محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶
صفحات: ۳۱۷-۳۰۹

ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز با تأکید بر آلودگی هوا (با استفاده از روش FPPSI)

سیده سمیه حسینی[۱*]، زلیخا نادرخانی[۲]، بنت الهدی یزدان بخش[۳]

۱. دکتری توریسم، دانشگاه کازان، روسیه
۲. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان
۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۲۹)

چکیده

پایداری زیست‌محیطی جزو چهار محور اصلی توسعهٔ پایدار است و یکی از فاکتورهای اصلی پایداری زیست‌محیطی، شاخص آلودگی هوا است. شهر اهواز هشتمین کلان‌شهر بزرگ ایران است که مسئلهٔ ریزگردها و تمرکز صنایع نفتی، این شهر را مستعد ناپایداری زیست‌محیطی (آلودگی هوا) کرده است. ارزیابی‌های زیست‌محیطی دقیق و مناسب می‌تواند ما را در رسیدن به توسعهٔ پایدار زیست‌محیطی کمک کند، لذا توجه به آن در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها برای دستیابی به یک برنامه‌ریزی مناسب، همگام با متغیرهای محیط طبیعی امری اجتناب ناپذیر است. با استناد به نوع داده‌های تحقیق، این تحقیق کاربردی بوده و داده‌ها به صورت اسنادی و کتابخانه‌ای گردآوری شده‌اند. در این تحقیق ۵ آلایندهٔ شاخص اصلی آلودگی هوا که عبارتند از: میانگین غلظت گازهای مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، ازون (O_3) و میانگین غلظت ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون (PM_{10}) طی سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت. جهت ارزیابی میزان پایداری مدل چند ضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی (FPPSI) به کار گرفته شد. این مدل که مدلی جدید در ارزیابی توسعهٔ پایدار است، تا کنون در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است 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 در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اهواز تأثیر داشته است و گاز مونوکسید کربن کمترین نقش را در آلایندگی هوای شهر اهواز داشته است.

کلید واژگان: پایداری زیست‌محیطی، آلودگی هوا، روش FPPSI، شهر اهواز

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۹۸۹۱۳۸۷۱۱۶۸۴+ ایمیل: sshosseini1361@gmail.com

۱. مقدمه

از آنجا که هرگونه فعالیتی برای ارتقای کیفیت زندگی و توسعهٔ انسانی در محیط‌زیست و منابع آن از نظر پایداری و یا ناپایداری بر فرآیند توسعه تاثیرگذار خواهد بود، بر این اساس هر بحثی دربارهٔ توسعه بدون توجه به مفهوم پایداری زیست‌محیطی، ناتمام تلقی می‌شود (Barimani, 2010). توافق گسترده‌ای در خصوص این موضوع بین صاحب نظران زیست‌محیطی وجود دارد که اکوسیستم کرهٔ زمین دیگر نمی‌تواند سطوح کنونی فعالیت‌های اقتصادی و مصرفی و روند رو به رشد آن را تحمل کند و دیگر قادر به پایداری نیست، زیرا فشارها و بار وارده بر طبیعت دو چندان شده است (Hosseinzadeh daleer *et al*., 2008). در پایداری زیست‌محیطی تحول و تطوری مورد نظر است که ثبات و پایداری جامعه را برهم نزند، بلکه به رشد و اعتلای پایداری آن کمک کند (Matouf, 2000). تحقق ارزیابی پایداری به‌ویژه ارزیابی زیست‌محیطی به‌وسیلهٔ مجموعه‌ای از معیارها و شاخص‌ها میسر خواهد بود. براین اساس شاخص‌های زیست محیطی به‌عنوان عناصر عملیاتی و نمایندهٔ پدیده‌های سازمانی جهت ارزیابی و سنجش پایداری است (Henri *et al*., 2008). بدون شک فعالیت های بشر در طی دهه های گذشته اثرات محیط‌زیستی منفی فراوانی به‌دنبال داشته است و کمبود اطلاعات و آگاهی جامعه از فعالیت های پیرامون خود، سبب تشدید این اثرات منفی شده است (Salehi *et al*., 2011). آلودگی هوای شهرها به‌ویژه کلان شهرهای کشورهای در حال توسعه به‌عنوان مهم‌ترین نگرانی‌های زیست‌محیطی جهان شناخته شده است (Fallahaty *et al*., 2014). شهر ها به خاطر تراکم جمعیت، فشردگی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهم‌ترین مراکز مصرف منابع و تولید کنندهٔ مواد زائد و آلودگی به شمار می‌روند (Xing *et al*., 2009) به عبارت دیگر گسترش شهرها، توسعه، مهاجرت، گسترش نامناسب صنایع و بی توجهی به مکان گزینی مناسب آن از عوا مل مهم افزایش آلودگی های محیطی محسوب می شود (Fallahaty *et al*., 2014) که باعث روند عدم تعادل و ناسازگاری میان انسان و طبیعت و به هم خوردن روابط اکوسیستم خواهد بود (Zebardas, 2004). آلودگی هوا به‌عنوان یک پیامد خارجی یک پیامد منفی، هزینه هایی را بر اقتصاد تحمیل می‌کند که در نهایت می تواند حرکت در مسیر توسعه را دچار اختلال نماید (Damankeshedeh *et al*., 2012). با تو جه با این که آلودگی هوا یکی از ابعاد آلودگی های زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد که باعث افزایش بیماری های قلبی و تنفسی، کاهش میزان دید، سوزش چشم و خسارت به گیاهان، حیوانات و اشیا، در سطح جهانی به گرمایش جهانی، افت اوزن استرانوسفری، باران اسیدی وغیره منجرشده‌است (Fallahaty *et al*., 2014). در سال‌های اخیر آلودگی هوا در اهواز به حدی بوده که این شهر جزء آلوده‌ترین شهرهای جهان محسوب می شود. این وضعیت سبب شکنندگی و آسیب پذیری محیط‌زیست اهواز گردیده و در پایداری زیست‌محیطی شهر تأثیر منفی می‌گذارد و شرایط زیست انسان در شهر را تنزل می‌دهد. با این اوصاف اگر توسعهٔ پایدار هدف نهایی ما به شمار رود و پایداری زیست‌محیطی شرط لازم برای تحقق توسعهٔ پایدار باشد، در این صورت ما نیازمند ابزار و روش‌هایی هستیم تا به کمک آن‌ها بتوانیم حرکت به‌سوی پایداری زیست‌محیطی را اندازه بگیریم (Barimani, 2010). در واقع ارزیابی پایداری ابزاری است که تصمیم گیران و سیاستگذاران را قادر می‌سازد تا اقدامات مناسب برای پایدار سازی هر چه بیشتر محاسبه را انجام دهند. هدف از ارزیابی پایداری آن است که از سهم بهینه طرح و فعالیت‌ها در توسعهٔ پایدار اطمینان حاصل شود (Pope Anna dale, 2004).

مدل چند ضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی (FPPSI) اولین بار توسط Feng و همکاران در دانشگاه مرکز تحقیقات علوم سازگار با محیط‌زیست آکادمی علوم چین، جهت ارزیابی توسعهٔ پایدار مورد استفاده قرار گرفت. آن‌ها با استفاده از این مدل، با مقایسهٔ فاصلهٔ داده‌های

واقعی با میزان اســـتاندارد، به برآورد میزان عقب ماندگی یا مطلوبیت توسعهٔ شهرها با میزان مورد انتظار توسعهٔ پایدار پرداختند. از آنجا که این مدل به سنجش و مقایسهٔ فاصله با حد استاندارد می‌پردازد، در هر زمینه‌ای که نیاز به چنین مقایســه‌ای وجود داشــته باشــد و حد اســتاندارد داده‌ها در دســترس باشــد، قابلیت اســتفاده دارد. در این مقاله از این مدل در ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز استفاده شـــده و از داده‌های آلایندهٔ هوا و مقایســـهٔ آن‌ها با حد استاندارد بهره برده شده‌است.

۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

قدمت شــهر اهواز به پیش از حیات ســاســانیان و در دورهٔ پادشـــاهی عیلامیان باز می‌گردد. شـــهر اهواز مرکز استان خوزستان است و از نظر جغرافیایی در ۲۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شـــمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است و طبق سر شماری سال ۱۳۹۲ دارای۱۳۹۵۱۸۴ نفر جمعیت اســـت. این شـــهر در بخش جلگه‌ای با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع است. مساحت شهر اهواز ۲۰۴۷۷ هکتار است که ۶۹۲۳ هکتار آن را بافت شـهری تشـکیل می‌دهد. شـهر اهواز به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود که در مرکز هندســـی خوزستان قرار دارد و سهولت دسترسی به مراکز فعالیت کشـاورزی و صـنعتی منطقه و نیز دسـترسـی به رودخانهٔ کارون برای حمل‌ونقل آبی، جزو کانون‌های مهم جذب و تمرکز جمعیت در منطقهٔ جنوب غرب کشـــور اســـت (Ahvaz Strategic Development Plan; 2012).

شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

۲.۲. روش تحقیق

با توجه به داده‌های تحقیق، نوع تحقیق کاربردی بوده و داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است. جهت نمایش داده ها، نرم افزارهای Excel و MATLAB مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق ۵ شاخص اصلی آلودگی هوا که عبارتند از: میانگین گاز مونوکسید کربن (CO)، میانگین گاز دی اکسید گوگرد (SO2)، میانگین گاز ازت (NO2)، میانگین گاز ازون (O3) و میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون طی سال های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. شاخص های آلودگی مورد بررسی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۱

شاخص	واحد	استاندارد	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
میانگین گاز مونوکسید کربن (CO)	PPM	۹	۵/۹۷	۱/۶۸	۰/۸۲	۳/۱۱
میانگین گاز دی اکسید گوگرد (SO2)	PPM	۰/۰۳	۰	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۱۹
میانگین گاز ازت (NO2)	PPM	۰/۰۵۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰	۰/۰۱۵
میانگین گاز ازون (O3)	PPM	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۱۷
میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون	PPM	۲۶۰	۳۱۰	۲۹۵	۳۱۰	۳۶۶

Statistical Yearbook of Khuzestan province, 2012 -2013

۳،۲. شرح مدل استفاده شده در تحقیق

جهت ارزیابی میزان پایداری مدل FPPSI به کار گرفته شد. 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. این مدل با توجه به در نظر گرفتن مقادیر حد بالا، حد پایین و استاندارد داده‌ها، از توان بسیار بالایی در ارزیابی و تحلیل وضع موجود توسعهٔ پایدار برخوردار است. در روش FPPSI، یک چند ضلعی n طرفه به نمایندگی از حداکثر ارزش نظری هر یک از شاخص‌های n با شعاعی در هر رأس (یعنی فاصله از مرکز چند ضلعی) ایجاد می‌شود که تو سط محدودهٔ فوقانی مقدار ا ستاندارد برای هر شاخص تعریف می‌شود. بنابراین، یک n ضلعی $(n-1)!/2$ طرفه وجود دارد.

شاخص مصنوعی از طریق میانگین نسبت مساحت هر چند ضلعی n طرفه به مساحت چند ضلعی تعریف شده با استفاده از مقدار استاندارد ۱ برای هر شاخص، تعریف شده است.

روند استانداردسازی می‌تواند به شرح زیر توضیح داده شود:

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

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

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

که در آن U، l و T به ترتیب بالاترین حد و پایین‌ترین حد و آستانه را برای پارامتر X، نمایش می‌دهند. بنابراین:

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

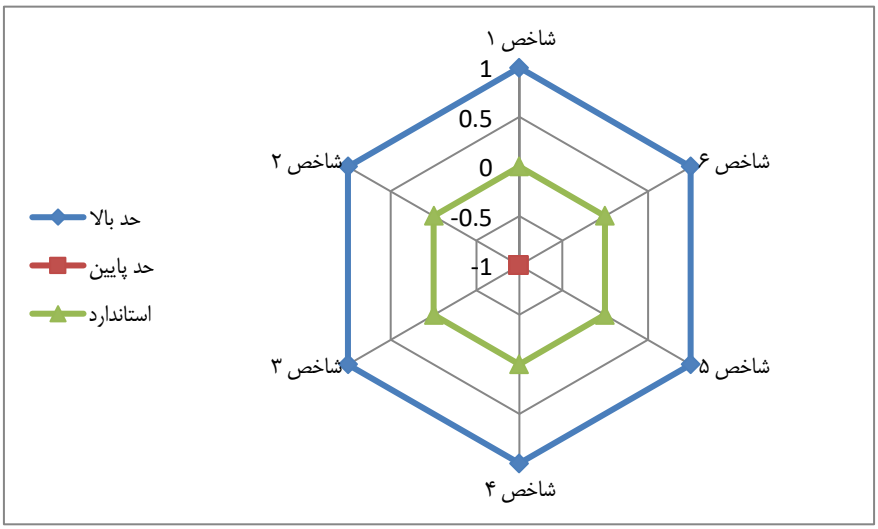
سپس معادله از طریق رابطهٔ زیر استاندارد می‌شود:

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

چند ضلعی n طرفه منظم بیرونی می‌تواند با n شاخص

تشکیل شود به‌طوری که n رأس $sn=1$ را نمایش می‌دهند. نقاط مرکزی $si=-1$ و شعاع از هر رأس به نقطهٔ مرکزی نشان دهندهٔ ارزش شاخص استاندارد مربوطه است.

چندضلعی درونی که بین چندضلعی بیرونی و مرکز چندضلعی قرار می‌گیرد، نشان‌دهندهٔ مقدار آستانهٔ شاخص‌ها است، جایی که $si=0$ است. داخل چند ضلعی درونی مقادیر شاخص‌های استاندارد کمتر از آستانهٔ خود و منفی هستند؛ خارج از چند ضلعی درونی مقادیر بزرگتر از ارزش آستانه و مثبت هستند (شکل۲).



شکل ۲. چندضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی

تعداد مثلث تشکیل شده توسط خطوط بین نقطهٔ مرکزی و شاخص‌های n (رئوس) از طریق زیر محاسبه می‌شود:

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

مساحت چندضلعی را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

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

که در آن Si نشان دهندهٔ شاخص i و Si + 1 نشان دهندهٔ 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 چند ضلعی منظم بیرونی (با طول ضلع برابر با دو واحد) از طریق زیر محاسبه می‌شود:

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

نهایتاً مقدار FPPSI از طریق محاسبهٔ نسبت ذیل به‌دست می‌آید:

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

که در آن s ارزش شاخص مصنوعی است که نشان‌دهندهٔ مجموع مقادیر همه شاخص‌ها در یک سطح پایین‌تر در سلسله مراتب است و می‌تواند برای محاسبهٔ

سطح بالاتر بلافصل در سلسله مراتب استاندارد شود (Feng *et al*., 2009).

۳. نتایج

در این تحقیق از بالاترین و پایین‌ترین حد و همچنین استاندارد شاخص‌های آلودگی هوا استفاده شد، در روش FPPSI میزان بالاتر از حد استاندارد نشان‌دهندهٔ آلودگی پایین‌تر و میزان پایین‌تر از حد استاندارد نشان‌دهندهٔ آلودگی بیشتر است. به عبارت دیگر میزان آلودگی هر چه به سمت منفی یک باشد، نشانهٔ آلودگی بیشتر و هر چه به سمت مثبت یک باشد نشادهندهٔ آلودگی کمتر است.

نتایج سال ۱۳۸۸ گویای این مطلب است که میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون از میزان استاندارد پایین‌تر است و نسبت به سایر شاخص‌های آلودگی هوا در سال ۱۳۸۸ با مقدار ۰/۱۲۹۶- بیشترین تأثیر را در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اهواز داشته است و گازهای دی‌اکسید گوگرد وگاز ازون با مقدار ۱+ ، ازت ۰/۷۱۲۵، مونواکسید کربن۲۸۰۸ /۰، بالاتر از سطح استاندار قرار دارند و به ترتیب کمترین تأثیر را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته است.

در سال ۱۳۸۹ گاز ازون و ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون به ترتیب با مقادیر ۱- و ۰،۰۹۲۱-، کمتر از سطح استاندارد قرار گرفته و بیشترین تأثیر را در آلودگی هوای شهر اهواز در سال ۱۳۸۹ داشته‌اند و گازهای ازت با مقدار ۰/۳۵۶۴، دی‌اکسید گوگرد با میانگین ۰/۵۰۹۵، مونواکسید کربن با مقدار ۰/۷۳۱۴ کمترین تأثیر را درآلودگی هوای شهر اهواز داشته‌اند.

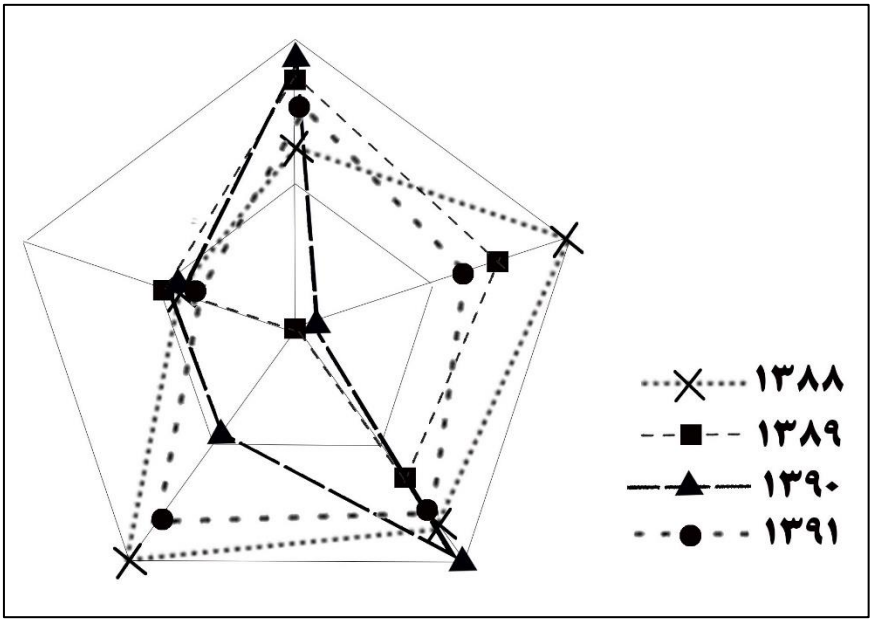
در سال ۱۳۹۰ اکثر شاخص‌های آلودگی هوا پایین‌تر از سطح استاندار قرار دارند. در این سال دی اکسیدگوگرد با مقدار ۰،۸۶۵۰- بیشترین تأثیر را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته است و پس از آن ذرات معلق با مقدار ۰/۱۲۹۶-، و گاز ازون با مقدار۰/۰۹۰۹- ، پایین‌تر از سطح استاندار قرار دارند. این درحالی است که گاز ازت با مقدار ۱ و مونوکسیدکربن با مقدار ۰/۸۶۱۷، شاخص به ترتیب کمترین تأثیر را در آلودگی هوای اهواز داشته‌اند.

در سال۱۳۹۱، هر چند هوای شهر اهواز نسبت به سال۱۳۹۰ از نظر بعضی از شاخص‌ها (میانگین گاز SO2، میانگین گاز ازون O3) در حالت پایدارتری قرار دارد اما باز هم شاخص‌های میانگین گاز CO، میانگین گاز ازت NO2 به ویژه ذرات معلق نسبت به سال قبل دارای شرایط ناپایدارتری است و از نظر شاخص ذرات معلق با میانگین ۰/۲۵۹۴-، ناپایدارترین سال محسوب می‌شود و از این جهت تأثیر زیادی را در آلودگی شهر اهواز داشته است.

با استناد به شکل شمارهٔ (۳) و جدول شمارهٔ (۲) میانگین گاز مونوکسیدکربن در بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۸ هیچ وقت کمتر از میزان استاندار نبود و همیشه بالاتر از حد استاندارد قرار داشته است و در آلودگی هوای شهر اهواز تأثیری نداشته است، شاخص دوم یعنی گاز دی اکسیدگوگرد در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۱ بالاتر از سطح استاندارد بود و فقط در سال ۱۳۹۰ کمتر از میزان استاندارد بوده است. گاز ازت در سال‌های های ۱۳۸۸، ، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ با مقدارهای ۰/۷۱۵ و۰/۳۵۶۴ و ۰/۵۹۳۵ و ۱+ بالاتر از سطح استاندارد بوده و حتی در سال ۱۳۹۰ با مقدار ۱ بهترین وضعیت و در میان شاخص‌ها کمترین تأثیر را در آلودگی شهر اهواز داشته است. گاز ازون تقریباً در سال ۱۳۸۸ با میانگین ۱+ در بالاترین سطح استاندارد قرار داشت؛ ولی در سال ۱۳۸۹ به ۱- در کمترین سطح استاندارد قرار گرفته است، در سال‌های ۱۳۹۰ هم گاز ازون در شهر اهواز در سطح پایین‌تر از سطح استاندارد قرار گرفته است، در سال ۱۳۹۰ گاز ازون برخلاف دو سال قبل بالاتر از سطح استاندارد قرار گرفته و از میزان آلایندگی آن در محیط‌زیست اهواز کم شده است، به‌طور کلی گاز ازون روندی نزولی را از سطح استاندارد در آلایندگی هوای شهر اهواز پیموده و نقش به‌سزایی را در ناپایداری هوای شهر اهواز داشته است.

پنجمین شاخص یعنی ذرات زیر ۱۰ میکرون در هوای شهر اهواز را می‌توان مهم‌ترین و اصلی‌ترین فاکتور

ناپایداری هوای شهر اهواز دانست که در چند سال اخیر جزء معضلات زیست‌محیطی نه تنها این شهر بلکه کشور بوده است، ذرات معلق در همهٔ سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۸ با مقدارهای ۰/۱۲۹۶-، ۰/۹۲۱۰-، ۰/۱۲۹۶-، ۰/۲۵۹۴- از سطح استاندارد پایین‌تر بوده است.



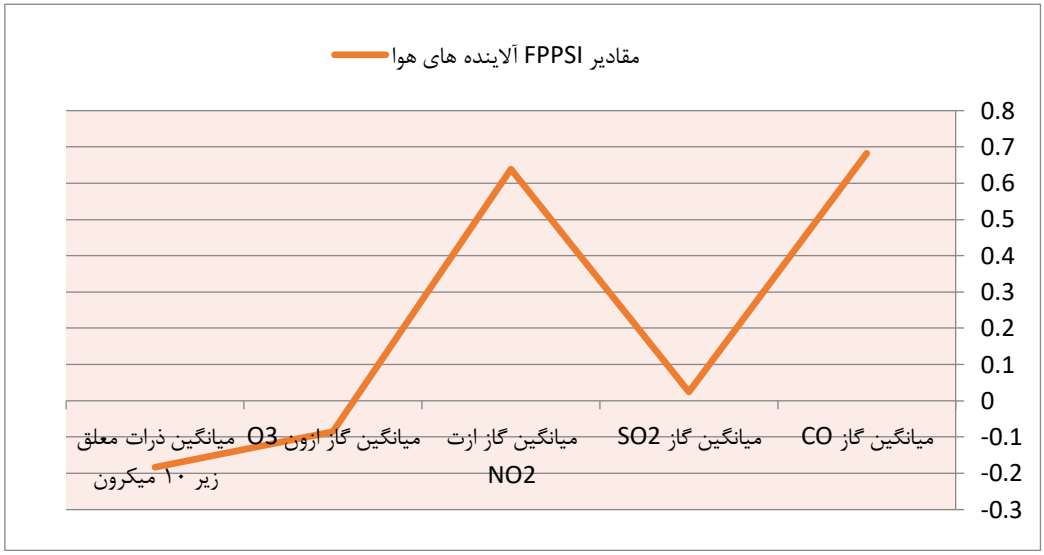
شکل ۳. وضعیت شاخص‌های آلودگی شهر اهواز طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۸

جدول ۲. میزان FPPSI شاخص‌های آلودگی شهر اهواز در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۸

شهراهواز	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
میانگین گاز CO	۰/۲۴۰۸۲۰۲۱۹	۰/۷۳۱۴۱۴۸۶۸	۰/۸۶۱۷۷۸۳۴	۰/۵۴۲۰۵۷۷۹۵
میانگین گاز SO2	۱	۰/۵۰۹۵۵۴۱۴	-۰/۸۶۵۰۵۱۹۰۳	۰/۲۳۱۲۱۳۸۷۳
میانگین گاز ازت NO2	۰/۷۱۲۵۱۰۳۵۶	۰/۳۰۶۴۶۲۳۵۸	۱	۰/۵۹۳۵۱۸۱۵۷
میانگین گاز ازون O3	۱	-۱	-۰/۰۹۰۹۰۹۰۹۱	۰/۶۱۷۶۴۷۰۵۹
میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون	-۰/۱۲۹۶۱۰۴۲۸	-۰/۰۹۲۱۸۱۵۰۳	-۰/۱۲۹۶۱۰۴۲۸	-۰/۲۵۹۴۹۱۳۶۹

در نهایت با استفاده از میانگین مقدار FPPSI آلاینده‌ها در هر سال، مقدار FPPSI کل به‌دست آمد. با توجه به شکل شمارهٔ (۴) که نمودار FPPSI است و در آن شاخص‌های مؤثر در پایداری هوا را باتوجه به سطح استان نشان داده است. شکل شمارهٔ (۴) نشان می‌دهد که مؤثرترین شاخص در ناپایداری هوای اهواز ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون که در طول سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۸ همیشه پایین‌تر از سطح استاندارد قرار داشته است، گاز ازون نیز براساس این نمودار و آمارها کمتر از سطح استاندارد قرار دارد و سهم مهمی را در ناپایداری هوای شهر اهواز داشته است. ولی گاز مونوکسیدکربن و گاز ازت نیز با توجه به نمودار بالاتر از سطح استاندارد واقع شده است. گاز

دی‌اکسید گوگرد نیز تقریباً در سطح استاندارد واقع شده است.



شکل ۴. میزان FPPSI آلودگی شهر اهواز در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۱

۴. بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی هوا پدیده‌ای است که بعد از انقلاب صنعتی که صنایع و شهرنشینی با شتاب در حال رشد و گسترش بود، بروز کرده است. رشد سریع و بدون برنامهٔ شهرنشینی که لزوم گسترش صنایع و امکانات و خدمات به جمعیت در حال افزایش را طلب می‌کرد، این گسترش خدمات و فعالیت‌ها باعث بروز آلودگی در سطح وسیعی از شهرها شد که همهٔ ابعاد آلودگی را تحت تأثیر قرار داد. شدت آلودگی در شهرها به‌حدی رسیده است که همهٔ نهادها و سازمان‌های ملی و محلی و دولت‌ها برای از بین بردن و یا کاهش آن در پی برنامه‌ریزی هستند. شهر اهواز نیز یکی از شهرهای بزرگ ایران درگیر با آلودگی هوا است. آلودگی در شهر اهواز ناشی از مصرف انرژی‌های سوختی و صنایع نفتی و پتروشیمی است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از میانگین مقادیر FPPSI آلاینده‌ها در طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱ و (شکل شماره ۷ و جدول شماره۲) مشاهده می‌کنیم گازهای مونوکسیدکربن CO و گاز ازت NO_2 همیشه درطی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۱ در سطح بالایی از استاندارد قرار داشته است و در واقع تأثیر ناچیزی را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته است. گاز دی اکسید کربن SO_2 نزدیک به میانگین بوده و حتی در سال ۱۳۹۰ با مقدار ۰/۸۶۵۰- پایین‌تر از سطح استاندارد بوده است، اما مهم‌ترین فاکتورهای آلودگی هوای شهر اهواز ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون و گاز ازون O3 است. طبق آمار جدول (۲) گاز ازون در سال ۱۳۸۸ در بهترین حالت خود با مقدار ۱+ قرار داشت ولی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در سطح پایینی از سطح استاندارد قرار داشت. در واقع این گاز روند افزایش در هوا را داشته است. ذرات معلق در هوا مهم‌ترین و مؤثرین عامل در آلودگی هوای شهر اهواز است. این ذرات در طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱ در سطح پایینی از سطح استاندارد قرار داشته است. گاز ازون و مخصوصاً ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون از عوامل اصلی ناپایداری هوای شهر اهواز بوده است. طبق آمار جدول شمارهٔ (۲) پایدارترین سال در هوای شهر اهواز سال ۱۳۸۸ است. در این سال گازهای ازون و دی‌کسیدکربن در بهترین مقدار خود یعنی ۱+ بوده‌اند و ناپایدارترین سال

۱۳۹۰ است که گازهای دی‌اکسیدگوگرد و ازت و گاز ازون در پایین‌تر از سطح استاندارد قرار داشته‌اند.

References

Roads and Urban Development Department of Khuzestan Province, Department of Architecture, 2012, *Ahvaz strategic plan development.* (in Persian)

Barimani, F., Asghary Lfjany, S., 2010. Determine the extent of environmental instability rural settlements Sistan using multi criteria evaluation model, *Geography and Development*, No. 9, pp.127-145 (in Persian)

Zebardast, E., 2003. the size of the city, *Publications Department of Planning and Architecture Department of Housing and Urban Development*, Tehran, pp. 153-156. (in Persian)

Damankeshedeh, M., Akhlaghi, A., 2012. The feasibility of replacing natural gas instead of petroleum products in the transport sector (Case Study Tehran's taxis), *Journal of Economic Sciences*, No. 7, pp. 84-101. (in Persian)

Statistical Yearbook of Khuzestan province, 2012-2013.(in Persian)

Fallahaty, A., Soheili, K., Nazifi, M., Abaspoor, S.,.2014. Analysis and modeling of the effects of air pollution on health using artificial neural network, *Iranian Journal of Epidemiology*, No. 2, pp. 39-49. (in Persian)

Salehi, J., and Moradi, H., 2011. Fuzzy logic and its application in environmental impact assessment, *Journal of Environmental and Development*, Volume 2, , No. 3, PP. 37- 44(in Persian)

Hosseinzadeh daleer., courageous, gracious and wise sasanpour, .2008. New methods to evaluate environmental sustainability, *Journal of Geography and Planning*, No. 25, pp10- 24. . (in Persian)

Henri, J., Journeault, M., 2008. Environmental Per indicators: An empirical Staudy of Canadian manu facturing Firms, *Journal of Environmental Management*, 87. PP.165-176.

Hosseinzadeh, SR., 2004. Environmental crises in Mtropolises of Iran Sustainable city book. Wit Pres. England.

Pope, J, 2004. Conceptualizing sustainability assessment, Environmental Impact Assessment Review, 24, PP. 595-616.

Feng, L., Xusheng, L., Dan, H., Rusong, W.,Wenrui, ., Dong, L., Dan, Z.,2009. Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China’s Jining City, Landscape and Urban Planning 90, pp. 134–142.

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