

## ارزیابی پایداری زیست محیطی شهر اهواز با تأکید بر آلودگی هوا (با استفاده از روش FPPSI)

سیده سمیه حسینی<sup>۱\*</sup>، زلیخا نادرخانی<sup>۲</sup>، بنت الهدی یزدان بخش<sup>۳</sup>

۱. دکتری توریسم، دانشگاه کازان، روسیه

۲. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان

۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه اصفهان

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

### چکیده

پایداری زیست محیطی جزو چهار محور اصلی توسعه پایدار است و یکی از فاکتورهای اصلی پایداری زیست محیطی، شاخص آلودگی هوا است. شهر اهواز هشتمین کلان شهر بزرگ ایران است که مسئله ریزگردها و تمرکز صنایع نفتی، این شهر را مستعد ناپایداری زیست محیطی (آلودگی هوا) کرده است. ارزیابی های زیست محیطی دقیق و مناسب می تواند ما را در رسیدن به توسعه پایدار زیست محیطی کمک کند، لذا توجه به آن در سیاست گذاری ها و برنامه ریزی ها برای دستیابی به یک برنامه ریزی مناسب، همگام با متغیرهای محیط طبیعی امری اجتناب ناپذیر است. با استناد به نوع داده های تحقیق، این تحقیق کاربردی بوده و داده ها به صورت اسنادی و کتابخانه ای گردآوری شده اند. در این تحقیق ۵ آلاینده شاخص اصلی آلودگی هوا که عبارتند از: میانگین غلظت گازهای مونوکسید کربن (CO)، دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>)، دی اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>)، ازون (O<sub>3</sub>) و میانگین غلظت ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون (PM<sub>10</sub>) طی سال های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت. جهت ارزیابی میزان پایداری مدل چند ضلعی جایگشت کامل شاخص های مصنوعی (FPPSI) به کار گرفته شد. این مدل که مدلی جدید در ارزیابی توسعه پایدار است، تا کنون در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که شرایط زیست محیطی شهر اهواز در سال های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱ از نظر شاخص آلودگی هوا 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 آلاینده ها در ناپایداری زیست محیطی شهر اهواز تأثیر داشته است و گاز مونوکسید کربن کمترین نقش را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته است.

**کلید واژگان:** پایداری زیست محیطی، آلودگی هوا، روش FPPSI، شهر اهواز

## ۱. مقدمه

از آنجا که هرگونه فعالیتی برای ارتقای کیفیت زندگی و توسعه انسانی در محیط زیست و منابع آن از نظر پایداری و یا ناپایداری بر فرآیند توسعه تاثیرگذار خواهد بود، بر این اساس هر بحثی درباره توسعه بدون توجه به مفهوم پایداری زیست محیطی، ناتمام تلقی می شود (Barimani, 2010). توافق گسترده ای در خصوص این موضوع بین صاحب نظران زیست محیطی وجود دارد که اکوسیستم کره زمین دیگر نمی تواند سطوح کنونی فعالیت های 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 زیست محیطی تحول و تطوری مورد نظر است که ثبات و پایداری جامعه را برهم نزند، بلکه به رشد و اعتدالی پایداری آن کمک کند (Matouf, 2000). تحقق ارزیابی پایداری به ویژه ارزیابی زیست محیطی به وسیله مجموعه ای از معیارها و شاخص ها میسر خواهد بود. براین اساس شاخص های زیست محیطی به عنوان عناصر عملیاتی و نماینده پدیده های سازمانی جهت ارزیابی و سنجش پایداری است (Henri et al., 2008). بدون شک فعالیت های بشر در طی دهه های گذشته اثرات محیط زیستی منفی فراوانی به دنبال 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 به ویژه کلان شهرهای کشورهای در حال توسعه به عنوان مهم ترین نگرانی های زیست محیطی جهان شناخته شده است (Fallahaty et al., 2014). شهرها به خاطر تراکم جمعیت، فشردگی فعالیت های اقتصادی و اجتماعی، مهم ترین مراکز مصرف منابع و تولید کننده مواد زائد و آلودگی به شمار می روند (Xing et al., 2009) به عبارت دیگر گسترش شهرها، توسعه، مهاجرت، گسترش نامناسب صنایع و بی توجهی به مکان گزینی مناسب آن

از عوامل 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 به عنوان یک پیامد خارجی یک پیامد منفی، هزینه هایی را بر اقتصاد تحمیل می کند که در نهایت می تواند حرکت در مسیر توسعه را دچار اختلال نماید (Damankeshedeh et al., 2012). با توجه با این که آلودگی هوا یکی از ابعاد آلودگی های زیست محیطی را تشکیل می دهد 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 استراتوسفری، باران اسیدی و غیره منجر شده است (Fallahaty et al., 2014). در سال های اخیر آلودگی هوا در اهواز به حدی بوده که این شهر جزء آلوده ترین شهرهای جهان محسوب می شود. این وضعیت سبب شکنندگی و آسیب پذیری محیط زیست اهواز گردیده و در پایداری زیست محیطی شهر تأثیر منفی می گذارد و شرایط زیست انسان در شهر را تنزل می دهد. با این اوصاف اگر توسعه پایدار هدف نهایی ما به شمار رود و پایداری زیست محیطی شرط لازم برای تحقق توسعه پایدار باشد، در این صورت ما نیازمند ابزار و روش هایی هستیم تا به کمک آنها بتوانیم حرکت به سوی پایداری زیست محیطی را اندازه بگیریم (Barimani, 2010). در واقع ارزیابی پایداری ابزاری است که تصمیم گیران و سیاستگذاران را قادر می سازد 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 توسعه پایدار اطمینان حاصل شود (Pope Anna dale, 2004).

مدل چند ضلعی جایگشت کامل شاخص های مصنوعی (FPPSI) اولین بار توسط Feng و همکاران در دانشگاه مرکز تحقیقات علوم سازگار با محیط زیست آکادمی علوم چین، جهت ارزیابی توسعه پایدار مورد استفاده قرار گرفت. آنها با استفاده از این مدل، با مقایسه فاصله داده های

دوره پادشاهی عیلامیان باز می‌گردد. شهر اهواز مرکز استان خوزستان است و از نظر جغرافیایی در ۲۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است و طبق سرشماری سال ۱۳۹۲ دارای ۱۳۹۵۱۸۴ نفر جمعیت است. این شهر در بخش جلگه‌ای با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع است. مساحت شهر اهواز ۲۰۴۷۷ هکتار است که ۶۹۲۳ هکتار آن را بافت شهری تشکیل می‌دهد. شهر اهواز به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود که در مرکز هندسی خوزستان قرار دارد و سهولت دسترسی به مراکز فعالیت کشاورزی و صنعتی منطقه و نیز دسترسی به رودخانه کارون برای حمل‌ونقل آبی، جزو کانون‌های مهم جذب و تمرکز جمعیت در منطقه جنوب غرب کشور است (Ahvaz Strategic Development Plan; 2012).

واقعی با میزان استاندارد، به برآورد میزان عقب ماندگی یا مطلوبیت توسعه شهرها با میزان مورد انتظار توسعه پایدار پرداختند. از آنجا که این مدل به سنجش و مقایسه فاصله با حد استاندارد می‌پردازد، در هر زمینه‌ای که نیاز به چنین مقایسه‌ای وجود داشته باشد و حد استاندارد داده‌ها در دسترس باشد، قابلیت استفاده دارد. در این مقاله از این مدل در ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهر اهواز استفاده شده و از داده‌های آلاینده هوا و مقایسه آن‌ها با حد استاندارد بهره برده شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

قدمت شهر اهواز به پیش از حیات ساسانیان و در



شکل ۱. موقعیت منطقه 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 داده‌ها، نرم‌افزارهای 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 (SO<sub>2</sub>)، میانگین گاز ازت (NO<sub>2</sub>)، میانگین گاز ازون (O<sub>3</sub>) و میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون طی سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. شاخص‌های 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 (SO <sub>2</sub> )	PPM	۰/۰۳	۰	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۱۹
میانگین گاز ازت (NO <sub>2</sub> )	PPM	۰/۰۵۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰	۰/۰۱۵
میانگین گاز ازون (O <sub>3</sub> )	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 Full Permutation مخفف Polygon Synthetic Indicator به معنای چندضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی است. این مدل، مدلی جدید در ارزیابی توسعه 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 توسعه 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 محدوده 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 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:

$$\begin{aligned} f(x)|_{x=L} &= -1 \\ f(x)|_{x=T} &= 0 \\ f(x)|_{x=U} &= 1 \end{aligned}$$

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

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

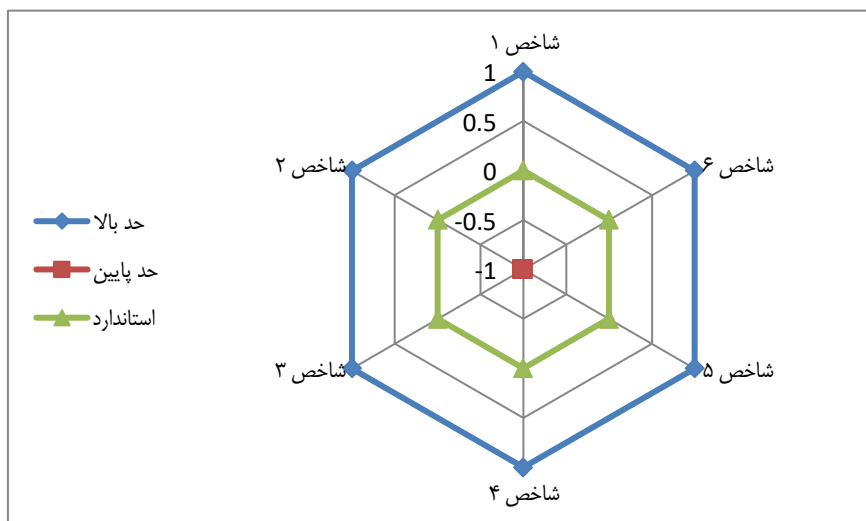
سپس معادله از طریق رابطه زیر استاندارد می‌شود:

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

چند ضلعی n طرفه منظم بیرونی می‌تواند با n شاخص

چندضلعی قرار می‌گیرد، نشان‌دهنده مقدار آستانه شاخص‌ها است، جایی که  $si=0$  است. داخل چند ضلعی درونی مقادیر شاخص‌های استاندارد کمتر از آستانه خود و منفی هستند؛ خارج از چند ضلعی درونی مقادیر بزرگتر از ارزش آستانه و مثبت هستند (شکل ۲).

تشکیل شود به طوری که  $n$  رأس  $sn=1$  را نمایش می‌دهند. نقاط مرکزی  $si=-1$  و شعاع از هر رأس به نقطه مرکزی نشان‌دهنده ارزش شاخص استاندارد مربوطه است. چندضلعی درونی که بین چندضلعی بیرونی و مرکز



شکل ۲. چندضلعی جایگشت کامل شاخص‌های مصنوعی

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 محاسبه نسبت ذیل به دست می‌آید:

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

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

تعداد مثلث تشکیل شده توسط خطوط بین نقطه 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  $Si$  نشان‌دهنده شاخص  $i$  و  $Si + 1$  نشان‌دهنده فاصله از نقطه پایانی شاخص  $i$  به نقطه مرکزی است. فاصله استاندارد  $[-1, +1]$  باشد.

تعداد  $n! / 2 = n \times (n-1) / 2$  مثلث وجود دارد که از تعداد شاخص‌های  $(n-1) / 2$  تشکیل شده است. مجموع

ترتیب کمترین تأثیر را در آلودگی هوای اهواز داشته‌اند. در سال ۱۳۹۱، هر چند هوای شهر اهواز نسبت به سال ۱۳۹۰ از نظر بعضی از شاخص‌ها (میانگین گاز SO<sub>2</sub>، میانگین گاز ازون O<sub>3</sub>) در حالت پایدارتری قرار دارد اما باز هم شاخص‌های میانگین گاز CO، میانگین گاز ازت NO<sub>2</sub> 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 شماره (۳) و جدول شماره (۲) میانگین گاز مونوکسیدکربن در بین سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۰ هیچ وقت کمتر از میزان استاندارد 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 ۱۳۸۸، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ با مقادیرهای ۰/۷۱۵، ۰/۳۵۶۴ و ۰/۵۹۳۵+ و 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 آلاینده‌گی آن در محیط‌زیست اهواز کم شده است، به‌طور کلی گاز ازون روندی نزولی را از سطح استاندارد در آلاینده‌گی 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

سطح بالاتر بلافاصل 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 نشان‌دهنده آلودگی پایین‌تر و میزان پایین‌تر از حد استاندارد نشان‌دهنده آلودگی بیشتر است. به عبارت دیگر میزان آلودگی هر چه به سمت منفی یک باشد، نشانه آلودگی بیشتر و هر چه به سمت مثبت یک باشد نشانه آلودگی کمتر است.

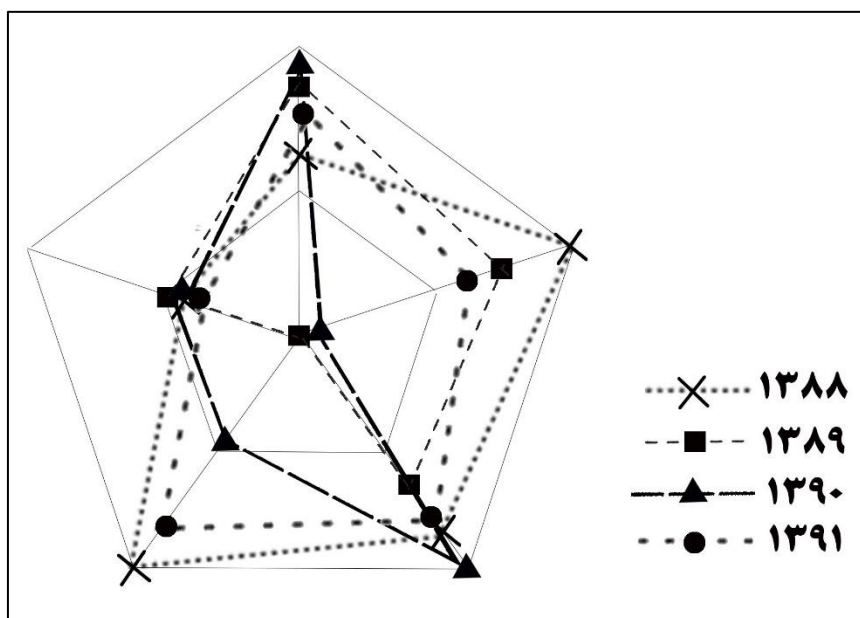
نتایج سال ۱۳۸۸ گویای این مطلب است که میانگین ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون از میزان استاندارد پایین‌تر است و نسبت به سایر شاخص‌های آلودگی هوا در سال ۱۳۸۸ با مقدار ۰/۱۲۹۶- بیشترین تأثیر را در ناپایداری زیست‌محیطی شهر اهواز داشته است و گازهای دی اکسید گوگرد و گاز ازون با مقدار ۱+، ازت ۰/۷۱۲۵، مونواکسید کربن ۲۸۰۸/۰، بالاتر از سطح استاندارد 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، دی اکسید گوگرد با میانگین ۰/۵۰۹۵، مونواکسید کربن با مقدار ۰/۷۳۱۴ کمترین تأثیر را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته‌اند.

در سال ۱۳۹۰ اکثر شاخص‌های آلودگی هوا پایین‌تر از سطح استاندارد 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 مقدار ۰/۰۹۰۹-، پایین‌تر از سطح استاندارد قرار دارند. این درحالی است که گاز ازت با مقدار ۱ و مونوکسیدکربن با مقدار ۰/۸۶۱۷، شاخص به

مقدارهای ۰/۱۲۹۶، ۰/۹۲۱۰، ۰/۱۲۹۶، ۰/۲۵۹۴- از سطح استاندارد پایین تر بوده است.

ناپایداری هوای شهر اهواز دانست که در چند سال اخیر جزء مضلات زیست محیطی نه تنها این شهر بلکه کشور بوده است، ذرات معلق در همه سال های ۱۳۸۸-۱۳۹۱



شکل ۳. وضعیت شاخص های آلودگی شهر اهواز طی سال های ۱۳۸۸-۱۳۹۰

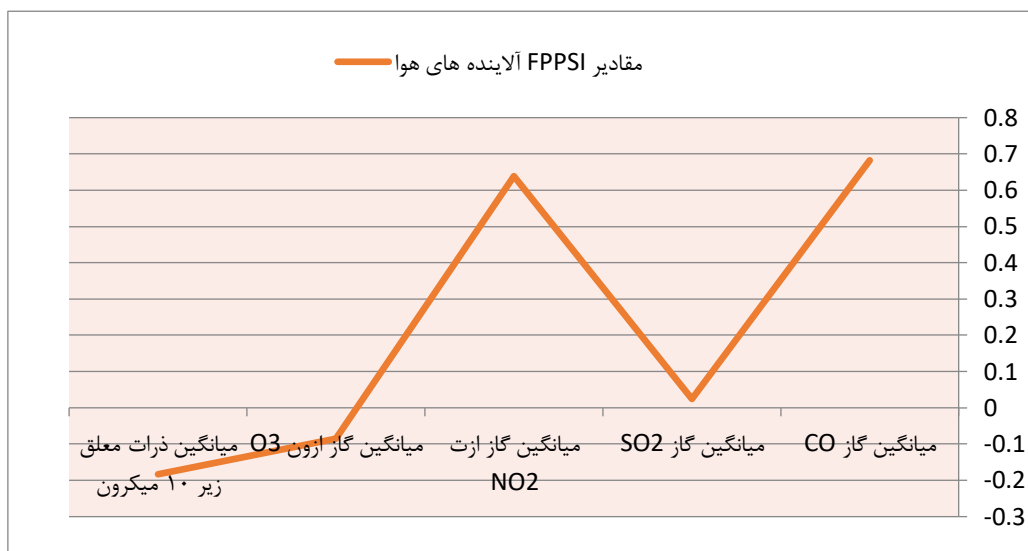
جدول ۲. میزان FPPSI شاخص های آلودگی شهر اهواز در سال های ۱۳۸۸-۱۳۹۱

شهر اهواز	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

۱۰ میکرون که در طول سال های ۱۳۸۸-۱۳۹۱ همیشه پایین تر 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

در نهایت با استفاده از میانگین مقدار FPPSI آلاینده ها در هر سال، مقدار FPPSI کل به دست آمد. با توجه به شکل شماره (۴) که نمودار FPPSI است و در آن شاخص های مؤثر در پایداری هوا را با توجه به سطح استان نشان داده است. شکل شماره (۴) نشان می دهد که مؤثرترین شاخص در ناپایداری هوای اهواز ذرات معلق زیر

دی‌اکسید گوگرد نیز تقریباً در سطح استاندارد واقع شده است.



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

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

استاندارد قرار داشته است و در واقع تأثیر ناچیزی را در آلودگی هوای شهر اهواز داشته است. گاز دی‌اکسید کربن  $SO_2$  نزدیک به میانگین بوده و حتی در سال ۱۳۹۰ با مقدار  $0/۸۶۵۰$  - پایین تر از سطح استاندارد بوده است، اما مهم ترین فاکتورهای آلودگی هوای شهر اهواز ذرات معلق زیر  $۱۰$  میکرون و گاز اوزون  $O_3$  است. طبق آمار جدول (۲) گاز اوزون 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 مهم ترین 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 اوزون و مخصوصاً ذرات معلق زیر  $۱۰$  میکرون از عوامل اصلی ناپداری هوای شهر اهواز بوده است. طبق آمار جدول شماره (۲) پایدارترین سال در هوای شهر اهواز سال ۱۳۸۸ است. در این سال گازهای اوزون و دی‌اکسیدکربن در بهترین مقدار خود یعنی  $+۱$  بوده‌اند و ناپایدارترین سال

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 برنامه 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 همه ابعاد آلودگی را تحت تأثیر قرار داد. شدت آلودگی در شهرها به حدی رسیده است که همه 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 به دست آمده از میانگین مقادیر FPPSI آلاینده‌ها در طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱ و (شکل شماره ۷ و جدول شماره ۲) مشاهده می‌کنیم گازهای مونوکسیدکربن  $CO$  و گاز ازت  $NO_2$  همیشه در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۱ در سطح بالایی از



۱۳۹۰ است که گازهای دی‌اکسید گوگرد 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)
- Damankeshede, 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 Study 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