Evaluation of the Environmental Sustainability of Isfahan with an Emphasis on Air Pollution

Seyed Skandar Seydaei [1], Sayedeh Somayeh Hosseini [2*], Bentalhoda Yazdanbakhsh [3]

[1] Associate Professor of Department of Geography and Rural Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran
[2] PhD in Tourism, Kazan Federal University, Kazan, Russia
[3] PhD Student in Geography and Urban Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Assessment of environmental sustainability as an important tool in sustainable development planning process and therefore paying attention to it is inevitable in policies and programs to achieve a proper planning that is consistent with the natural environment variables. One of the main factors of environmental sustainability is air pollution. Due to the increasing population, energy consumption, pollution caused by transport systems, and the increasing number of vehicles, industrial, and mining activities, Isfahan has double importance in environmental issues, particularly air pollution. So, the aim of the present study is to evaluate the environmental sustainability of Isfahan with an emphasis on air pollution. According to the research data, the research type is applied research and data collection was the library one. To display and analyze the data, Excel and MATLAB software was used. In this study, five main indicators of air pollution including: the average of carbon monoxide, the average of sulfur dioxide, the average Nitrogen gas, the average of ozone, and the average of particulate matter under 10 microns were studied during the years 1386 to 1390. The FPPSI model was used to assess sustainability. The results indicate that the environmental condition in terms of air pollution in the years 1386 to 1390 has led to instability so that the year 1390 has the highest rate of pollution. Based on the results of the investigation, sulfur dioxide and carbon monoxide had an impact on environmental instability of Isfahan more than any other pollutants.

Key words: Environmental Sustainability, Air Pollution, FPPSI Method, Isfahan City.

* sshosseini1361@gmail.com

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
ســال ۲۹، پیــاپی ٦۹، شــماره ۱، بهــار ۱۳۹۷

ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اصفهان با تأکید بر آلودگی هوا

سید اسکندر صیدایی، دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
سیده سمیه حسینی *، دکتری توریسم، دانشگاه فدرال کازان، روسیه (بورسیهٔ دانشگاه اصفهان)
بنت‌الهدی یزدان‌بخش، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

وصـول: ۱۳۹۳/۰٦/۱٦ پـذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۳، صص ۱۲٦-۱۱۳

چکیده

ارزیابی پایداری زیست‌محیطی، یکی از مهم‌ترین ابزارها در فرایند برنامه‌ریزی توسعهٔ پایدار است و بنابراین توجه به آن در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها برای دستیابی به یک برنامه‌ریزی مناسب همگام با متغیرهای محیط طبیعی، امری اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مؤلفه‌های اصلی پایداری زیست‌محیطی، شاخص آلودگی هواست. شهر اصفهان با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، مصرف انرژی و ایجاد آلودگی ناشی از سیستم حمل‌ونقل، افزایش تعداد وسایل نقلیه و گسترش فعالیت‌های معدنی و صنعتی در زمرهٔ شهرهایی است که مسائل زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی هوا در آن اهمیتی دوچندان دارد؛ به همین دلیل هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اصفهان با تأکید بر آلودگی هواست. با توجه به داده‌ها، نوع پژوهش کاربردی است و داده‌ها به روش کتابخانه‌ای گردآوری شده‌اند. برای نمایش داده‌ها، نرم‌افزارهای Excel و MATLAB به کار رفت. در این پژوهش ۵ شاخص اصلی آلودگی هوا طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦ بررسی شدند که عبارت‌اند از: میانگین گاز مونوکسیدکربن CO، میانگین گاز دی‌اکسید گوگرد SO2، میانگین گاز ازت NO2، میانگین گاز ازون O3 و میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون. برای ارزیابی میزان پایداری از مدل FPPSI استفاده شد. نتایج پژوهش حاکی است شرایط زیست‌محیطی شهر اصفهان از نظر آلودگی هوا در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦ به سمت ناپایداری سوق پیدا کرده است؛ به گونه‌ای که سال ۱۳۹۰ بیشترین میزان آلودگی را دارد؛ همچنین میزان گاز دی‌اکسید گوگرد و منوکسیدکربن بیش از سایر آلاینده‌ها در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اصفهان تأثیر داشته است.

واژه‌های کلیدی: پایداری زیست‌محیطی، آلودگی هوا، روش FPPSI، شهر اصفهان.

*نویسنده مسؤول: sshosseini1361@gmail.com

مقدمه

امروزه «توسعهٔ پایدار» در دنیا واژه‌ای شناخته‌شده است و در سطوح برنامه‌ریزی استفاده می‌شود. از دههٔ ۱۹۸۰ به بعد توسعهٔ پایدار، مفهوم اصلی و بنیادی در راهبرد حفاظت جهانی سازمان ملل و در گزارش برانت‌لند قرار گرفت (WCED, 1987: 43) و مفهوم توسعهٔ پایدار با این درک مطرح شد که تداوم بدون محدودیت رشد اقتصادی آثار نامطلوب زیست‌محیطی در پی خواهد داشت و الگوهای رشد اقتصادی تا آن زمان را به چالش کشاند (Barbour, 1993: 258). در سال ۱۹۸۷ کمیسیون برانت‌لند توسعهٔ پایدار را رفع نیازهای کنونی بشر بدون تهدیدکردن نسل‌های آینده برای برآورده‌ساختن نیازهایشان تعریف کرد (Tanguay et al, 2010: 407)؛ بدین ترتیب به دنبال گزارش برانت‌لند، توسعهٔ پایدار سفر طولانی‌اش را به سوی تبدیل‌شدن به الگوی توسعه در دورهٔ جدید آغاز کرد (WCED, 1987: 5). در سال ۱۹۹۲ کنفرانس محیط زیست و توسعهٔ سازمان ملل متحد در ریودوژانیرو توسعهٔ پایدار را یکی از اهداف جهانی ذکر کرد. در مدت کوتاهی تعاریف گوناگونی از توسعهٔ پایدار مطرح و مبانی نظری آن تکمیل شد (Kraus, 1996: 12-13).

در حال حاضر توسعهٔ پایدار بر ضرورت تعادل اجتماعی و اکولوژیکی تأکید دارد؛ از سوی دیگر این امر برای مدیریت منابع طبیعی و اکوسیستم و مراقبت از آنها به‌منزلهٔ شرایط پایهٔ انسان‌ها ضرورت دارد (University of Dortmund, 2001: 16). پایداری زیست‌محیطی بیان‌کنندهٔ اقدامات مادی و غیرمادی است که اطلاعاتی کلیدی از آثار محیط زیست، رعایت مقررات، روابط ذی‌نفعان و سیستم‌های سازمانی فراهم می‌آورد و نشان‌دهندهٔ تعاریفی از اثربخشی و بهره‌وری اقدامات صورت‌گرفته در محیط زیست است (Henri & Journeault, 2008: 166). بدون شک فعالیت‌های بشر طی دهه‌های گذشته آثار محیط زیستی منفی فراوانی به دنبال داشته و کمبود اطلاعات و آگاهی جامعه از فعالیت‌های پیرامون خود، سبب تشدید این آثار منفی شده است (صالحی و مرادی، ۱۳۹۰: ۳۷). در کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در آسیا، به دلیل مقیاس وسیع و سرعت شهرنشینی، مشکلات زیست‌محیطی بسیار بیشتر است (Vafa-Arani et al, 2014: 21)؛ بنابراین با توجه به افزایش روزافزون آثار محیط زیستی نیازمند ابزاری هستیم که این آثار را اندازه‌گیری کند (صالحی و مرادی، ۱۳۹۰: ۳۷). شاخص‌های پایداری در فرایند اندازه‌گیری پایداری نقشی کلیدی دارند؛ زیرا شاخص‌ها، ابزارهایی هستند که عموماً حالتی خاص از توسعهٔ اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در یک منطقه به صورت کمّی و کیفی ارائه می‌دهند و برای تجزیه‌وتحلیل عملکرد و پیش‌بینی عملکرد موضوعی در آینده استفاده می‌شوند. شاخص به توصیف داده‌ها به شکل ساده کمک می‌کند و به این ترتیب برای تصمیم‌گیری‌ها از آنها استفاده می‌شود (Rorarius J, 2007: 13).

شهرها به دلیل تراکم جمعیت و فشردگی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهم‌ترین مراکز مصرف منابع و تولیدکنندهٔ مواد زائد و آلودگی به شمار می‌روند (Xing et al, 2009: 209). افزایش ۳۵ درصدی غلظت گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به ۱۵۰ سال پیش در سال ۲۰۰۵، تأییدی بر این مسئله است (IEA, 2008: 19). گاز دی‌اکسیدکربن حدود

۶۰ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد و ۸۱ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای از مصرف سوخت‌های فسیلی به دست می‌آید. سوخت‌های فسیلی از یک سو مهم‌ترین منابع انرژی شهرها و از سوی دیگر، اصلی‌ترین منبع آلودگی آنها هستند. ایران در سال ۱۹۹۰ فقط ۱,۱ درصد از کل آلودگی هوای دنیا را داشت. سهم ایران در سال ۲۰۰۶ به ۱۰۵ درصد افزایش یافت (IEA, 2008: 20). با شهرنشینی و صنعتی‌شدن جهانی، مشکلات مربوط به آلودگی هوا اثر منفی فزاینده‌ای بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست داشته است (Guangjin et al, 2014: 266)؛ به طوری که آلودگی هوا، مسئله‌ای مهم در بهداشت عمومی جهانی است (Jing et al, 2014: 467). یکی از آلاینده‌های گازی جوّ، دی‌اکسید گوگرد، علت تشکیل باران اسیدی و بسیاری دیگر از خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی نامطلوب است (Xue-Dan et al, 2014: 277). این گاز سمی و تحریک‌کننده است و بر غشاهای مخاطی و سیستم تنفسی تأثیر می‌گذارد (Leandro et al, 2014: 467).

یکی دیگر از آلاینده‌های گازی جوّ، ازون تروپوسفر است که حدود ۱۰ درصد از کل ازون جوّ را تشکیل می‌دهد و آثار مخرب متعددی بر محیط زیست دارد؛ از آثار مخرب آن اختلال در رشد و میزان تولید گیاهان، ایجاد اختلالات تنفسی ازجمله کاهش ظرفیت شش‌ها، ناراحتی و تورم گلو، سرفه و ناراحتی‌های قلبی، آثار آن بر زیست‌بوم‌ها و همچنین تأثیر در گرمایش کرهٔ زمین به علت اثر گلخانه‌ای است (Lutgens, 2000: 49). منبع تولید ازون تروپوسفری که به ازون بد موسوم است، شهرهای بزرگ، سوخت‌های فسیلی و آلاینده‌های صنعتی است (Fahey, 2002: 8).

حجم ذرات معلق موجود در جوّ، یکی دیگر از مهم‌ترین شاخص‌های آلودگی هوا محسوب می‌شود. هواویزها تأثیر زیادی بر آب‌وهوا و محیط زندگی بشر دارند؛ به‌ویژه هواویزهای تروپوسفری که با عنوان ذرات معلق شناخته می‌شوند، تأثیر سوئی بر سلامتی بشر می‌گذارند (Wang, 2010: 35). بسیاری از پژوهش‌های اپیدمیولوژی نشان دادند قرارداشتن در معرض ذرات معلق موجب مرگ‌ومیرهای زودرس، سرطان ریه، سرطان خون، برونشیت، آسم و بسیاری دیگر از بیماری‌های تنفسی خواهد شد (Asgari, 1998: 54; Yunesian, 2002: 20; Pearson, 2000: 175; Gauderman, 2004: 1058)؛ همچنین قرارگرفتن در معرض آلودگی هوا با میزان امید به زندگی و مرگ‌ومیر ارتباطی تنگاتنگ دارد؛ ازجمله علت مرگ‌ومیر قلبی‌عروقی و تنفسی است. به‌تازگی نیز آن را با نتایج نامطلوب مانند زایمان زودرس و وزن کم هنگام تولد مرتبط می‌دانند (Mark et al, 2014: 9). براساس گزارش بانک جهانی، خسارت سالیانهٔ آلودگی هوا در ایران، ۱۸۱۰ میلیون دلار معادل ۱٤٤۲۰ میلیارد ریال است که ۱,٦ درصد از تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص می‌دهد. شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی در سال ۲۰۰٦ میلادی، ایران را از نظر شاخص آلودگی هوا با کسب نمرهٔ ۱,۳۱ در میان ۱۳۳ کشور جهان در رتبهٔ ۱۱۷ جای داده است. (ورامش و همکاران، ۱۳۸۷: ۷۲)

پیشینهٔ پژوهش

در زمینهٔ پایداری زیست‌محیطی مقالات مختلفی نگاشته شده است که از مهم‌ترین آنهاست:

حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) در مقالهٔ «ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در نواحی شهری با استفاده از فن تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ تخصیص خطی (مطالعهٔ موردی: شهر بندر ترکمن)» در قالب ۲٦ شاخص زیست‌محیطی، پایداری زیست‌محیطی بندر ترکمن را ارزیابی و اولویت‌بندی کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد از بین نواحی پنج‌گانهٔ بندر ترکمن، ناحیهٔ ۵ در اولویت نخست و نواحی ۱، ٤، ۳ و ۲ در اولویت‌های بعدی از نظر پایداری زیست‌محیطی قرار دارند.

عباسی و اردلانی (۱۳۹٤) در مقالهٔ «معرفی روش‌ها و معیارهای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در روند توسعه»، پس از معرفی روش‌ها و معیارهای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی، انواع شاخص‌های تحلیل محیط زیست شهری را مقایسه کرده‌اند.

حسینی و همکاران (۱۳۸۸) در مقالهٔ «پایداری زیست‌محیطی در فضاهای باز شهری: ارزیابی کیفی محلات مسکونی در تبریز» پس از معرفی پایداری زیست‌محیطی در فضاهای باز شهری با پنج معیار اصلی و شاخص‌های فرعی آنها بر مبنای طراحی شهری پایدار (تحرک، انرژی، شکل فضایی، محیط زیست، طراحی و توسعه)، سه محلهٔ مسکونی در تبریز را ارزیابی کرده‌اند.

فیروزی و همکاران (۱۳۹٦) در مقالهٔ «ارزیابی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی هوا و آلاینده‌های صنعتی، (مطالعهٔ موردی: کلان‌شهر اهواز)» مشخص می‌کنند شهر اهواز، براساس شاخص آلودگی هوا در شرایط زیست‌محیطی ناپایداری قرار دارد؛ به طوری که منطقهٔ ۱ با ضریب اثر ۰,۳۲٦، بیشترین ارزش وزنی و منطقهٔ ۲ با وزن ۰,۰۳۳، کمترین میزان آلودگی را نسبت به سایر مناطق دارد؛ همچنین زیرشاخص طوفان‌های گردوغبار هم به صورت کلی بر مناطق شهر اهواز تأثیر می‌گذارد. ارزیابی حاصل از آلودگی صنعتی نیز نشان می‌دهد منطقهٔ ۸ شهری بیشترین میزان آلودگی را با ضریب اثر ۰,۳۳۱ و منطقهٔ ۱ کمترین میزان آلودگی صنعتی را با ضریب اثر ۰,۰۲٤ در بین مناطق شهری دارد.

لطفی و همکاران (۱۳۹٤) در مقالهٔ «ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر پایداری محیط زیست شهرهای شمال ایران (مطالعهٔ موردی: شهر ساری)» با استفاده از رویکرد ترکیبی از تکنیک‌های FAHP و FVIKOR شاخص‌های زیست‌محیطی را بررسی و اولویت‌بندی کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد مناطق ۱ و ۳ از نظر پایداری محیط زیست در وضعیت بهتری قرار گرفته‌اند.

عنابستانی و خسروبیگی برچلویی (۱۳۹۱) در مقالهٔ «سنجش و ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در مناطق روستایی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ پرومتی (ROMETHEE) (مطالعهٔ موردی: روستاهای شهرستان کمیجان)» با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی شاخص‌های زیست‌محیطی را اولویت‌بندی و سپس با کمک تکنیک پرومتی، روستاهای شهرستان کمیجان را رتبه‌بندی کرده‌اند.

حسینی و همکاران (۱۳۹٦) در مقالهٔ «ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز با تأکید بر آلودگی هوا (با استفاده از روش FPPSI)»، پنج آلایندهٔ اصلی هوا شامل میانگین غلظت گازهای مونوکسیدکربن (CO)، دی‌اکسید گوگرد (SO2)، دی‌اکسید نیتروژن

(NO2)، ازون (O3) و میانگین غلظت ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون (PM10) را طی سال‌های ۱۳۹۱ – ۱۳۸۸ بررسی کرده‌اند. برای ارزیابی میزان پایداری، مدل چندضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی (FPPSI) به کار گرفته شده است. نتایج این پژوهش حاکی است شرایط زیست‌محیطی شهر اهواز در سال‌های ۱۳۹۱ – ۱۳۸۸ از نظر شاخص آلودگی به‌ویژه غلظت ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون به سمت ناپایداری سوق پیدا کرده است.

حسین‌آبادی و بریم‌نژاد (۱۳۹۲) در مقالهٔ «تعیین پایداری زیست‌محیطی با استفاده از منطق فازی» سه عامل کیفیت آب، خاک و هوا را در نظر گرفته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد وقتی سطح کیفیت خاک ضعیف، سطح کیفیت آب متوسط و هوا متعادل باشد، آنگاه سطح پایداری محیط زیست متوسط خواهد بود.

روش‌شناسی پژوهش

با توجه به داده‌ها، نوع پژوهش کاربردی است و داده‌ها به روش کتابخانه‌ای گردآوری شده‌اند. برای نمایش داده‌ها، نرم‌افزارهای Excel و MATLAB به کار رفته‌اند. در این پژوهش، ۵ شاخص اصلی آلودگی هوا طی سال‌های ۱۳۹۰ –۱۳۸٦ بررسی شده‌اند که عبارت‌اند از: میانگین گاز مونوکسیدکربن CO، میانگین گاز دی‌اکسید گوگرد SO2، میانگین گاز ازت NO2، میانگین گاز ازون O3 و میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون.

جدول ۱. شاخص‌های آلودگی بررسی‌شده

شاخص	واحد	استاندارد	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
میانگین گاز مونوکسیدکربن CO	Ppm	۹	۱۲،۸	۱۳/۱	۹/۷	۸/۸	۹/۳
میانگین گاز دی‌اکسید گوگرد SO2	Ppm	۰/۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱۵	۰/۱	۰/۱۳۷	۰/۱۳
میانگین گاز ازت NO2	Ppm	۰/۰۵۳	۰/۰٤۹	۰/۰۵۳	۰/۵۲	۰/۰٤۸	۰/۰۵
میانگین گاز ازون O3	Ppm	۰/۰۸	۰/۰۳٦	۰/۰٤۱	۰/۰٤۸	۰/۰۳۷	۰/۰٦
میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون	Ppm	۲٦۰	۸/۱۳٤	۱٦۰/۳	۱۹۳/۵	۱٦۰	۱۸٦/۵

منبع: سالنامهٔ آماری استان اصفهان و طرح پایهٔ آمایش استان اصفهان

شرح مدل استفاده‌شده در پژوهش

چگونگی ارزیابی پایداری، پرسشی است که با بررسی روش‌ها، چهارچوب‌ها و معرف‌های مناسب پاسخ داده می‌شود (تیموری و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۳). برای ارزیابی میزان پایداری، مدل FPPSI به کار رفت. مدل FPPSI مخفف Full Permutation Polygon Synthetic Indicator به معنای چندضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی است. این مدل، مدلی جدید در ارزیابی توسعهٔ پایدار است که تاکنون در ایران استفاده نشده است. این مدل با توجه به درنظرگرفتن مقادیر حد زیاد، حد کم و استاندارد داده‌ها، از توان بسیار زیادی در ارزیابی و تحلیل وضع موجود توسعهٔ پایدار برخوردار است. در روش FPPSI، یک چندضلعی nطرفه به نمایندگی از حداکثر ارزش نظری هریک از شاخص‌های n با شعاعی در هر رأس (یعنی فاصله از مرکز چندضلعی) ایجاد می‌شود که با محدودهٔ فوقانی مقدار استاندارد برای هر شاخص تعریف می‌شود؛ بنابراین یک n ضلعی $(n-1)!/2$ طرفه وجود دارد.

شاخص مصنوعی از طریق میانگین نسبت مساحت هر چندضلعی nطرفه به مساحت چندضلعی تعریف‌شده با استفاده از مقدار استاندارد ۱ برای هر شاخص تعریف شده است.

روند استانداردسازی به شرح زیر توضیح داده می‌شود:

$$F(X) = a\frac{X + b}{X + c}, \quad a \neq 0, \quad X \geq 0$$

که در آن f (x) با شرایط زیر روبه‌رو می‌شود:

$$f(x)|_{x=L} = -1$$
$$f(x)|_{x=T} = 0$$
$$f(x)|_{x=U} = 1$$

U، l و T به ترتیب بیشترین حد و کمترین حد و آستانه را برای پارامتر X نمایش می‌دهند؛ بنابراین:

$$f(x) = \frac{(U - L)(U - T)}{(U + L - 2T)X + UT + LT - 2LU}$$

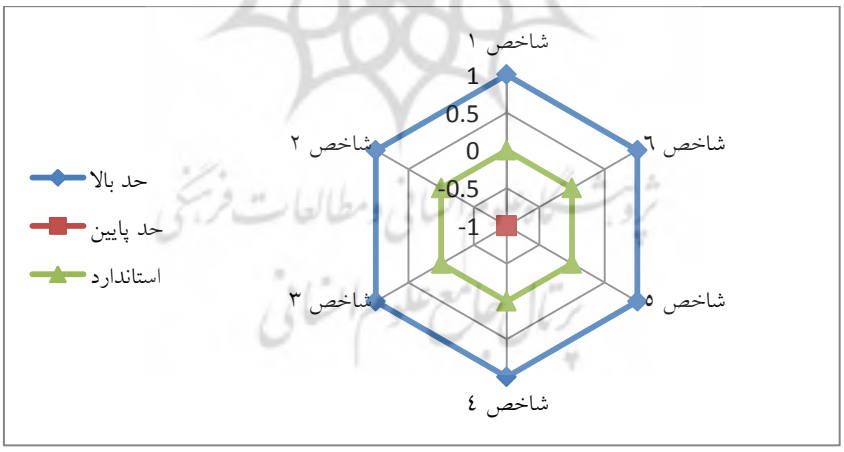
سپس معادله با رابطهٔ زیر استاندارد می‌شود:

$$Si = \frac{(\mathrm{Ui} - \mathrm{Li})(\mathrm{Xi} - \mathrm{Ti})}{(Ui + Li - 2Ti)Xi + UiTi + LiTi - 2UiLi}$$

چندضلعی nطرفهٔ منظم بیرونی با n شاخص تشکیل می‌شود؛ به طوری که n رأس sn=1 را نمایش می‌دهد. نقاط مرکزی si=-1 و شعاع از هر رأس به نقطهٔ مرکزی نشان‌دهندهٔ ارزش شاخص استاندارد مربوطه است.

چندضلعی درونی که بین چندضلعی بیرونی و مرکز چندضلعی قرار می‌گیرد، نشان‌دهندهٔ مقدار آستانهٔ شاخص‌هاست؛ جایی که si=0 است. داخل چندضلعی درونی مقادیر شاخص‌های استاندارد کمتر از آستانهٔ خود و منفی هستند؛ خارج از چندضلعی درونی مقادیر بیشتر از ارزش آستانه و مثبت هستند (شکل ۱).

شکل ۱. چندضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی



تعداد مثلث تشکیل‌شده با خطوط بین نقطهٔ مرکزی و شاخص‌های n (رئوس) از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{n(n - 1)}{2}$$

مساحت چندضلعی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$0.5 \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \sum_{i \neq j} (Si + 1)(Sj + 1)$$

در آن Si نشان‌دهندهٔ شاخص i و Si + 1 نشان‌دهندهٔ فاصله از نقطهٔ پایانی شاخص i به نقطهٔ مرکزی است. فاصلهٔ استاندارد [-1,+1] باشد.

تعداد n×(n−1)!/2 = n!/2 مثلث وجود دارد که از تعداد شاخص‌های (n−1)!/2 تشکیل شده است. مجموع مساحت آنها عبارت است از:

$$\left(0.5\sin\left(\frac{\pi}{n}\right)\sum_{i\neq j}(Si+1)(Sj+1)\right)*\frac{n!}{2}*\frac{2}{n(n-1)}$$

کل مساحت چندضلعی منظم بیرونی (با طول ضلع برابر با دو واحد) از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$0.5\times 4\times n\times\frac{(n-1)!}{2}$$

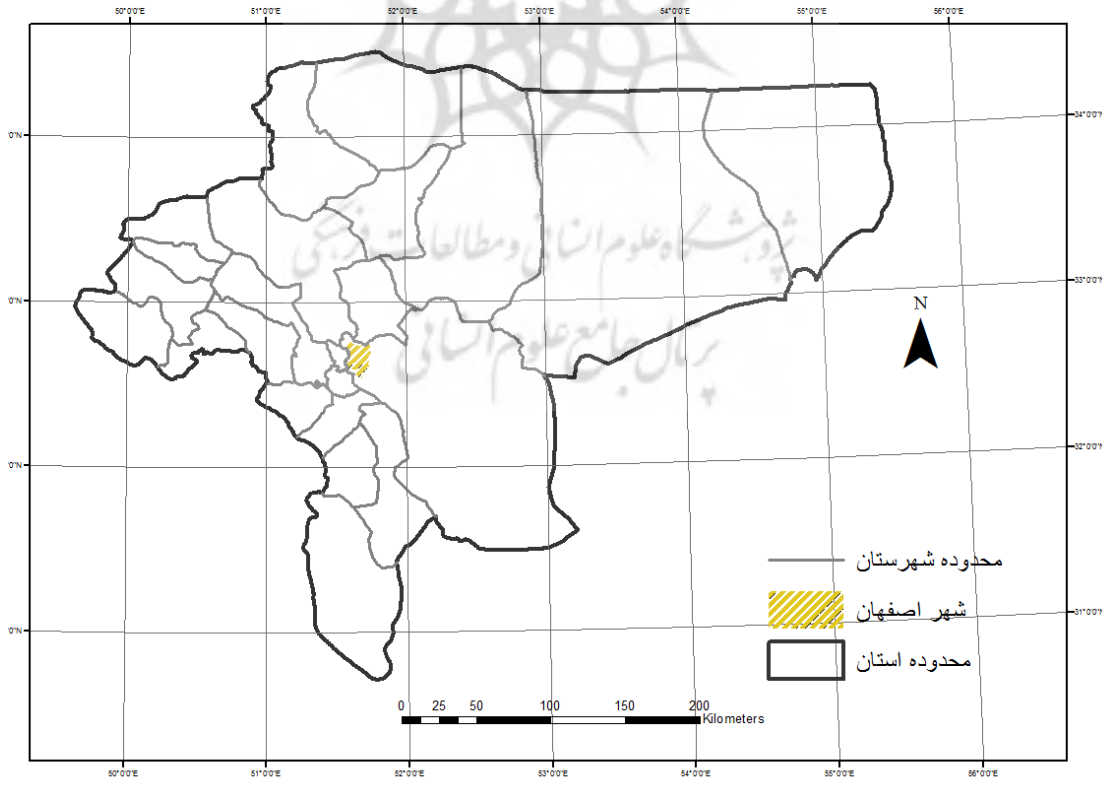
درنهایت مقدار FPPSI با محاسبهٔ نسبت زیر به دست می‌آید:

$$S=\frac{\sum_{i\neq j}^{i,j}(Si+1)(Sj+1)}{2n(n-1)}$$

در آن s ، ارزش شاخص مصنوعی است که نشان‌دهندهٔ مجموع مقادیر همهٔ شاخص‌ها در یک سطح پایین‌تر در سلسله‌مراتب است و برای محاسبهٔ سطح بالاتر بلافصل در سلسله‌مراتب استاندارد می‌شود (Feng et al, 2009: 138-139).

معرفی محدودهٔ پژوهش

شهر اصفهان با مساحت ۴۸۲ کیلومتر مربع و با جمعیت ۱۹۲،۷۹۶،۱ پس از تهران و مشهد، سومین شهر بزرگ ایران است. شهر اصفهان بر روی دشتی نسبتاً صاف با شیبی حدود ۲ درصد و به طرف شمال شرقی بنا شده است. توسعهٔ شهر طی قرون متمادی به سمت جنوب غربی بوده است؛ زیرا در این منطقه آب فراوان‌تر و آلودگی نیز کمتر است. (آمارنامهٔ شهر اصفهان، ۱۳۹۱)

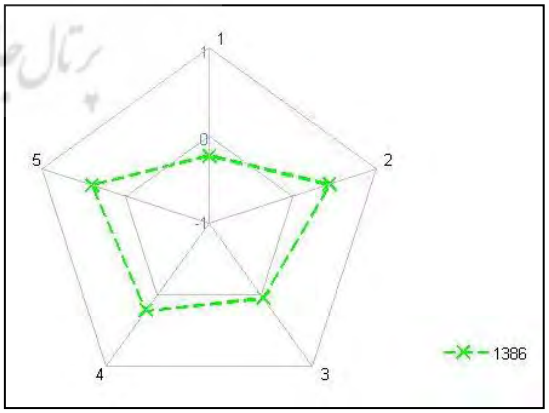


شکل ۲. موقعیت شهر اصفهان در استان

یافته‌های پژوهش

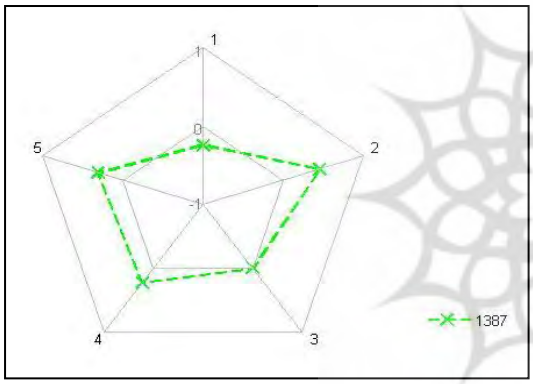
در این پژوهش از بیشترین و کمترین حد و استاندارد شاخص‌های آلودگی هوا استفاده شد. در روش FPPSI میزان بیشتر از حد استاندارد نشان‌دهندهٔ آلودگی کمتر و میزان کمتر از حد استاندارد نشان‌دهندهٔ آلودگی بیشتر است؛ به بیان دیگر میزان آلودگی هرچه به سمت ۱- باشد، نشانهٔ آلودگی بیشتر و هرچه به سمت ۱+ باشد، نشانهٔ آلودگی کمتر است.

براساس شکل (۳)، نتایج سال ۱۳۸٦ نشان می‌دهد شاخص یک (میانگین گاز CO) از میزان استاندارد کمتر است و نسبت به سایر شاخص‌های آلودگی در سال مدنظر با مقدار ۰,۲۲۷۸-، تأثیر بیشتری در ناپایداری و آلودگی هوای شهر اصفهان داشته است؛ پس از آن به ترتیب گاز ازت با مقدار ۰,۰٤٤۹، گاز ازون با مقدار ۰,۲۲۰۵ و میزان ذرات معلق با مقدار ۰,۳۹۷۹، بیشترین تأثیر را در آلودگی هوای شهر اصفهان داشته‌اند. میزان گاز SO2 نسبت به سایر آلاینده‌ها با مقدار ۰,٤۳۸۰ کمترین تأثیر را در آلودگی شهر اصفهان داشته است.



شکل ۳. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال ۱۳۸٦

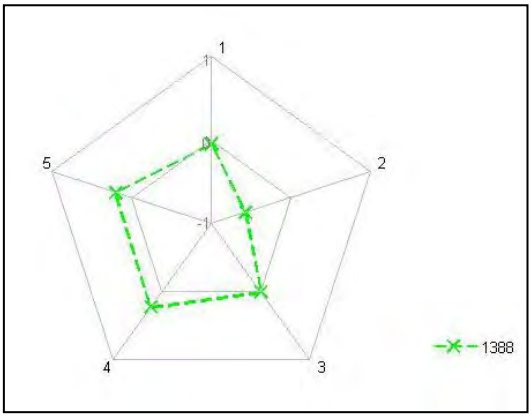
براساس شکل (٤)، در سال ۱۳۸۷، منوکسیدکربن (شاخص یک) با میزان ۰,۲٤۳۲-، از حد استاندارد کمتر است و پس از آن عنصر ازت با میانگین برابر با ۰ قرار دارد که به ترتیب نسبت به سایر شاخص‌های آلودگی تأثیر بیشتری در ناپایداری و آلودگی هوای شهر اصفهان داشته است. گاز دی‌اکسید گوگرد (شاخص ۲) با میانگین ۰,٤٥٥۲، کمترین تأثیر را در آلودگی شهر اصفهان در سال مدنظر داشته است و ذرات معلق با میانگین ۰,۳۰٦۷ و عنصر ازون با میانگین ۰,۲۲٤٥ به ترتیب پس از دی‌اکسید گوگرد، کمترین تأثیر را در آلودگی شهر اصفهان داشته‌اند.



شکل ٤. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال ۱۳۸۷

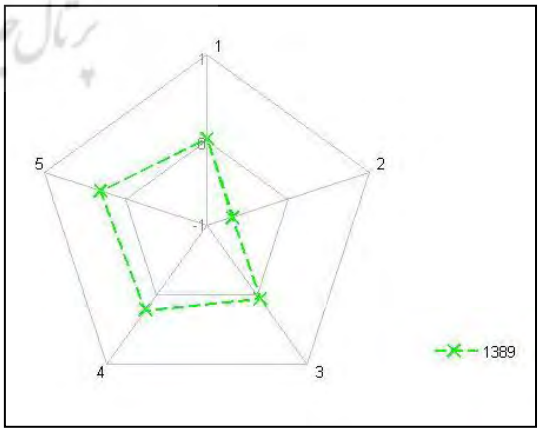
براساس شکل (٥)، در سال ۱۳۸۸ به ترتیب گازهای دی‌اکسید گوگرد (شاخص ۲) با میانگین ۰,٥۷۱٤- و منوکسیدکربن (شاخص یک) با میانگین ۰,۰٤۷۲- کمتر از حد استاندارد هستند و بیشترین تأثیر را در آلودگی شهر اصفهان در سال مدنظر داشته‌اند و گاز ازت (شاخص ۳) با میانگین ۰,۰۱۱۰ هرچند نسبت به سال ۱۳۸۷ در وضعیت بهتری قرار دارد، اما سومین آلایندهٔ هوای شهر اصفهان پس از دی‌اکسید گوگرد و منوکسیدکربن به شمار می‌رود. میانگین گاز ازون (شاخص ٤) ۰,۲۲۸٦ و میزان ذرات معلق (شاخص ٥)

۰,۱۹٦۵، به ترتیب کمترین میزان آلودگی را نسبت به ۵ شاخص یادشده در این سال به خود اختصاص داده‌اند.



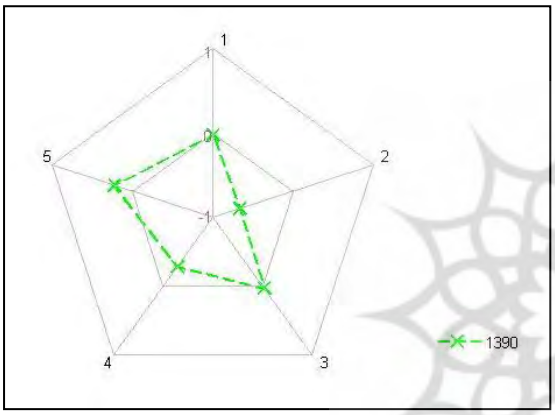
شکل ۵. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال ۱۳۸۸

براساس شکل (٦)، در سال ۱۳۸۹، گاز دی‌اکسید گوگرد (شاخص ۲) با میزان میانگین ۰,٦۸۲۷-، بیشترین تأثیر را در ناپایداری و آلودگی هوای شهر اصفهان داشته است و وضعیتی کمتر از حد استاندارد دارد؛ پس از آن به ترتیب گازهای منوکسیدکربن با میانگین ۰,۰۱٤۰ و ازت با میانگین ۰,۰۵٦٦ قرار دارند و ذرات معلق با میانگین ۰,۳۰۷۸ و گاز ازون با میانگین ۰,۲۲۱٤، به ترتیب کمترین تأثیر را در آلودگی هوا و پیرو آن ناپایداری شهر اصفهان داشته‌اند.



شکل ٦. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال ۱۳۸۹

برمبنای شکل (۷)، در سال ۱۳۹۰، میزان گاز دی‌اکسید گوگرد (شاخص ۲) با میانگین ۰,٦٦۵٦-، گاز ازون (شاخص ٤) با میانگین ۰,۲۸۵۷- و منوکسیدکربن (شاخص ۱) با میانگین ۰,۰۲۰٦-، به ترتیب بیشترین تأثیر را در آلودگی و ناپایداری شهر اصفهان داشته‌اند؛ در این میان میانگین گاز ازون نسبت به سال‌های پیش از ۱۳۹۰ وضعیت ناپایدارتری دارد. گاز ازت با میانگین ۰,۰۳۳٤ و ذرات معلق با میانگین ۰,۲۱۹۰ به ترتیب پس از منوکسیدکربن قرار دارند.



شکل ۷. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۰

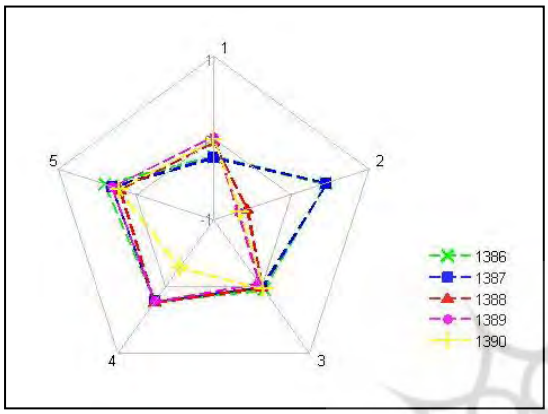
براساس شکل (۸) و جدول (۲)، میزان گاز منوکسیدکربن در همهٔ سال‌ها به استثنای سال ۱۳۸۹ از حد استاندارد کمتر بوده است؛ به بیان دیگر این عنصر در خلال سال‌های مدنظر (۱۳۹۰-۱۳۸٦)، یکی از عوامل اصلی آلودگی شهر اصفهان به‌ویژه در سال‌های ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷ است و نقش مهمی در ناپایداری این شهر از لحاظ مؤلفه‌های زیست‌محیطی (آلودگی هوا) ایفا کرده است. بیشترین میزان گاز منوکسیدکربن در سال ۱۳۸۷ با میانگین ۰,۲٤۳۲- و کمترین میزان آن با میانگین ۰,۰۱٤۰ در سال ۱۳۸۹ است.

میزان گاز دی‌اکسید گوگرد در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با میانگین منفی، اصلی‌ترین عامل آلودگی هوای شهر اصفهان طی سال‌های مدنظر به‌ویژه در سال ۱۳۸۹ بوده است که بیشترین تأثیر را در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اصفهان از منظر آلودگی هوا داشته است. کمترین میزان گاز دی‌اکسید گوگرد در سال ۱۳۸٦ با میانگین ۰,٤۳۸۰ بوده است.

میزان میانگین گاز ازت در سال ۱۳۸۷ برابر با حد استاندارد و در سایر سال‌ها با میزان میانگین مثبت بهتر از حد استاندارد بوده است؛ به بیان دیگر بهترین وضعیت شهر اصفهان از نظر آلایندهٔ ازت مربوط به سال ۱۳۸۹ و بدترین وضعیت مربوط به سال ۱۳۸۷ است.

سال ۱۳۹۰ با میزان گاز ازون ۰,۲۸۵۷ –، آلوده‌ترین سال از نظر این عامل بوده است؛ به بیان دیگر میزان گاز ازون طی سال‌های مطالعه‌شده به جز سال ۱۳۹۰، تغییرات زیادی را نشان نمی‌دهد.

میزان ذرات معلق طی سال‌های ۱۳۸٦، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ تغییرات محسوسی را نشان نمی‌دهد و بدترین وضعیت شهر اصفهان از نظر عامل مدنظر به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ است.

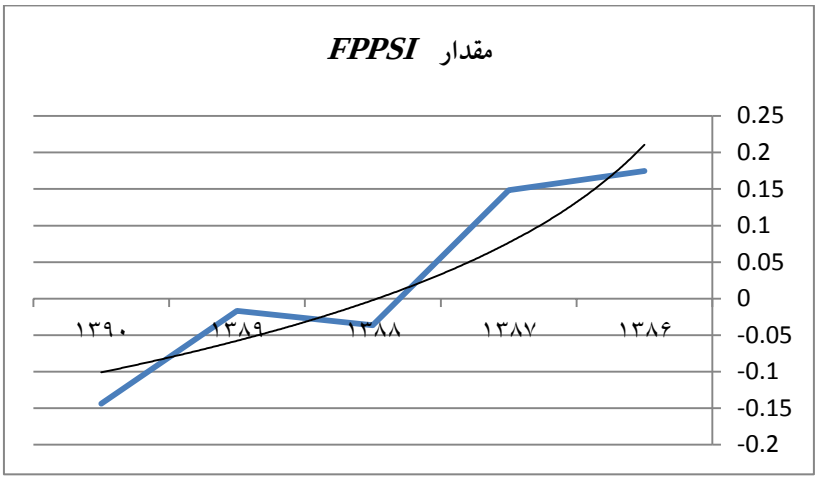


شکل ۸. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦

جدول ۲. میزان FPPSI شاخص‌های آلودگی شهر اصفهان در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦

شهر اصفهان	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
میانگین گاز CO	-۰,۲۲۷۸	-۰,۲٤۳۲	-۰,۰٤۷۲	۰,۰۱٤۰	-۰,۰۲۰٦
میانگین گاز SO2	۰,٤۳۸۰	۰,٤٥٥۲	-۰,٥۷۱٤	-۰,٦۸۲۷	-۰,٦٦٥٦
میانگین گاز ازت NO2	۰,۰٤٤۹	۰,۰۰۰۰	۰,۰۱۱۰	۰,۰٥٦٦	۰,۰۳۳٤
میانگین گاز ازون O3	۰,۲۲۰٥	۰,۲۲٤٥	۰,۲۲۸٦	۰,۲۲۱٤	-۰,۲۸٥۷
میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون	۰,۳۹۷۹	۰,۳۰٦۷	۰,۱۹٦٥	۰,۳۰۷۸	۰,۲۱۹۰

درنهایت با استفاده از میانگین مقدار FPPSI آلاینده‌ها در هر سال، مقدار FPPSI کل به دست آمد. با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده، پایدارترین وضعیت زیست‌محیطی براساس آلودگی هوا در سال ۱۳۸٦ بوده است. ناپایدارترین وضعیت نیز در سال ۱۳۹۰ بوده است. بنا بر شکل (۹)، وضعیت پایداری زیست‌محیطی شهر اصفهان براساس آلودگی هوا طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦ سیر نزولی داشته است و افزایش ناپایداری و آلودگی را نشان می‌دهد.



شکل ۹. میزان FPPSI آلودگی شهر اصفهان در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦

نتیجه‌گیری

پدیدهٔ آلودگی هوا، یکی از رهاوردهای توسعهٔ صنعتی است که با افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی بر شدت آن روزبه‌روز افزوده می‌شود. افزایش جمعیت شهرها باعث افزایش مشکلات شهرنشینی بی‌شماری شده است. شهرها در معرض انواع آلودگی‌های هوا، خاک، آب و صوتی قرار گرفته‌اند و بر نظام‌های پشتیبان حیات بیش از ظرفیت و کشش آنها فشار وارد آورده‌اند. یکی از مهم‌ترین عوامل ناپایداری زیست‌محیطی در شهرها، آلودگی هوای ناشی از مصرف انرژی‌های سوختی و افزایش آلاینده‌هاست. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از میانگین مقدار FPPSI آلاینده‌ها طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸٦ (جدول ۲ و شکل ۸)، شرایط زیست‌محیطی شهر اصفهان از نظر آلودگی هوا به سمت ناپایداری سوق پیدا کرده است؛ به گونه‌ای که سال ۱۳۹۰ شاهد بیشترین میزان آلودگی در شهر اصفهان هستیم. در این سال گازهای CO (۰,۰۲۰٦-)، SO2 (۰,٦٦٥٦-) و O3 (۰,۲۸۵۷-)، بیشترین آلاینده‌های این شهر را با مقادیر منفی و کمتر از حد استاندارد تشکیل می‌دهند. براساس نتایج پژوهش، میزان گاز دی‌اکسید گوگرد و منوکسیدکربن بیش از سایر آلاینده‌ها در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اصفهان تأثیر داشته است. طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸٦، میانگین گاز CO از میزان استاندارد کمتر بوده و نسبت به سایر شاخص‌های آلودگی با مقادیر FPPSI ۰,۲۲۷۸- و ۰,۲٤۳۲-، تأثیر بیشتری در ناپایداری و آلودگی هوای شهر اصفهان داشته است؛ این در حالی است که در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ گاز دی‌اکسید گوگرد (SO2) با میانگین ۰,۵۷۱٤-، ۰,٦۸۲۷- و ۰,٦٦٥٦-، بیشترین تأثیر را در ناپایداری و آلودگی هوای شهر اصفهان داشته است و وضعیتی کمتر از حد استاندارد دارد.

منابع

استانداری اصفهان، (۱۳۹۰). دفتر آمار و اطلاعات، سالنامهٔ آماری استان اصفهان، اصفهان.

استانداری اصفهان، (۱۳۸۹). دفتر برنامه‌ریزی و بودجه، طرح پایهٔ آمایش استان اصفهان.

تیموری، ایرج، فرهودی، رحمت‌الله، رهنمایی، محمدتقی و قرخلو، مهدی، (۱۳۹۱). **ارزیابی پایداری اجتماعی با استفاده از منطق فازی (مطالعهٔ موردی: شهر تهران)**، انجمن جغرافیای ایران، دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۳۵، ۳۹-۱۹.

حسین‌آبادی، حسین و بریم‌نژاد، ولی، (۱۳۹۲). **تعیین پایداری زیست‌محیطی با استفاده از منطق فازی**، محیط زیست، دورهٔ ۰۰، شمارهٔ ۵۷، ۱٤-۵.

حسین‌زاده، سید رضا، خسروی‌بیگی، رضا، ایستگلدی، مصطفی و شمس‌الدینی، رضا، (۱۳۹۰). **ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در نواحی شهری با استفاده از فن تصمیم‌گیری چندمعیاره تخصیص خطی (مطالعهٔ موردی: شهر بندر ترکمن)**، چشم‌انداز جغرافیایی (مطالعات انسانی)، دورهٔ ٦، شمارهٔ ۱٦، ۵۱ - ۳۱.

حسینی، سید باقر، رضازاده، راضیه، باقری، محمد، عظمتی، حمیدرضا و قنبران، عبدالحمید، (۱۳۸۸). **پایداری زیست‌محیطی در فضاهای باز شهری: ارزیابی کیفی محلات مسکونی در تبریز**، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ٤، ۱۸٤-۱۷۳.

حسینی، سیده سمیه، نادرخانی، زلیخا و یزدان‌بخش، بنت‌الهدی، (۱۳۹٦). **ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز با تأکید بر آلودگی هوا (با استفاده از روش FPPSI)**، نشریهٔ محیط زیست طبیعی، دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۲، ۳۱۷-۳۰۹.

شهرداری اصفهان، (۱۳۹۱). آمارنامهٔ شهر اصفهان.

صالحی، جواد و مرادی، حسین، (۱۳۹۰). **منطق فازی و کاربرد آن در ارزیابی اثرهای محیط زیستی**، محیط زیست و توسعه، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۳، ٤٤- ۳۷.

عباسی، داوود و اردلانی، پرستو، (۱۳۹٤). **معرفی روش‌ها و معیارهای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در روند توسعه**، دومین کنفرانس ملی جغرافیا و زمین‌شناسی، تهران، مؤسسهٔ اطلاع‌رسانی نارکیش.

عنابستانی، علی‌اکبر و خسروبیگی برچلویی، رضا، (۱۳۹۱). **سنجش و ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در مناطق روستایی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ پرومتی (PROMETHEE) (مطالعهٔ موردی: روستاهای شهرستان کمیجان)**، آمایش جغرافیایی فضا، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۳، ۷۲-۵۱.

فیروزی، محمدعلی، محمدی ده‌چشمه، مصطفی و سعیدی، جعفر، (۱۳۹٦). **ارزیابی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی هوا و آلاینده‌های صنعتی، (مطالعهٔ موردی: کلان‌شهر اهواز)**، پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۱، ۲۸-۱۳.

لطفی، صدیقه، قدمی، مصطفی و درخشنده لزرجانی، سارا، (۱۳۹٤). **ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر پایداری محیط زیست شهرهای شمال ایران (مطالعهٔ موردی: شهر ساری)**، فصلنامهٔ شهر پایدار، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۱، ٤۸-۲٤.

ورامش، سعید، حسینی، سید محسن و نوری، عبدالله، (۱۳۸۷). **پتانسیل جنگل شهری در کاهش گازهای گلخانه‌ای حفظ انرژی**، مجلهٔ تازه‌های انرژی، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱، ۷۲-۷۱.

Asgari, MM. A. DuBois and M.Asgari, (1998). **Association of ambient air quality with children's lung functions in urban and rural Iran**, Arch Environ Health, 53-222

Barbour, J., (1993). **Ethics in an age of technology**, San Francisco: Harper Collines.

Carolina E. Zubietaa, Leandro F. Fortunatob, Patricia G. Belellia, Ricardo M. Ferullo, (2014). **Theoretical study of SO2 adsorption on goethite surface**, Applied Surface Science, Vol 314, Pp 558–563

Fahey, D., (2002). **Twenty Questions and Answers about the Ozone Layer**, Ozone Assessment, Les Diablerets, Switzerland, 24-28.

Feng Li a, Xusheng Liub, Dan Hua, RusongWanga, Wenrui Yanga, Dong Li a, Dan Zhaoa, (2009). **Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City**, Landscape and Urban Planning, Vol 90, Pp 134–142.

Gauderman, W.G., E. Avol, F.Gilliland, H. Vora, D. Thomas, K. Berhane, R. McConnell, N. Kuenzli, F. Lurmann, E.Rappaport and D. Margolis, (2004). **The effect of air pollution on lungdevelopment from 10 to 18 years of age**, N.Engl.J.Med, Vol 351, 1057-1067.

Guangjin Tian, Zhi Qiao, Xinliang Xu, (2014). **Characteristics of particulate matter (PM10) and its relationship with meteorological factors during 2001-2012 in Beijing**, Environmental Pollution, Vol 192, Pp 266-274.

IEA, (2008a). **Issues behind Competitiveness and Carbon Leakage: Focus on heavy industry**.

IEA, (2008b). **World Energy Outlook 2008: Fact sheet**, Paris: International Energy Agency.

Henri J.F. and Journeault. M., (2008). **Environmental performance indicators: An empirical study of Canadian manufacturing firms** ,Journal of Environmental Management, Vol 87 (1), Pp 165–176.

Jing Ma, Liu-lu Chen, Ying Guo, QianWu, Ming Yang, Ming-hong Wu, Kurun thachalam Kannan, (2014). **Phthalate diesters in Airborne PM2.5 and PM10 in a suburban area of Shanghai: Seasonal distribution and risk assessment**, Science of the Total Environment, Vol 497–498, Pp 467–474.

Krause, M.: Nachhaltigkeit, (1996). **Dimension eines Begriffs und seine Bedeutung fur die räumliche Planung**, Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Geographische Wissenschaft, Berlin.

Lutgens, F., K; E.J, Tarbuck; D., Tasa, (2000). **The Atmosphere: An Introduction to Meteorology**, Prentice Hall Publications.

Mark, J. Nieuwenhuijsen, Xavier Basagañ, Payam Dadvand, David Martine, Marta Cirach, Rob Beelen, Bénédicte Jacquemin, (2014). **Air pollution and human fertility rates**, Environment International, Vol 70, Pp 9–14.

Mattheus F. A. Goosen, (2012). **Environmental management and sustainable development**, Procedia Engineering, Vol 33, Pp 6 – 13.

Pearson, R.L., (2000). **Distance-weighted traffic density in proximity to a home is a risk factor for leukemia and other childhood cancers,** J. Air Waste Manag. Assoc, Vol 50 (2), 175-80.

Rorarius .J., (2007). **Assessing Sustainability from the Corporate Perspective-An interdisciplinary approach**, Swedish University of Agricultural Sciences, SLU, 13.

Future, Oxford University Press, Oxford, Pp 5.

Winograd, M., (2010). **Sustainable Development Indicators for Decision Making: Concepts**, Methods, Definition and, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia.

Xing,Yangang et al (2009) A framework model for assessing sustainability impacts of urban development, Accounting Forum, Volume 33, Issue 3, September 2009, Pages 209–224

Xue-Dan Song, SeWang, Ce Hao, Jie-Shan Qiu, (2014). **Investigation of SO2 gas adsorption in metal–organic frameworks by molecular simulation**, Inorganic Chemistry Communications, Vol 46, Pp 277–281.

Yunesian, M. and H. Malek Afzali, (2002). **Air pollution mortality in elderly in Tehran**, Iran. Payesh, Journal of the Iranian Institute for Health Sciences Research, Vol 1, 19-24.

Tanguay, G., (2010). **Measuring the Sustainability of Cities: An Analysis of the Use of Local Indicators**, Ecological Indicators, Vol 10, Pp 407–418.

University of Dortmund, (2001). **Sustainable Regional Development for Tourism in County Donegal**, Republic of Ireland, Faculty of Spatial Planning.

Vafa-Arani, Hamed, Jahani, Salman, Dashti, Hossein, Heydar, Jafar, Moazen, Saeed, (2014). **A system dynamics modeling for urban air pollution: A case study of Tehran**, Iran, Transportation Research Part D, Vol 31, Pp 21–36.

Wang, Z., L. Chen, J. Tao, Y. Zhang and L. Su, (2010). **Satellite-based stimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method**, Remote Sensing of Environment, Vol 114, Pp 50–63.

WCED- World Commission on Environment and Development, (1987). **Our Common**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی