keywords: Urban sustainability, Environmental instability, Water pollution, Soil pollution, Noise pollution, Ahvaz Metropolis.

1- Associate Professor in Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2- Assistant Professor in Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3-MSC in Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran*(Corresponding Author).

مقدمه

امروزه روند مداوم افزایش جمعیت جهانی، مسأله آلودگی‌های محیطی، به خطر افتادن سلامت انسان‌ها و تردید در تأمین نیازهای نسل‌های آینده موجب گشته است تا مهم‌ترین مسأله در شهرها سنجش پایداری و ناپایداری سکونتگاه‌های انسانی باشد. بر همین اساس برنامه‌ریزی توسعه پایدار با تأکید بر مؤلفه‌های اکولوژیک به‌عنوان راهکار اصلی برای برون‌رفت از مشکلات کنونی جامعه جهانی به‌طور جدی مطرح می‌باشد (۱). در چند دهه گذشته رشد شتابان شهرنشینی و گسترش فعالیت‌های صنعتی، زیرساخت‌های شهری را کاهش و ضایعات زیست‌محیطی را افزایش داده است و شهرها به‌طور فزاینده‌ای در معرض بحران‌های ناگوار، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه هستند. فقر، تخریب محیط‌زیست، فقدان خدمات شهری، نزول زیربنای موجود، فقدان دسترسی به زمین و سرپناه مناسب، از جمله بحران‌های مربوط به این موضوع هستند (۲). در حال حاضر انسان با چالش بی‌سابقه‌ای در زمینه‌های زیست‌محیطی مواجه شده است (۳). این چالش‌های زیست‌محیطی پیش روی شهر قرن بیست و یکم را می‌توان این‌گونه ترسیم کرد:

- بروز آلودگی هوا و توزیع گازهای سمی معلق در هوا به سبب استفاده از سوخت‌های فسیلی

- آلودگی هوا و صدا باعث افزایش بیماری‌های مختلف شده و آرامش بشر را در شهر به مخاطره افکنده است.

- آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی توسط انواع فاضلاب‌های شهری و تخلیه سفره آب‌های زیرزمینی

- آشفستگی سیمای شهرها بر اثر دخالت‌های انسانی

- تشدید تهدیدهای محیطی چون زلزله، خشکسالی و غیره (۴).

در این راستا، کلان‌شهر اهواز هم به دنبال تمرکز فزاینده جمعیت و فعالیت و فشارهای ناشی از آن، رشد فوق‌العاده‌ای را تجربه کرده است که با خسارات فراوانی به محیط‌زیست اطراف آن همراه بوده است. شهر اهواز به دلیل وجود منابع غنی نفت و گاز و نیز صنایع پتروشیمی، صنایع بزرگ فلزی و غیرفلزی، سلولزی و برق و نیز شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب در اکثر فصول سال دارای آلودگی هوا است. بالا بودن میزان مصرف

سوخت فسیلی در بخش صنایع و خودروها و نیز منابع متفرقه نظیر گرد و غبار فصلی ناشی از هم‌جواری با بیابان‌های خشک در غرب و سوزاندن مزارع، استفاده از سموم مختلف کشاورزی در سطح وسیع و تولید فاضلاب خانگی و صنعتی زیاد در بسیاری از مواقع میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی را تا حد خطرناک بالا می‌برند. این وضعیت سبب شکنندگی و آسیب‌پذیری محیط‌زیست این شهر شده است. وضعیت نامناسب آلودگی در محیط‌زیست شهر اهواز بر پایداری زیست‌محیطی شهر تأثیر منفی می‌گذارد و شرایط زیست‌انسان در شهر را تنزل می‌دهد (۵). این پژوهش با رویکردی آسیب‌شناسانه^۷، ارزیابی عوامل بسترساز ناپایداری زیست‌محیطی در این شهر را با تأکید بر شاخص‌های آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا به چالش کشانده است. هدف کلی از تدوین این پژوهش ارزیابی شاخص‌های ناپایداری زیست‌محیطی در شهر اهواز است. در حقیقت این تحقیق مشخص می‌کند شاخص‌های موردنظر چگونه بر ناپایداری محیط‌زیست شهری اثر می‌گذارند؟ و در نهایت تلاش دارد رشد الگوهای ناپایداری در کلان‌شهر اهواز را تشریح نماید.

پیشینه تحقیق

اگرچه از طرح مباحث مربوط به پایداری در سطح مجامع بین‌المللی بیش از چند دهه نمی‌گذرد، اما در طول تاریخ، همواره موضوع حفظ و نگه‌داری جوامع برای نسل‌های آتی مطرح بوده است. در سال ۱۹۶۸ میلادی مجمع عمومی سازمان ملل متحد تصمیم به برگزاری اجلاس بین‌المللی محیط‌زیست گرفت و در نتیجه اولین کنفرانس سازمان ملل متحد درباره محیط‌زیست در ژوئن سال ۱۹۷۲ در استکهلم برگزار گردید و محیط‌زیست را وارد دستور کار بین‌المللی نمود (۶). توسعه‌ی ناپایدار مربوط به قرون جدید است که بشر به علت دستیابی به انواع ماشین‌های پیشرفته، سوخت فسیلی، افزایش بی‌رویه جمعیت به تبع آن افزایش بی‌رویه تقاضا و تحولات فرهنگی و

سرانجام، طرح پژوهشی تهیه‌ی الگوی ارزیابی کیفیت محیط‌زیست شهری است که در چارچوب برنامه‌ی دوم توسعه‌ی کشور از سوی نیازهای فرهنگی، سعی در ارزیابی پایداری شهری دارد (۷).

روش تحقیق

پژوهش حاضر، از نوع توصیفی-تحلیلی و دارای ماهیت کاربردی می‌باشد. شیوه جمع‌آوری اطلاعات پیمایشی-کتابخانه‌ای است؛ به طوری که ضمن مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از آمارنامه‌ها، از نظرات کارشناسان نیز استفاده شده است. جهت وزن دهی معیارها و پارامترهای مربوطه برای شناسایی و انتخاب اثرگذارترین شاخص‌ها، از مدل سلسله مراتبی (AHP) در دو مرحله استفاده شده است: در مرحله اول در از پرسش‌نامه و نظرسنجی از متخصصان و کارشناسان محیط‌زیست شهری استفاده شد. سپس با توجه به ساختار سلسله مراتبی، پرسش‌نامه‌ی AHP در قالب جداول مقایسه زوجی تشکیل و به تعداد ۴۰ نسخه بین متخصصان و کارشناسان محیط‌زیست شهری توزیع گردید. در مرحله دوم، از نرم‌افزار Export choice استفاده گردید. در این راستا، طبق راهنمای زیر از کارشناسان خواسته شد که با مقایسه زوجی معیارها نسبت به هم، نمره دهی و اهمیت آن‌ها را مشخص کنند. جدول شماره (۱)، مدل ارزیابی با استفاده از روش AHP را نشان می‌دهد.

اجتماعی و کاهش قدرت دین و مذهب و رواج خودپرستی، زمینه‌های ناپایداری طبیعت و بحران‌های زیست‌محیطی را فراهم آورده است. در ایران نیز همچون سایر کشورهای جهان، به توسعه‌ی پایدار با تأکید بر حفظ محیط‌زیست توجه شده و به تدریج در عرصه‌ی سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های مختلف و سایر مؤلفه‌های توسعه‌ی پایدار به‌عنوان مفهومی فراگیر و چندبعدی مورد عنایت بوده است. علاوه بر تأکیدهایی که در تهیه‌ی طرح‌های جامع علاوه بر تأکیدهایی که در تهیه‌ی طرح‌های جامع شهری به رعایت اصول توسعه‌ی پایدار (در بعد زیست‌محیطی و اکولوژیکی) می‌شود، طرح شهرهای سالم، شهرهای سبز، تهیه‌ی شاخص‌های شهری طبق نظر دبیرخانه اسکان بشر و نیز فعالیت‌هایی که پیش از این در خصوص توسعه‌ی پایدار شهری مطابق معاهدات و مصوبه‌های کنفرانس ریو انجام می‌شود، از اقدامات قابل‌ذکر در ادبیات تحقیق هستند. ایده‌ی شهر سالم در منطقه‌ی شرق مدیترانه، برای نخستین بار با برگزاری سمپوزیوم شهر سالم در آذر ۱۳۷۰ در ایران و توسط شهرداری تهران مطرح شد. طرح شهر سبز از دیگر طرح‌هایی است که با برگزاری همایش شهر سبز در مهرماه ۱۳۷۸ از سوی سازمان حفاظت محیط‌زیست مطرح شده است. این طرح در سه مرحله با انتخاب شهرهایی در هر استان با همکاری استانداری، اداره‌های کل محیط‌زیست، شورای شهر و نهادهای محلی اجرا شد. طرح‌های زیردست این طرح، طرح‌های مدرسه‌ی سبز، اداره‌ی سبز و محله‌ی سبز هستند.

جدول ۱- مقیاس AHP، منبع (۸)

Table1. AHP scale

نمره	تعریف	شرح
۱	اهمیت یکسان	دو عنصر، اهمیت یکسانی داشته باشند.
۳	برتری متوسط	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری متوسطی داشته باشد.
۵	برتری زیاد	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری زیادی داشته باشد.
۷	برتری بسیار زیاد	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری بسیار زیادی داشته باشد.
۹	برتری فوق‌العاده زیاد	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری فوق‌العاده زیادی داشته باشد.
۲، ۴، ۶، ۸	ارزش‌های بینابین	موارد بینابین در قضاوت‌ها

مبانی نظری

مفهوم پایداری

فرآیند پایداری، جریانی چندبعدی است که ضمن بهبود وضعیت اقتصادی و ایجاد رفاه همگانی توأم با عدالت اجتماعی، از آثار مخرب زیست‌محیطی و اکولوژیکی و ناهنجاری‌های اجتماعی به دور است، ضمن این که، نیازهای نسل حاضر را برآورده می‌سازد و در عین حال، ظرفیت و امکانات برآورده سازی نیازهای نسل آینده را با توجه به حفظ و بهبود محیط‌زیست، نگه می‌دارد (۹). مفهوم پویای پایداری به معنای ثبات تعادل در طول زمان است. این مفهوم چیزی نیست که بتوان آن را به راحتی اندازه گرفت. چرا که یک کیفیت غیرثابت است نه یک نقطه ثابت (۱۰). به عبارت دیگر، مفهوم پایداری^۱ ریشه در یک اصل اکولوژیک دارد. بر اساس این اصل، اگر در هر محیطی به اندازه توان طبیعی تولید محیط‌زیست، بهره‌برداری یا بهره‌وری انجام شود، اصل سرمایه منابع اکولوژیک به‌طور پایدار باقی می‌ماند و استفاده انسان‌ها از محیط به‌اندازه توان تولیدی، همیشه پایدار است (۱۱).

نگرش بوم‌شناسانه و پایداری شهرها

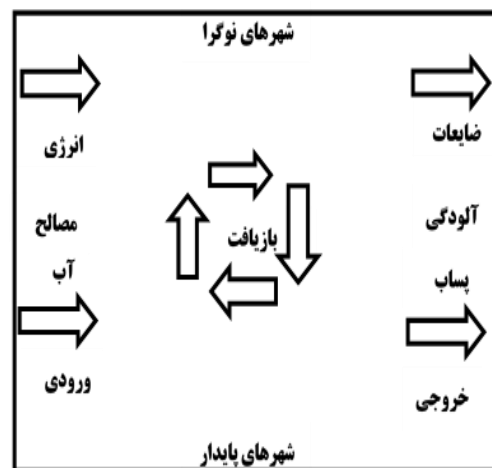
مهم‌ترین دغدغه‌ای که توجه جدی صاحب‌نظران و برنامه ریزان شهری را به سوی مفهوم توسعه پایدار شهری جلب نموده است، واقعیت رشد شتابان شهرنشینی در جهان امروز و تداوم آن در آینده از یک سو و رشد حیرت‌آور و چشم‌گیر کلان‌شهرها به‌ویژه در کشورهای جنوب و پیامدهای زیان‌بار آن برای ساکنان این مناطق می‌باشد (۱۳). بر این اساس از دیدگاه نگرش بوم‌شناسانه اگر بتوان شرایط زیر را برقرار کرد دستیابی به توسعه پایدار شهری میسر خواهد بود:

الف- میزان بهره‌وری از منابع (ماده و انرژی) کمتر از میزان بازتولید و احیاء آن باشد.

ب- مقدار انتشار آلودگی‌ها، کمتر از قدرت جذب آن‌ها توسط طبیعت (محیط‌زیست) باشد (۱۴). پیدایش مفهوم پایداری در دهه ۱۹۷۰ را می‌توان نتیجه رشد منطقی و آگاهی تازه‌ای نسبت به مسائل جهانی محیط‌زیست و توسعه دانست (۱۵).

پایداری محیط‌زیست شهری

پایداری اساساً به معنی «ثبات تعادل در طول زمان» است. تعادل تنها در صورتی می‌تواند حاصل شود که تمام نیروهای بر هم زننده تعادل حذف شوند یا نیروهای مخالف به خنثی کردن آن بپردازند. به‌علاوه در پایداری، نیاز به رهیافت کل‌نگرانه است، یعنی همان‌طور که جزییات را مورد توجه قرار می‌دهد، به‌کل نیز توجه می‌نماید (۱۶). پایداری امری نیست که مردم به‌سادگی با مقررات و آیین‌نامه‌های آن موافقت کنند و در نتیجه باید از طریق مشارکت انجمن‌ها در یک مدیریت کارآمد منابع به همراه نگاهی به‌تساوی حقوق که از پایه‌های سطوح پایداری است، انجام گیرد (۱۷). واژه پایداری که برای اولین بار به‌طور رسمی در قالب الگوواره توسعه پایدار توسط برانت‌لند در سال ۱۸۹۱ در گزارش آینده مشترک ما مطرح شد، به اداره و بهره‌برداری صحیح و کارآ از منابع پایه، طبیعی، مالی و نیروی انسانی برای دستیابی به الگوی مصرف مطلوب پرداخت که با به‌کارگیری امکانات فنی و ساختار و تشکیلات مناسب برای رفع نیاز نسل امروز و آینده به‌طور مستمر و رضایت بخش‌تری امکان‌پذیر می‌شود (۱۸). بر این اساس منظور از پایداری زیست‌محیطی،



شکل ۱- شهرهای پایدار با ورودی و خروجی کمتر و

بازیافت بیشتر، منبع (۱۲)

Figure 1. Sustainable cities with lower input and output and more recycling

می‌باشد. پیچیدگی و تنوع این زیرسیستم‌ها، باعث می‌شود تا نظرات بیشتر و متنوع‌تری در این زمینه ارائه شود. از طرفی به علت عدم قطعیت‌ها و غیرقابل پیش‌بینی بودن این زیرسیستم‌ها و با توجه به این‌که نقش اصلی را در این حالت انسان بر عهده دارد، راه‌حل‌ها نیز به سناریوهای کوتاه‌مدت، مقطعی و وابسته به مکان محدود می‌شوند. راجرز^۳ در سال ۱۹۹۸، مفهوم پایداری درونی شهر را بدین صورت بیان می‌کند که شهر باید بتواند اهداف اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، سیاسی، فیزیکی و محیط زیستی ساکنان خود را تأمین کند(۲۱).

برخی از عوامل ناپایداری زیست‌محیطی شهری

آلودگی آب

به‌طور کلی آلودگی آب، عبارت است از افزایش مقدار هر معرف اعم از شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژه‌اش می‌شود. فعالیت‌های انسانی به‌ویژه فعالیت‌های صنعتی با استحصال و مصرف آب همراه است، به‌طوری که باعث تولید پساب‌ها، زه‌آب‌ها، پسماندها و گازهای آلاینده می‌شوند و این آلاینده‌ها از راه‌های گوناگون وارد محیط‌زیست می‌گردند(۲۲).

آلودگی خاک

آلودگی خاک اغلب به دلیل ریختن فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی، شهری و روستایی به وجود می‌آید (۲۳). خاک‌ها همه‌ساله مقادیر هنگفتی از مواد زائد ناشی از آثار توسعه را دریافت می‌کنند. بیشتر SO₂ حاصل از احتراق سوخت‌های گوگرددار، در نهایت به‌صورت سولفات وارد خاک می‌شود. هم‌چنین اکسیدهای نیتروژن در اتمسفر به نیترات تبدیل می‌شوند و این نیترات‌ها سرانجام وارد خاک می‌شوند. نخاله‌های ساختمانی، زباله‌های شهری و صنعتی نیز از دیگر آلاینده‌های خاک به شمار می‌روند(۲۴).

حفاظت محیط‌زیست برای بقای تمامی اجتماعات در نظامی عادلانه می‌باشد و نه نگاه‌داشت وضع موجود، در مزیت‌های محیطی برای لذت‌جویی‌های اقلیتی از جهانیان. به این ترتیب امروزه در شهرها، وجود آلودگی‌های زیست‌محیطی از قبیل آلودگی آب‌وهوا، آلودگی صوتی، آلودگی بصری، تخریب منابع و بهره‌برداری نامطلوب از آن نمودی از ناپایداری زیست‌محیطی می‌باشد (۱۹). در نهایت، شهر پایدار خودش را از طریق حداقل نیاز به محیط طبیعی اطرافش تغذیه می‌کند و از منابع انرژی تجدید پذیر بهره می‌برد (۲۰)، (شکل ۱). در کل موضوع پایداری شهرها را هم‌چنین می‌توان به دو بخش اصلی پایداری درونی و بیرونی تقسیم کرد که در هر مورد نظریات مختلفی مطرح شده است:

پایداری بیرونی شهرها

پایداری بیرونی شهرها، به ارتباط آن‌ها به‌عنوان یک سیستم زنده و پویا با بستر طبیعی خود و شبکه شهرها و روستاهای منطقه اطراف و سایر مناطق جهان اشاره دارد. در زمینه ارتباط شهر با بستر خود می‌توان به دو الگوواره مهم، یعنی متابولیسم شهری^۱ و ردپای اکولوژیک^۲ (جایای بوم‌شناختی) اشاره کرد. در مدل متابولیسم شهری که نمونه‌ای از آن توسط ویلیام ریس در سال ۱۹۹۷، ارائه شده است، شهر به‌عنوان یک سیستم اقتصادی در نظر گرفته می‌شود که جریانی خطی و یک‌سویه از مواد و انرژی از طبیعت وارد شهر شده و از طرف دیگر خارج می‌شود. در این حالت، به فرض هم که سیستم شهر پایدار باشد، در واقع این پایداری محدود به مکان شهر بوده و از طریق ایجاد ناپایداری درازمدت در عرصه‌های گسترده محیط خارج به دست می‌آید. به عبارت دیگر پیش‌نیاز شهر پایدار، پایداری عرصه گسترده است که جایگاه پشتیبان، حیات آن است(۲۱).

پایداری درونی شهرها

پایداری درونی، مربوط به کیفیت فرآیندها و مفاهیم پایداری در درون شهر بوده و شامل زیرسیستم‌های انسانی موجود در شهر

آلودگی صدا

صدا یا انرژی اکوستیک به طور اساسی با دو ویژگی کمی و کیفی سنجیده می‌شود. کمیت صدا عبارت است از انرژی موجود در نمایه صدا، در حالی که کیفیت آن، پراکندگی انرژی در فرکانس اکوستیک است. صدا به صورت امواج در حال حرکت نوسان‌های فشار هوا از فرستنده به گیرنده، در فضا ایجاد می‌شود. انتشار صدا تحت تأثیر با وضعیت باد و درجه حرارت می‌باشد. فرستنده صدا چیزی است که بتواند یک واسطه نظیر هوا را بلرزاند و این لرزش در حد فرکانس قابل شنیدن یعنی ۲۰ هزار هرتز (تعداد چرخش در ثانیه) باشد. افزایش نوسان میزان صدا، به منزله افزایش صدای مزاحم است. در یک تعریف دیگر از آلودگی صوتی می‌توان گفت، هرگونه صدای ناخواسته‌ای که در زمان نادرست و مکانی نابجا تولید شود، آلودگی صوتی خواهد بود (۲۵). انواع آلودگی صوتی به سه دسته اصلی تقسیم می‌شود: (۱) آلودگی صوتی ناشی از تأسیسات صنعتی، (۲) آلودگی صوتی ناشی از ترافیک شهری، (۳) آلودگی صوتی ناشی از صدای داخل منازل.

منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز، مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان است. جمعیت این شهر در سرشماری سال ۱۳۹۰، ۱۰۱۱۲۰۰۰ نفر ذکر شده است (۲۶). رشد جمعیت و تمرکز صنایع سنگین عمدتاً وابسته به شرکت نفت و فولاد در طول نیم‌قرن گذشته ساختار جمعیتی، اقتصادی و البته زیست‌محیطی این کلان‌شهر را تغییر داده است، تا جایی که امروزه گهگاه از این شهر به‌عنوان آلوده‌ترین شهر دنیا نام می‌برند. مهم‌ترین مؤلفه‌های اثربخش در ساختار زیست‌محیطی کلان‌شهر اهواز عبارت‌اند از:

۱- رشد شتابان جمعیتی

۲- اقلیم گرم و مرطوب

۳- تمرکز صنایع سنگین و آلاینده

۴- خلأ مدیریت کارآمد زیست‌محیطی رودخانه کارون

۵- چالش‌های مدیریت آب‌های سطحی و غیره.

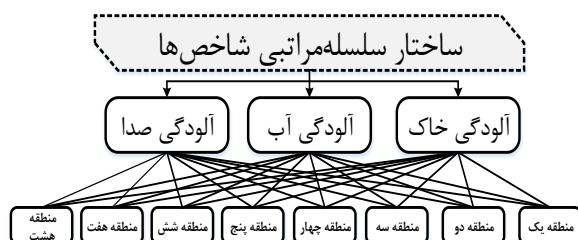
یافته‌های تحقیق

مدل AHP

روش تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی یکی از پرکاربردترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. وایدیا و کومار^۱، کاربردهای فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را در زمینه‌های انتخاب (مانند انتخاب نرم‌افزار)، ارزیابی (مانند ارزیابی عرضه‌کننده‌ها)، تحلیل هزینه-مزیت، تخصیص (مانند تخصیص مکان)، برنامه‌ریزی و توسعه، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی، تصمیم‌گیری، پیش‌بینی، برنامه‌ریزی استراتژیک و زمینه‌های مرتبط و غیره دسته‌بندی و بیان نموده‌اند (۲۷). این روش در سال ۱۹۸۰ به وسیله ساعتی تحت عنوان فرآیند سلسله‌مراتبی (AHP)، ابداع شد. اساس تعیین وزن در این روش را مقایسه دوه‌دویی معیارها تشکیل می‌دهد. در روش مقایسه زوجی، اهمیت نسبی معیارها در یک مقایسه پیوسته به ۹ بخش تقسیم می‌شود (۲۸). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) عموماً از مراحل زیر تشکیل می‌شود: ۱- ایجاد درخت سلسله‌مراتب، ۲- مقایسه دوتایی، ۳- تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری قضاوت‌ها.

مرحله اول: ساختن درخت سلسله‌مراتبی

اولین مرحله در روش AHP تجزیه نمودن مسأله تصمیم‌گیری به سلسله‌مراتب می‌باشد. در ایجاد یک سلسله‌مراتب، سطح بالا، هدف نهایی یک تصمیم‌گیری است. سپس سلسله‌مراتب از کلی به جزئی‌تر، تا رسیدن به سطحی از صفات، پایین می‌آید (۲۹).



شکل ۲- ساختار سلسله‌مراتبی شاخص‌های مورد مطالعه

Figure 2- The hierarchical structure of the studied indices

معیار آلودگی آب با تأکید بر آلودگی رودخانه کارون

وضعیت زیست‌محیطی کارون

منابع آلاینده آب رودخانه کارون

آب مصرفی شهر اهواز با برداشت از رودخانه کارون به دست می‌آید. ظرفیت ۳ واحد تصفیه‌خانه در دست بهره‌برداری جواب‌گوی آب روزانه شهر اهواز نبوده و ناگزیر از آب تصفیه‌شده تأسیسات صنایع فولاد نیز استفاده می‌شود. با بررسی‌های کلی می‌توان به این نتیجه دست‌یافت که کیفیت آب در شهرهای منطقه کارون، مطلوب تا نیمه مطلوب بوده و در آن کمتر می‌توان آلودگی میکروبی یافت (۳۲). نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که عمده‌ترین منابع آلاینده آب در حوضه آبریز رودخانه‌ی کارون، عبارت از انواع فاضلاب‌ها (شهری، صنعتی و کشاورزی) می‌باشند. آلودگی آب‌و‌خاک در بخش‌های مختلف شهر، خصوصاً در نواحی ساحلی کارون تحت تأثیر فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به رود کارون و نیز انباشت زباله در لبه‌های کارون و نیز بسیاری از قسمت‌های شهر قابل مشاهده است. نارسایی در دفع آب‌های سطحی و سیستم فاضلاب شهری به دلیل نبود الگوی شهری و شیب بسیار کم اراضی شهری نیز مسائلی را در رابطه با آب‌و‌خاک منطقه ایجاد کرده است. نبود آب سالم و با کیفیت مطلوب برای آشامیدن، شوری و قلیایی بودن منابع آب زیرزمینی، حجم بالای آلودگی رود کارون به‌عنوان یکی از ساختارهای طبیعی تأثیرگذار بر شهر و کیفیت محیط‌زیست شهری ناشی از ورود فاضلاب و پساب‌های صنعتی و خانگی و انباشت زباله در لبه‌های رودخانه، از مسائلی است که در رابطه با منابع آب شهر وجود دارد. هم‌چنین بررسی دبی و حرکات رود کارون در بستر زمان، بیان‌گر آن است که دبی رودخانه در چند دهه اخیر به‌شدت کاهش یافته که موجب شده رود کارون از رودی خروشان، که حتی در برخی از فصول با طغیان‌های خود مشکلاتی را برای شهر به همراه می‌آورد، به رودی با جریان بسیار کم تبدیل شود که ورود فاضلاب موجب انتشار بوی نامطلوب از آن می‌شود. بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی نیز موجب اشباع خاک و کاهش نفوذپذیری شده است (۳۲).

مرحله دوم: مقایسه دوتایی

بعد از تجزیه مسأله به سلسله‌مراتب، عناصر سطوح مختلف به‌صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش‌گذاری صورت می‌گیرد. این مرحله در سه‌گام انجام می‌پذیرد:

۱- تهیه ماتریس مقایسه در هر سلسله‌مراتب (۳۰). در این مرحله جهت انجام مقایسه، ماتریس 7×7 تشکیل و سپس با تخصیص مقادیر جدول غربال ساعتی، معیارهای مختلف دوتایی باهم مقایسه می‌شوند. در این مرحله با استفاده از روش تقریبی میانگین هندسی ردیف‌های ماتریس، ضرایب اهمیت معیارها به دست می‌آید که برابر است با تقسیم میانگین هندسی هر معیار به جمع میانگین‌ها.

۲- تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها

در این قسمت با تلفیق و ترکیب امتیاز معیارها و نیز گزینه‌هایی که از ماتریس‌های مقایسه‌ای زوجی حاصل شدند، امتیاز نهایی هر گزینه به دست می‌آید (۳۱).

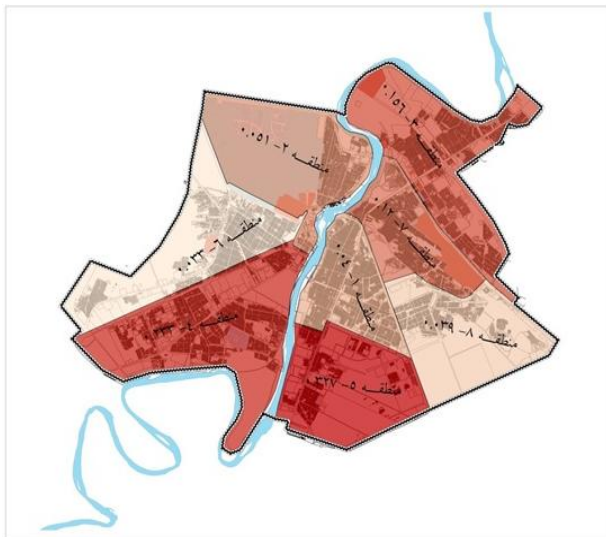
۳- بررسی سازگاری قضاوت‌ها

در این قسمت از تحقیق برای تعیین درجه دقت و صحت وزن دهی، از شاخص ناسازگاری، استفاده می‌شود که بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می‌گردد (۲۸).

مرحله سوم: تشریح فرآیند وزن دهی و دسته‌بندی داده‌ها (محاسبه وزن معیارها)

در این تحقیق جهت وزن دهی معیارها و پارامترهای مربوط، از مدل سلسله‌مراتبی AHP، در دو مرحله، یعنی استفاده از دانش، نظریات و تجربیات کارشناسان و اساتید مجرب و در مرحله دوم آن، از نرم‌افزار (EXPORT CHOICE)، استفاده شده است. پس از ساخت درخت سلسله‌مراتبی و مشخص کردن معیارها و زیر معیارها، حال به هریک از معیارها، با توجه به اهمیت و ارزش آن‌ها نسبت به سایر معیارها و با توجه به جدول مقایسات زوجی، از بین اعداد ۱ الی ۹، یک عدد مشخص و معین داده می‌شود. اگر مجموع ضریب اهمیت معیارهای مورد ارزیابی معادل عدد یک باشد، این نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است.

می‌شوند. منطقه شش با وزن ۰/۰۳۳ به علت فاصله‌ای که نسبت به کارون دارد، کمتر از مناطق دیگر باعث آلودگی آب رودخانه کارون می‌شود.



شکل ۳- توزیع فضایی میزان آلودگی آب در مناطق شهر اهواز

Figure 3. Spatial Distribution of Water Pollution in the regions of Ahwaz

معیار آلودگی صدا

روند صعودی افزایش جمعیت شهر اهواز طی سالیان اخیر، افزایش وسایل حمل‌ونقل و مشکلات ترافیکی، وجود صنایع مهمی از جمله نفت، فولاد، کارگاه‌ها و واحدهای فعال متعدد و شهرک‌های صنعتی بزرگ که در محدوده شهر استقرار یافته‌اند، اهواز را در معرض انتشار انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی از جمله آلودگی صدا در مناطق مختلف شهر قرار داده است (۳۲). عوامل آلودگی صوتی در بخش مرکزی شهر اهواز عبارت‌اند از: بوق خودروها، سروصدای ناشی از ازدحام جمعیت، موتورسیکلت‌ها، دزدگیرها و بلندگوها. آلودگی صوتی گذشته از ترافیک پرجمع ناشی از تردد خودروها، عمدتاً ناشی از استقرار تأسیسات مختلف در مناطق مختلف شهر اهواز خصوصاً در اراضی مجاور فرودگاه اهواز، اراضی مجاور ایستگاه‌های راه‌آهن و کارون، نواحی استقرار صنایع سنگین مانند صنایع فولاد در جنوب شرقی و کارخانه‌های لوله‌سازی و نورد ایران در جنوب غربی شهر، مسیرهای سه‌گانه راه‌آهن در شمال، جنوب غربی و

بررسی آلودگی آب رودخانه کارون

شهر اهواز دارای شبکه جمع‌آوری و دفن زباله می‌باشد؛ اما تمامی محدوده‌های فعلی این شهر تحت پوشش شبکه قرار ندارد و در بخش‌هایی از شهر که فاقد شبکه توزیع آب می‌باشد به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی، استفاده از چاه‌های کاذب نیز امکان‌پذیر نیست و دفع فاضلاب در این قسمت‌ها با مشکلات زیاد و آلودگی محیط‌زیست و تخلیه فاضلاب‌های خام و تصفیه نشده به رودخانه کارون همراه می‌باشد. بررسی نتایج آلودگی فاضلاب‌های شهری ورودی به رودخانه از طریق دو کانال در شهر اهواز با توجه به حجم پساب شهری نشان می‌دهد که سالیانه ۴۵۱۶۸ تن، BOD5، ۷۵۲۸۰ تن COD، ۳۶۱۳۴۴ تن TDS، ۲۱۱۰ تن سولفات، ۱۸۱۲ تن کلرور، ۱/۳۳ تن نیترات و ۲۱۰۱ تن سختی کل به رودخانه کارون تخلیه می‌شود.

جدول ۲- رتبه‌بندی معیار آلودگی آب در مناطق هشت‌گانه شهر اهواز

Table 2. the ranking of water pollution in the regions of Ahwaz

مناطق شهری	معیار آلودگی صنعتی	
	رتبه	وزن
منطقه پنج	۱	۰/۳۲۷
منطقه چهار	۲	۰/۲۳۳
منطقه سه	۳	۰/۱۵۶
منطقه هفت	۴	۰/۱۲
منطقه دو	۵	۰/۰۵۱
منطقه یک	۶	۰/۰۴
منطقه هشت	۷	۰/۰۳۹
منطقه شش	۸	۰/۰۳۳

ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۲) و شکل (۳)، در مورد معیار آلودگی آب در سطح مناطق هشت‌گانه شهری نشان می‌دهد که مناطق پنج و چهار به ترتیب با ضریب اثر ۰/۳۲۷ و ۰/۲۳۳ بالاترین ارزش وزنی را در میان مناطق شهری دارند که بیشتر به علت تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های انسانی، آب‌های سطحی و فاضلاب خانگی بوده و در بعضی نقاط تمام فاضلاب‌ها به کانال‌های خیابان ریخته شده و سرانجام وارد رودخانه کارون

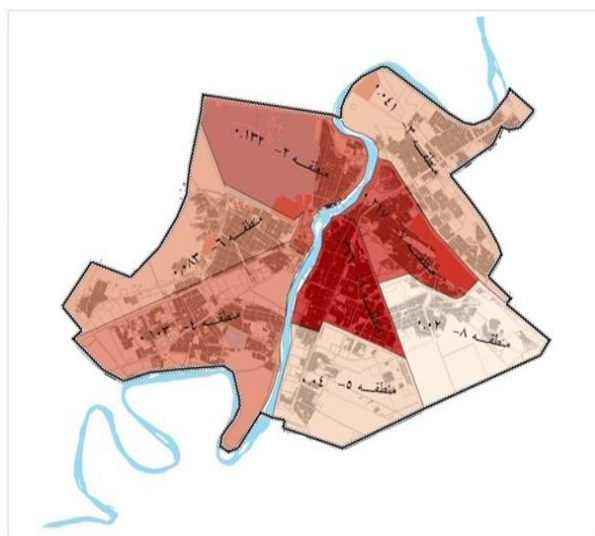
وسایل نقلیه از آلودگی کمتری برخوردار است و سایر مناطق شهری بین این دو میزان قرار دارند که علل آن به‌صورت کلی در فوق بحث شد.

جدول ۳- رتبه‌بندی معیار آلودگی صدا در مناطق

هشت‌گانه شهر اهواز

Table 3. the ranking of noise pollution in the regions of Ahwaz

مناطق شهری	معیار آلودگی صدا	
	رتبه	وزن
منطقه یک	۱	۰/۳۶۶
منطقه هفت	۲	۰/۲۱۷
منطقه دو	۳	۰/۱۳۲
منطقه چهار	۴	۰/۱۰۳
منطقه شش	۵	۰/۰۸۳
منطقه سه	۶	۰/۰۴۱
منطقه پنج	۷	۰/۰۴
منطقه هشت	۸	۰/۰۲



شکل ۴- توزیع فضایی میزان آلودگی صوتی در مناطق شهر اهواز

Figure 4. Spatial Distribution of noise pollution in the regions of Ahwaz

جنوب شرقی شهر است. علاوه بر آن حجم زیاد ترافیک در شهر و حضور کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی در بخش‌هایی از بافت مسکونی شهر اهواز موجب بروز آلودگی صوتی شده است. به‌طور کلی، از منابع عمده آلودگی صوتی در شهر اهواز خودروها و وسایل نقلیه است، پس از خودرو و وسایل نقلیه، بحث منابع صنعتی مطرح است که بیشتر در خارج از شهرها قرار دارند. سروصدای ناشی از وسایل حمل‌ونقل جاده‌ای شامل موتورسیکلت، خودروهای سواری، سنگین و نیمه سنگین نیز سهم عمده‌ای در تولید آلودگی صوتی شهر دارند. از سوی دیگر سروصدای ناشی از ترافیک جاده‌ای و هوایی نیز یکی از مهم‌ترین عوامل تمایل ساکنین به جابه‌جایی از محل سکونت خود است که در شهر اهواز، هر سه عامل آلودگی صوتی وجود دارد. از جمله منابع دیگر سروصدا فعالیت‌های صنعتی، ساختمانی و تجهیزات و دستگاه‌های موجود در محیط زندگی و منزل است که هر یک سهمی در تولید آلودگی صوتی محیط‌زیست دارند. نزدیکی مناطق مسکونی به معابر پر رفت‌وآمد، وجود خودروهای فرسوده در سطح شهر، وجود کارگاه‌ها و ساخت‌وسازها، عبور خطوط پروازی از بالای سطح شهر و عبور خطوط ریلی از بعضی از مناطق شهری در شهر اهواز، باعث ایجاد مشکلات آلودگی صوتی شده است؛ بنابراین اولین عامل یعنی افزایش جمعیت، تأثیر فزاینده و منفی بر آلودگی صوتی مناطق شهری موردنظر داشته و رابطه مستقیمی میان این دو عامل وجود دارد. دومین عامل هم همان‌طور که اشاره شد، رفت‌وآمد خودروها و وسایل نقلیه است. با این تفاسیر، بر اساس جدول (۳) و شکل (۴)، ارزیابی معیار آلودگی صدا در سطح مناطق هشت‌گانه شهری، نشان می‌دهد که منطقه یک با ضریب اثر ۰/۳۳۶ بالاترین ارزش وزنی را در بین سایر مناطق دارد. این منطقه به علت واقع شدن در مرکز شهر، شریان اصلی عبور و مرور روزانه مردم و داشتن تراکم جمعیت، ترافیک پر حجم ناشی از تردد خودروها و وجود بازارها، از آلودگی صوتی بیشتری نسبت به مناطق دیگر، برخوردار است. از طرف دیگر منطقه هشت، با ضریب اثر ۰/۰۲ به علت تراکم جمعیت کمتر و در حاشیه قرار گرفتن از لحاظ عبور و مرور

معیار آلودگی خاک

فعالیت صنایع مناطق شهری اهواز، ترکیبات شیمیایی و مواد سمی از قبیل آرسنیک، کادمیم، جیوه، سرب و نیکل را که از سمیت بالایی برخوردارند و مس، روی، منگنز و آهن را که از سمیت کمتری نسبت به عناصر فوق برخوردارند وارد خاک و محیط زیست می کنند و باعث آلودگی خاک در این شهر می شود. فعالیت صنایع و سوزاندن مواد سمی، نهایتاً افزایش آلودگی هوا و در پی آن آلودگی خاک، گیاهان و نباتات را به دنبال خواهد داشت، دفع غیراصولی پسابها و مواد زائد صنایع، نشت مواد سوختی (مایع و گاز) مورد مصرف کارخانه ها، دفع یا سوزاندن غیراصولی زباله ها و استخراج بلندمدت و تولید مشتقات نفتی متنوع، باعث گسترش آلودگی در خاک های اطراف مکان های استخراج و پالایش نفت می شود. بزرگترین نگرانی در این مورد، خطرات زیست محیطی این آلاینده ها می باشد. (۳۲).

بنابراین با توجه به این که خاک های اراضی در معرض سموم کشاورزی می توانند حاوی عناصر سنگین باشند، می توان نتیجه گیری کرد که عمده ترین اثرات این آلاینده ها، افزایش آلودگی خاک و پس از آن آلودگی هوا می باشد. نتایج نشان می دهد که منبع اصلی فلزات سنگین در خاک اطراف نیروگاه رامین اهواز وجود آلاینده های اتمسفری است که محتوی فلزات ناشی از نیروگاه و به دلیل حمل و نقل جاده ای بر روی خاک می باشد. با توجه به بالا بودن میزان فلزات سنگین در این منطقه، می توان نتیجه گرفت که علاوه بر نیروگاه و حمل و نقل جاده ای، فعالیت های کشاورزی در نتیجه استفاده از کودهای شیمیایی و آفت کش ها نیز سهم به سزایی در آلودگی خاک این مناطق دارند.

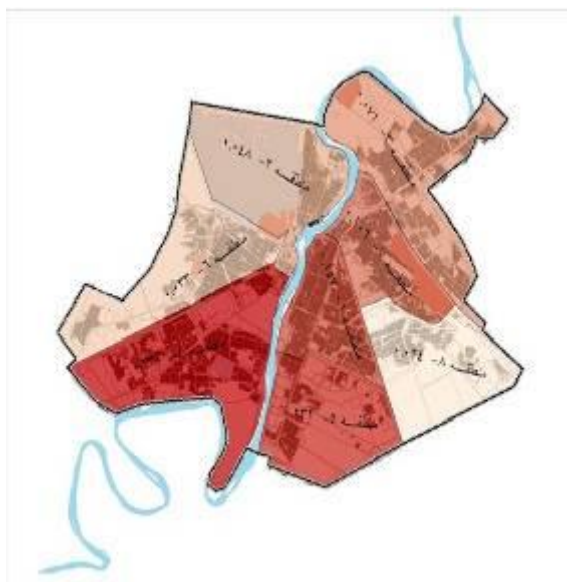
جدول ۴- رتبه بندی معیار آلودگی خاک در مناطق

هشت گانه شهر اهواز

Table 4. the ranking of soil pollution in the regions of Ahwaz

مناطق شهری	معیار آلودگی خاک	
	رتبه	وزن
۰/۳۳۱	۱	۰/۳۳۱
۰/۲۳۱	۲	۰/۲۳۱
۰/۱۵۷	۳	۰/۱۵۷
۰/۱۰۶	۴	۰/۱۰۶
۰/۰۷۱	۵	۰/۰۷۱
۰/۰۴۸	۶	۰/۰۴۸
۰/۰۳۳	۷	۰/۰۳۳
۰/۰۲۴	۸	۰/۰۲۴

در این راستا طبق ارزیابی های انجام شده، مطالعه جدول (۴)، و شکل (۵)، مناطقی که در حاشیه رود کارون قرار گرفته اند، بیشترین میزان آلودگی خاک را دارند؛ مانند منطقه چهار با ضریب اثر ۰/۳۳۱ که با بیشترین میزان آلودگی خاک روبه رو است، منطقه هشت، با ضریب اثر ۰/۰۲۴ به دلیل فاصله از رود کارون نسبت به سایر مناطق، از آلودگی کمتری برخوردار است. در این راستا، آب های زیرزمینی و سطحی آلوده از مهم ترین عوامل انتقال فلزات سنگین به خاک می باشند.



شکل ۵- توزیع فضایی میزان آلودگی خاک در مناطق

شهر اهواز

Figure 5. Spatial Distribution of soil pollution in the regions of Ahwaz

بحث و نتیجه‌گیری

منابع

- در تحقیق حاضر برای تحلیل و ارزیابی شاخص‌های ناپایداری زیست‌محیطی در شهر اهواز، شاخص‌های آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا، به عنوان شاخص‌های منتخب پس از بررسی ادبیات نظری، مطالعات پیمایشی و اسنادی و سنجش نظرات کارشناسان، این شاخص‌ها در سطح مناطق هشت‌گانه شهر اهواز بررسی گردید. از آنجایی که شاخص‌های آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا در سطح مناطق هشت‌گانه از لحاظ وزنی، دارای درجات اهمیت متفاوتی در دستیابی به تعیین سهم هریک از مناطق در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اهواز بودند، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (تحلیل سلسله مراتبی)، استفاده گردید تا بتوان هر یک از زیر شاخص‌ها را بر اساس میزان اهمیت، تأثیر و نقشی که در ناپایداری مناطق شهری دارند، به‌درستی تحلیل کرد. در بررسی کلی، یافته‌های حاصل از تحقیق بیانگر آن است که شهر اهواز بر اساس معیارهای موردبررسی یعنی آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا، در شرایط زیست‌محیطی ناپایداری قرار دارد به‌طوری که مناطق هشت‌گانه شهر اهواز، هریک سهم متفاوتی در ناپایداری زیست‌محیطی کلان‌شهر اهواز داشته‌اند. در این راستا، اتخاذ رویکردهای فعال و پیشگیری‌کننده در برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیست شهری مؤثرترین رویکرد جهت اجتناب از پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های انسانی در هر سطحی می‌باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد وضعیت توسعه‌ی پایدار و ناپایداری زیست‌محیطی در کلان‌شهر اهواز با توجه بیشتر مسوولین امر، به آموزش‌های زیست‌محیطی و برنامه‌های لازم مربوط به بهبود شاخص‌های اکولوژیکی، تسهیل شود. در نهایت، هرگونه برنامه‌ریزی برای بهبود شرایط زیست‌محیطی کلان‌شهر اهواز، باید در دو سطح کلان و خرد ارزیابی و تحلیل شود و با شناخت علل آلودگی‌ها و ناپایداری‌های زیست‌محیطی در محدوده، می‌توان با اعمال مدیریت صحیح زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی‌های لازم را جهت تعدیل و کاهش آن‌ها انجام داد و به سمت پایداری زیست‌محیطی در این شهر حرکت کرد.
۱. مرصوصی، نفیسه، ۱۳۸۹، درس‌نامه اصول و روش‌های برنامه‌ریزی مجتمع‌های زیستی، دانشگاه پیام نور.
 ۲. سرایی، محمدحسین و مؤیدفر، سعیده، ۱۳۸۹، بررسی میزان پایداری توسعه در شهرهای مناطق خشک با تأکید بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی شهر اردکان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۱.
 ۳. حسین‌زاده دلیر، کریم و ساسان‌پور، فرزانه، ۱۳۵۶، روش‌های نوین در ارزیابی پایداری زیست‌محیطی، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۲۵.
 4. Huang, S, 1998, Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei, metropolis. *Journal of Environmental Management*, 52: 39-51.
 5. گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست استان خوزستان، ۱۳۸۷.
 ۶. ربیعی فر، ولی‌الله و همکاران، ۱۳۹۲، ارزیابی توسعه پایدار شهر زنجان از دیدگاه زیست‌محیطی بر پایه تکنیک SWOT، مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال چهارم، شماره ۱۶.
 ۷. فیروز بخت، علی و همکاران، ۱۳۹۱، راهبردهای ساختار زیست‌محیطی شهر با رویکرد توسعه‌ی پایدار شهری (مطالعه‌ی موردی: شهر کرج)، مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۸۰.
 ۸. مؤمنی، منصور و شریفی سلیم، علیرضا، ۱۳۹۰، مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، انتشارات مؤلفین، نوبت اول، تهران.
 ۹. حبیب، فرح، ۱۳۸۶، رویکرد پایداری در متن شهرسازی، فصل‌نامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره نهم، شماره ۱.

20. Register. Richard, and others, 2008, Eco-City Summit Report, San Francisco.
۲۱. جعفری، علی، ۱۳۸۷، معرفی شاخص‌های مناسب برای ارزیابی توسعه پایدار شهری و سنجش آن، نشریه علمی محیط و توسعه، سال دوم، شماره ۳.
۲۲. عنابستانی، علی‌اکبر، ۱۳۸۷، طرح جامع کاهش آلودگی آب شهر سبزوار، اداره کل حفاظت محیط‌زیست خراسان رضوی.
۲۳. آقای، محمد، ۱۳۹۰، ابعاد زیست‌محیطی توسعه پایدار با تأکید بر شهر اکولوژیک، مجله شوراها، شماره ۶۲.
۲۴. ساسان پور، فرزانه، ۱۳۹۰، مبانی پایداری توسعه کلان‌شهرها با تأکید بر کلان‌شهر تهران، ناشر، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، چاپ اول، تهران.
۲۵. حق‌پرست، محمدرضا، ۱۳۸۹، جزوه آموزشی آگاهی‌های عمومی محیط‌زیست، تهران.
۲۶. شهرداری اهواز، حوزه معاونت شهرسازی و معماری، آمارنامه کلان‌شهر اهواز، ۱۳۹۰.
27. Kumar.S and Vaidya.O.S, 2006, Analytic hierarchy process: An overview of applications, European Journal of Operational Research 169.
۲۸. قدسی پور، سید حسن، ۱۳۸۶، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتب (AHP)، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ چهارم.
۲۹. پرهیزگار، اکبر و غفاری گیلانده، عطا، ۱۳۸۵، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاری، انتشارات سمت، تهران.
۳۰. زبردست، اسفندیار و محمدی، عسل، ۱۳۸۴، مکان‌یابی مراکز امدادرسانی (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چند معیاری AHP، فصل‌نامه هنرهای زیبا شماره ۲۱.
۱۰. افتخاری، عبدالرضا و آقایاری هیر، محسن، ۱۳۸۶، سطح‌بندی پایداری توسعه روستایی، مطالعه موردی بخش هیر، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۱.
۱۱. مخدوم، مجید، ۱۳۷۸، وضعیت محیط‌زیست جهان، مجله محیط‌شناسی، سال سیزدهم، شماره ۱۴.
۱۲. کاظمی محمدی، سید مهدی موسی، ۱۳۸۰، توسعه پایدار شهری: مفاهیم و دیدگاه‌ها، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳.
۱۳. رهنمایی، محمدتقی و پور موسوی، سید موسی، بررسی ناپایداری‌های امنیتی کلان‌شهر تهران بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار شهری، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۷.
۱۴. صرافی، مظفر، ۱۳۷۹، شهر پایدار چیست، فصل‌نامه مدیریت شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها، شماره ۴.
۱۵. بحرینی، سید حسین، ۱۳۸۷، مقایسه مفاهیم توسعه و توسعه پایدار: یک تحلیل نظری، مجموعه مقالات توسعه شهری پایدار، تهران، دانشگاه تهران.
۱۶. مولایی، آیت، ۱۳۸۸، مبانی و اصول توسعه پایدار زیست‌محیطی در قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، دفتر حقوقی و امور مجلس، سازمان حفاظت محیط‌زیست.
17. Munier, Nolberto, 2005, Introduction to Sustainability: Road to a Better Future, the Netherlands: Springer.
۱۸. بحرینی، سید حسین و همکاران، ۱۳۷۴، بررسی نقش کاربری‌های زمین در ایجاد جزایر حرارتی و آلودگی هوای شهر تهران، فصل‌نامه انسان و محیط‌زیست، سال اول، شماره ۳-۴.
۱۹. محمدی ده چشمه، مصطفی، ۱۳۹۱، ناپایداری زیست‌بوم شهری؛ چالشی جهانی در قرن بیست و یکم، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، وزارت کشور، تهران.

۳۲. اداره راه و شهرسازی استان خوزستان، معاونت معماری و شهرسازی، ۱۳۸۹، طرح راهبردی توسعه و عمران شهر اهواز.

۳۱. زبردست، اسفندیار، ۱۳۸۰، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰.