

## مکانیابی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در مناطق ۱ و ۳ اصفهان با استفاده از تکنیک فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

رویا تاجی<sup>۱</sup>، مژگان احمدی ندوشن<sup>۲\*</sup>

۱- گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران  
 ۲- گروه محیط زیست، مرکز تحقیقات پسماند و پساب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

نوع مقاله: پژوهشی تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۹

### چکیده

در سال‌های اخیر رشد روز افزون جمعیت، وسایل نقلیه و کارخانجات صنعتی باعث شده است که آلودگی هوا به‌عنوان یکی از سوانح انسان ساخت، مشکلات عدیده‌ای را در پیرامون محیط زیست بشر ایجاد نماید و سلامتی آن‌ها را به خطراندازد. هدف از انجام مطالعه حاضر، مکانیابی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در مناطق ۱ و ۳ شهر اصفهان با استفاده از تکنیک فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. پایش دقیق وضعیت آلودگی هوا، نیازمند توزیع مناسب و دقیق ایستگاه‌ها در کل منطقه مطالعاتی است که جانمایی بهینه این ایستگاه‌ها را می‌توان با استفاده از روش‌های فازی و AHP عملی ساخت. در تحقیق حاضر، با توجه به ضرورت تعیین دقیق مکان احداث ایستگاه‌های سنجش آلودگی، اولویت این ایستگاه‌ها بر مبنای معیارهای مهمی نظیر فاصله از بازار، مناطق گردشگری، پارک‌ها، پارکینگ‌ها، مناطق تفریحی و فاصله از ایستگاه‌های پایش موجود به کمک روش‌های فازی و AHP تعیین شد. نتایج نشان داد که روش Fuzzy-AHP روشی مناسب و انعطاف پذیر در تعیین مناطق مناسب ایستگاه سنجش آلاینده‌ای هوا دارد.

**واژه‌های کلیدی:** آلودگی هوا، ایستگاه‌های پایش، مکان‌یابی، فازی، AHP

## مقدمه

در اغلب شهرهای بزرگ و صنعتی دنیا، افزایش جمعیت و منابع آلاینده هوا منجر به تولید هوایی آلوده و ناسالم شده است که سلامتی افراد ساکن در این مناطق را در معرض خطر قرار می‌دهد. در کلانشهر اصفهان نیز افزایش زندگی ماشینی و فعالیت‌های افراطی انسان از یک طرف و شرایط توپوگرافی و عوامل طبیعی آن از طرف دیگر باعث شده است تا این شهر یکی از شهرهای آلوده جهان محسوب شود. به دلیل ضرورت جلوگیری و کاهش خطرهای ناشی از آلودگی هوا، آگاهی مناسب از جوانب مختلف این مسأله از اهمیت بسزائی برخوردار است (اردکانی و همکاران، ۱۳۸۵). پیشرفت صنایع و توسعه شهرها، افزایش جمعیت، افزایش تعداد وسائل نقلیه و مصرف گسترده سوخت‌های فسیلی و آلودگی شدید هوا را در شهرهای بزرگ دنیا به دنبال داشته و کنترل آلودگی هوا را به عنوان یکی از مهم‌ترین اقدامات زیست محیطی و بهداشتی در این مناطق الزامی نموده است.

بنابراین می‌بایست در پی راه حل‌هایی در جهت اصلاح ساختارهای شهری بود که از طرفی وابستگی شهرها به اتومبیل را کاهش داده و از طرف دیگر منجر به بهبود کیفیت هوای شهری گردد. تحلیل مشخصه‌های محیط انسان ساخت شهری در راستای بهبود کیفیت هوای شهری و کاهش آسیب‌های ناشی از آن را می‌توان در قالب سیاست‌های زیر بررسی نمود: راهکارهای کاهش تولید آلاینده‌های هوا، تقویت جریان‌های هوا، بهبود و تلطیف آلودگی هوای موجود و در امان نگه داشتن کاربری‌های حساس از مجاورت با منابع آلاینده (زبردست و همکاران، ۱۳۹۲).

از آنجا که نمونه‌برداری از هوا و آزمایش و تشخیص نوع آلاینده‌های آن، زیر بنای اقدامات کنترل آلودگی هوا محسوب می‌شوند لذا مکانیابی صحیح ایستگاه‌های اندازه‌گیری از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از چالش‌های مهم مدیریت شهری، تعیین مکان ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌های هوا در سطح شهرها است. اگر ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌ها، در مکان‌های مناسب

جایابی شوند، پیشگویی بهتر و کنترل مؤثرتری بر آلودگی در مواقع اضطرار میسر می‌شود. مکان ایستگاه‌ها عمدتاً بر اساس ضوابط و مقررات مکان‌یابی و احداث ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا تعیین می‌شود. این ضوابط و قوانین، براساس شرایط محیطی و ملاحظات مکانی به تعیین مکان ایستگاه‌های جدید می‌پردازند و روندهای تصادفی در رخداد پدیده‌ها را نادیده می‌گیرند. در این راستا، ایجاد و افزایش شبکه پایش کیفیت هوای کلان شهرها ضروری بوده و جانمایی مناسب آن‌ها با توجه به هزینه بالای آن از اهمیت بالایی برخوردار است. اشتباه و یا عدم دقت در تصمیم‌گیری منجر به پرداخت هزینه خطا می‌گردد. استانداردهایی برای مکان‌یابی ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در کشورهایی مانند فرانسه و آمریکا وجود دارد. در مطالعه‌ای که Movafagh و همکاران در سال ۲۰۰۹ انجام دادند به بررسی استانداردهای ارائه شده در کشورها جهت جانمایی ایستگاه پایش آلودگی هوا پرداختند. در این مطالعه به مناسب بودن و استفاده از استانداردهای ارائه شده در کشور آمریکا برای مکان‌یابی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا برای ایران اشاره کرده‌اند (ادب و همکاران، ۱۳۹۶).

در دهه‌های اخیر، طیف وسیعی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه شده است، از جمله این روش‌ها می‌توان به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی اشاره کرد که برای اولین بار توسط (Saaty, 1980) معرفی شد. مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از AHP در زمینه تصمیم‌گیری و به‌ویژه مکان‌یابی انجام شده، که در ادامه به پاره‌ای از آن‌ها اشاره می‌شود. از روش AHP در فرایندهای مختلف محیطی مانند پهنه بندی زمین لغزش (Komac, 2006; Chun *et al.*, 2009) و مکانیابی (Vastava & Natwat, 2003) و (Cheng *et al.*, 2007) استفاده‌های فراوانی شده است. در سال‌های اخیر از تئوری منطبق فازی در توسعه الگوریتم AHP استفاده شده است که موجب افزایش قابلیت‌های این روش شده است. در این زمینه نیز مطالعاتی انجام شده که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود (Vahidnia *et al.*, 2009). با ترکیب GIS و Fuzzy-AHP اقدام به مکانیابی

AHP و TOPSIS شهر مشهد پرداختند. آن‌ها پنج معیار انتخاب کردند و وزن‌دهی به معیارها به روش سلسله مراتبی را در نرم افزار Expert choice انجام دادند. از تکنیک تاپسیس در نرم‌افزار MCDMengine برای رتبه‌بندی مناطق و انتخاب بهترین مکان استفاده شده است.

معطر و همکاران (۱۳۹۷) به تعیین معیارهای مؤثر برای مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا برای شهر زنجان پرداختند. نوع تحقیق آنان کاربردی و روش آنان کمی تحلیلی است و به این نتیجه دست یافتند که به‌کارگیری ابزار مناسب GIS در تحلیل معیارهای برای انتخاب مکان مؤثر است.

Júnior و همکاران در سال ۲۰۱۵ از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Process Hierarchy Analytical) به منظور طراحی شبکه پایش آلودگی در پایتخت کشور برزیل استفاده کرده‌اند.

هدف از انجام این مطالعه، مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در مناطق ۱ و ۳ شهر اصفهان با استفاده از تکنیک فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی است.

## مواد و روش‌ها

### محدوده مورد مطالعه

شهر اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی بعد از تهران و مشهد سومین شهر بزرگ ایران است.

این منطقه با مساحت ۸۰۰ هکتار و ۷۵ هزار نفر جمعیت، از شمال به میدان جمهوری اسلامی در مسیر خیابان فروغی تا میدان شهدا، از جنوب به میدان انقلاب در مسیر زاینده رود تا پل وحید، از شرق به فلکه شهدا در مسیر خیابان چهارباغ تا میدان انقلاب و از غرب به پل وحید در مسیر اتوبان شهید خرازی - سه راه اشرفی اصفهانی - خیابان خرم تامیدان جمهوری اسلامی منتهی می‌شود. منطقه ۳ اصفهان با مساحت ۱۱۰۰ هکتار و ۱۱۱۸۹۶ نفر جمعیت، از شمال به فلکه شهدا در مسیر خیابان مدرس تا

مناطق مناسب برای احداث بیمارستان کردند.

Gumus (۲۰۰۹) با استفاده از دو روش Fuzzy-AHP و TOPSIS شرکت‌های انتقال مواد زائد مخاطره‌آمیز را ارزیابی کرده است.

سبحانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ از منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی دفن پسماند خانگی شهر مروشهردشت با تأکید بر پارامترهای هیدرو اقلیمی استفاده کردند.

در زمینه جانمایی ایستگاه سنجش آلودگی هوا مطالعات گوناگونی انجام شده است. اشرفی و همکاران در سال ۱۳۸۶ جانمایی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در تهران را انجام دادند. نتایج نشان داده است که می‌بایست در غرب و جنوب ایستگاه مرکزی تمرکز بیشتری از این ایستگاه‌ها وجود داشته باشد.

کفاش و همکاران (۱۳۹۰) مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا را با استفاده از روش فرارته‌ای انجام دادند. در ابتدا ۲۰ محل جدید برای احداث ایستگاه‌ها پیشنهاد و بعد الویت‌بندی بر اساس معیارهای مؤثر به کمک سه روش PROMETHE، ELECTRE و WSM انجام شد. همچنین برای ارائه رتبه‌بندی واحد از روش ادغام سه گانه (میانگین حسابی، بردار، کاپلند) استفاده کردند. نتایج بدست آمده، حاصل PROMETHE و ادغام سه گانه است. این نتایج نیاز شدید به احداث ایستگاه‌های جدید، در حوالی بزرگراه‌ها را نشان داد.

هادی پور و نادری در سال ۱۳۹۳ مکان‌یابی کاربری‌های شهری اراک جهت افزایش کارایی حمل و نقل را در محیط GIS با استفاده از روش فازی و تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند و به کارایی این دو روش در مکان‌یابی اشاره کردند.

اکبری و همکاران (۱۳۹۶) مکان‌یابی ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر نیشابور را با استفاده از روش فازی سلسله مراتبی در محیط GIS انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که هسته مرکزی نیشابور جهت ایستگاه شهری سنجش کیفیت هوا مناسب است.

طالمی و همکاران (۱۳۹۶) به مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های سنجنده آلودگی هوا با روش هم‌پوشانی و چند شاخصه

## روش کار

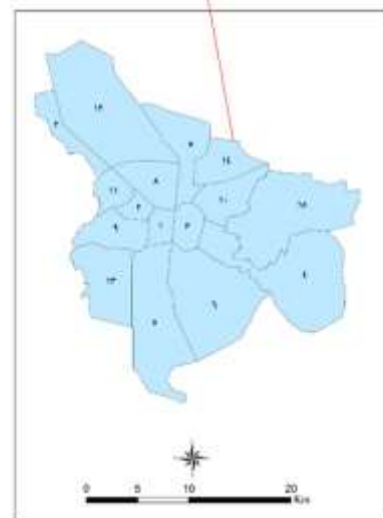
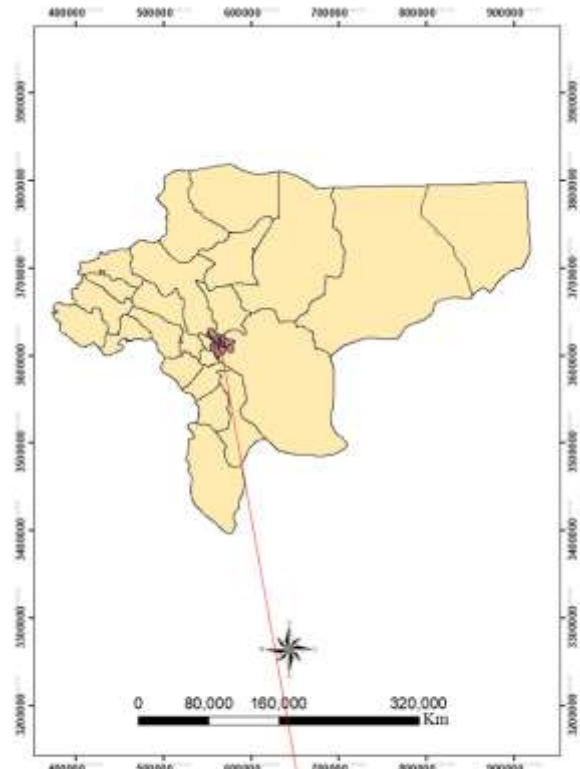
### تعیین معیارها

به دست آوردن مکان مناسب جهت ایستگاه سنجش آلودگی هوا در مناطق ۱ و ۳ شهر اصفهان نیاز به همپوشانی و تلفیق شاخص های مکانی با در نظر گرفتن وزن هریک از آنها دارد. از طرفی روش های تصمیم گیری چند معیاره مبتنی بر نظرات کارشناسی است. از این رو با تهیه پرسشنامه مناسب نظرات کارشناسان ادارات، نهادها، اساتید و مشاوران مرتبط اخذ و براساس مطالعات قبلی و شرایط محیطی آن تحلیل مربوطه انجام می شود. در این تحقیق برای جانمایی ایستگاه های پایش شش معیار فاصله از بازار، فاصله از مناطق گردشگری، فاصله از پارک ها، فاصله از پارکینگ ها، فاصله از مناطق تفریحی و فاصله از ایستگاه های پایش آلاینده های هوای موجود مورد توجه قرار گرفتند (کفاش و همکاران، ۱۳۹۱).

به منظور مکان یابی، ابتدا حد مناسب معیارها (فاصله از بازار، فاصله از مناطق گردشگری، فاصله از پارک ها، فاصله از پارکینگ ها، فاصله از مناطق تفریحی و فاصله از ایستگاه های پایش آلاینده های هوای موجود) تعیین شد. از آن جایی که هر معیار درصد تأثیرگذاری متفاوتی دارد لازم است به هر لایه وزن مخصوصی اختصاص داده شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد، مورد استفاده قرار می گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ به وسیله توماس ال ساعتی پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (زبردست، ۱۳۹۲). برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیر معیارها از ماتریس مقایسه زوجی استفاده شد. وزن معیارها با استفاده از نظرات کارشناسان و روش تحلیل سلسله مراتبی که برای همه معیارها اهمیتی از ۱ تا ۹ قائل می شود تعیین شد.

سپس از روش استانداردسازی فازی به منظور استانداردسازی لایه های موردنظر استفاده شد که بدین

میدان قدس - خیابان سروش تا میدان احمد آباد، از جنوب به میدان بزرگمهر در مسیر زاینده رود تا میدان انقلاب، از شرق به میدان احمد آباد تا میدان بزرگمهر و از غرب به میدان انقلاب تا فلکه شهدا متصل می شود. مناطق ۱۴ گانه اصفهان در شکل ۱ زیر نشان داده می شود.

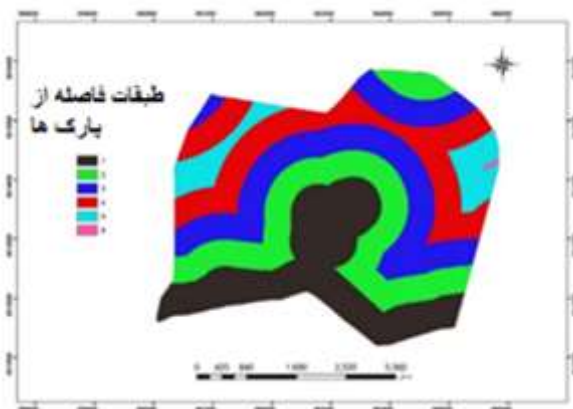


شکل ۱- مناطق ۱۵ گانه شهر اصفهان

شده است. پس از اعمال الگوریتم فازی بر روی این نقشه‌ها تناسب براساس دامنه‌ای بین ۰ تا ۱ تعیین شد که در اشکال ۸ تا ۱۳ نشان داده شده است. در نهایت وزن نهایی حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی که با استفاده از نظرات کارشناسان به دست آمد بر روی لایه‌ها اعمال شد که در جدول ۱ نشان داده شده است. نقشه‌های استاندارد شده در نهایت با روش گوسی فازی روی هم گذاری شد و نقشه نهایی مناطق مستعد و مناسب برای احداث ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا تهیه شد که در شکل ۱۴ به نمایش درآمده است.

جدول ۱- وزن معیارها

معیارها	وزن	ضریب سازگاری (CR)
فاصله از بازار	۰/۵۳۱۸	۰/۰۹۱۶
فاصله از مناطق گردشگری	۰/۱۷۷۲	
فاصله از مناطق تفریحی	۰/۱۱۰۶	
فاصله از پارک	۰/۰۷۲۸	
فاصله از پارکینگ	۰/۰۶۸۶	
فاصله از ایستگاه‌های موجود	۰/۰۳۸۹	

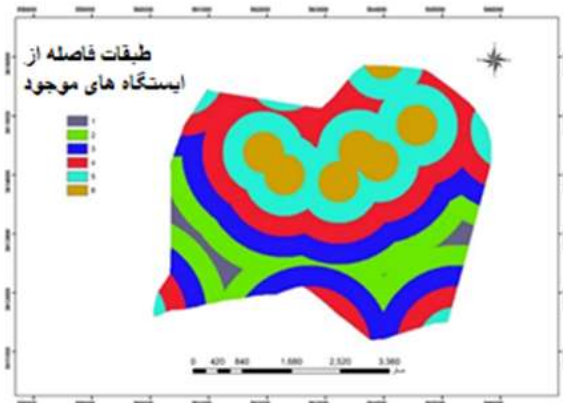


شکل ۲- طبقات فاصله از پارک‌ها

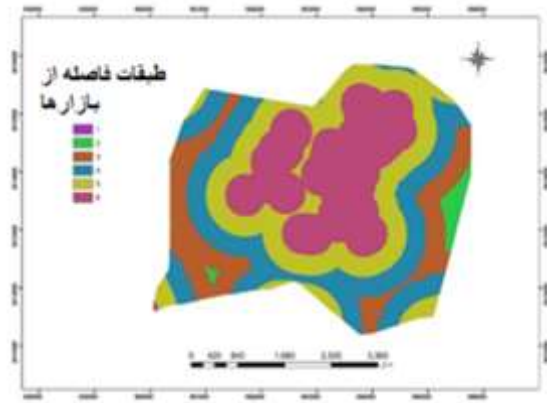
منظور از ابزار fuzzy در نرم افزار ArcGIS استفاده شد. سپس معیارها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و مقایسه زوجی وزن دهی شدند و ضریب سازگاری نیز تعیین شد که کمتر از ۰/۱ و در نتیجه قابل قبول بود. به رغم محبوبیت عام، AHP به دلیل ناتوانی در ترکیب ابهام ذاتی و نبود صراحت مربوط به نگاهت ادراک‌های تصمیم‌گیرندگان با اعداد دقیق، مورد نقد است (Deng, 1999). منطق فازی که در برابر منطق کلاسیک مطرح شد، ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سامانه‌های پیچیده‌ای به شمار می‌آید که در آن‌ها مشکل و یا مسائلی وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری وجود دارد (کوره پزان، ۱۳۸۷). پدیده‌های واقعی تنها سیاه یا تنها سفید نیستند، بلکه نسبی هستند. پدیده‌های واقعی همواره فازی، مبهم و غیر دقیق هستند (آذر و فرجی، ۱۳۸۷). برد توابع عضویت کلاسیک مجموعه دو عضوی صفر و یک بوده درحالی‌که برد توابع عضویت فازی، بازه بسته صفر و یک است (کوره پزان، ۱۳۸۷). نظریه مجموعه‌های فازی، یک نظریه ریاضی طراحی شده برای مدل کردن ابهام فرایندهای وابسته به دانش بشری انسان است (Lin et al., 2007). تصمیم‌گیرنده می‌تواند آزادانه دامنه مقادیر مورد نظر را انتخاب کند. قضاوت مردم کارشناس را می‌توان با عدد فازی بیان کرد (Vahidnia et al., 2009)، بنابراین FAHP دامنه‌ای از مقادیر را برای بیان عدم قطعیت تصمیم‌گیرندگان به کار می‌گیرد (Lee et al., 2008). در این مطالعه برای مقایسه زوجی گزینه‌ها، از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن‌ها و برتری‌ها از روش میانگین هندسی وزن‌های کارشناسان استفاده می‌شد زیرا این روش به سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و هم‌چنین جواب یگانه‌ای برای ماتریس مقایسات زوجی تعیین می‌کند.

## نتایج

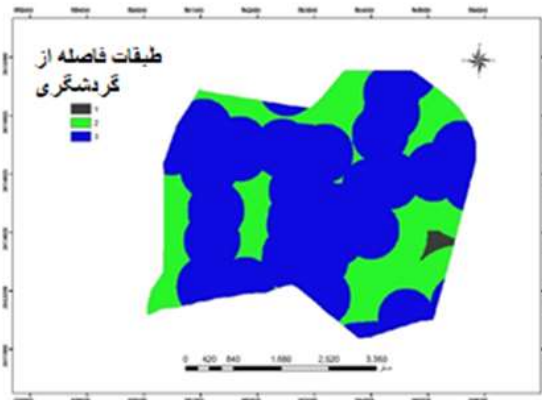
نقشه‌های فاصله از پارک‌ها، بازار، پارکینگ‌ها، مناطق تفریحی و ایستگاه‌های پایش آلودگی‌های هوای موجود و مناطق گردشگری تاریخی در اشکال ۲ تا ۷ نشان داده



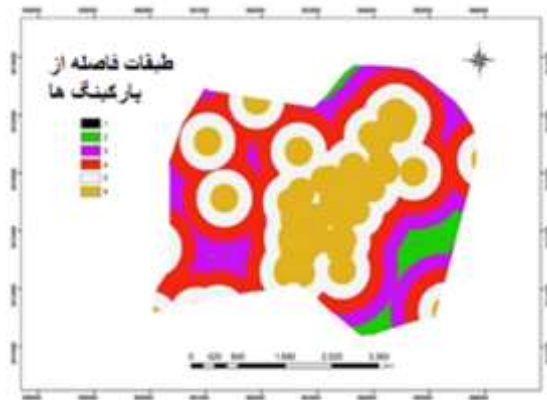
شکل ۶- طبقات فاصله از ایستگاه های پایش آلودگی هوای موجود



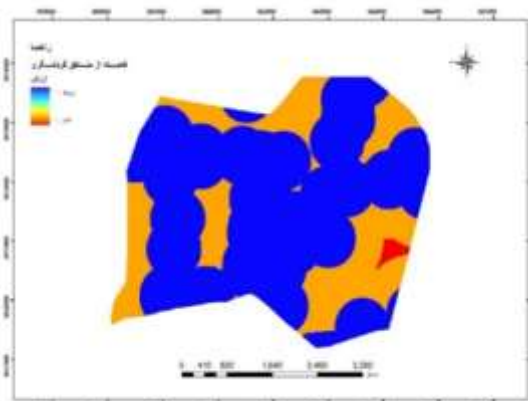
شکل ۳- طبقات فاصله از بازار



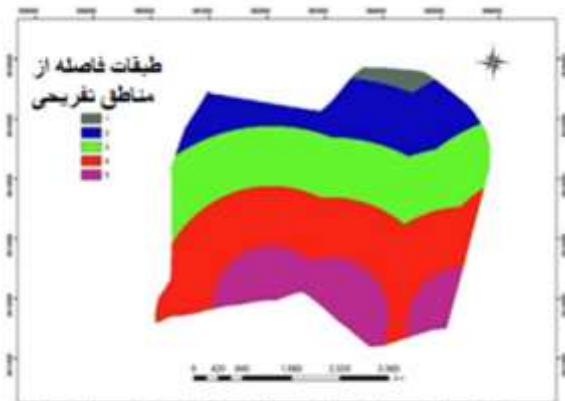
شکل ۷- طبقات فاصله از مناطق گردشگری



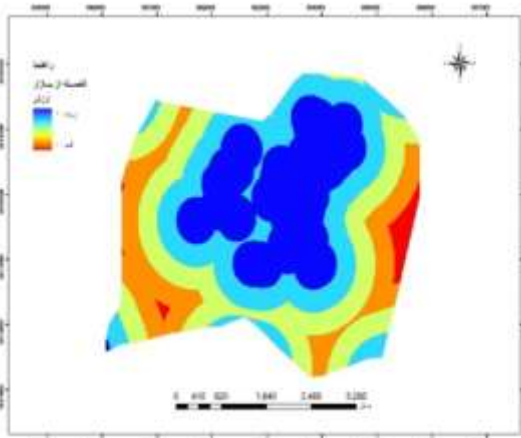
شکل ۴- طبقات فاصله از پارکینگ ها



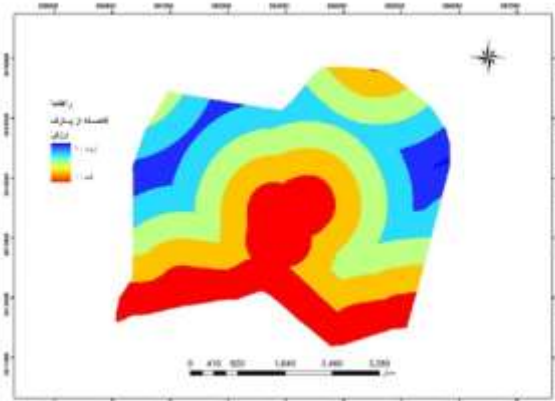
شکل ۸- نقشه فازی فاصله از مناطق گردشگری



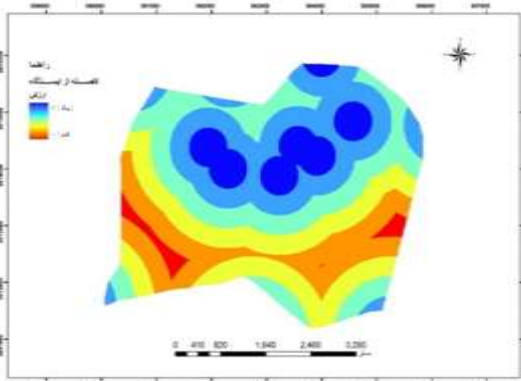
شکل ۵- طبقات فاصله از مناطق تفریحی



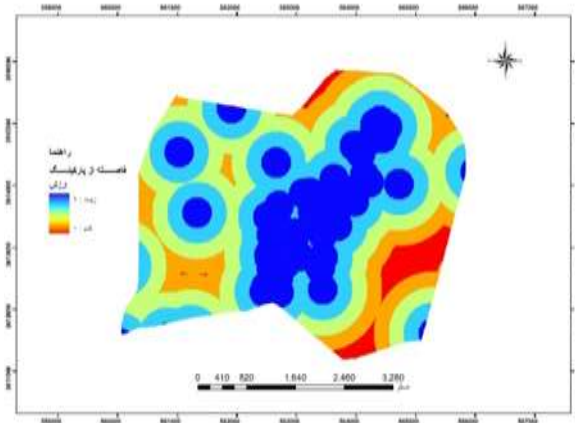
شکل ۱۲- نقشه فازی فاصله از بازار



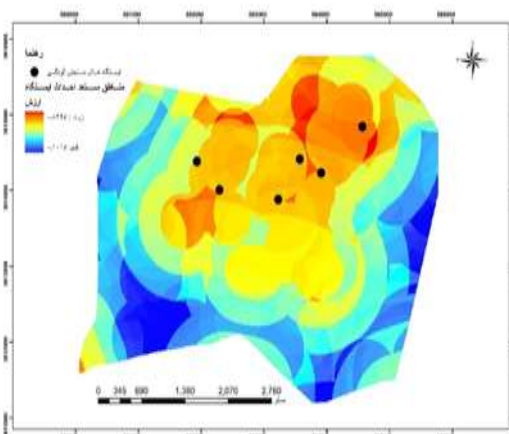
شکل ۹- نقشه فازی فاصله از پارکها



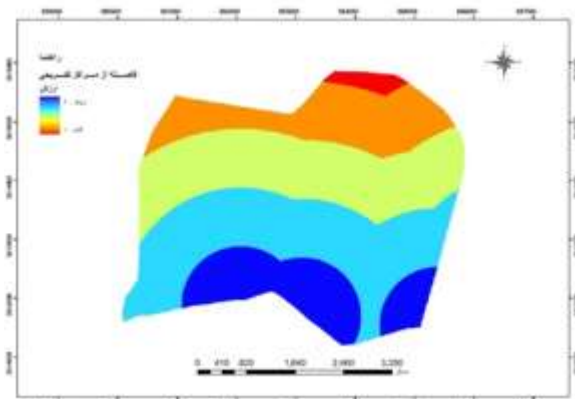
شکل ۱۳- نقشه فازی فاصله از ایستگاهها



شکل ۱۰- نقشه فازی فاصله از پارکینگها



شکل ۱۴- نقشه نهایی مناطق مستعد احداث ایستگاهها



شکل ۱۱- نقشه فازی فاصله از مراکز تفریحی

## بحث

پژوهش حاضر برای مکان یابی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در مناطق ۱ و ۳ اصفهان با استفاده از روش تکنیک فازی و AHP انجام شده است. وزن دهی معیارها با روش مقایسه زوجی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد و استانداردسازی معیارها و روی هم گذاری آن‌ها با روش فازی انجام گرفت و در نهایت ۶ منطقه به عنوان مناطق مناسب برای احداث ایستگاه سنجش آلودگی هوا جانمایی شد.

با استفاده از وزن دهی به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی مشخص شد که از نظر متخصصان، فاصله از بازار مهم‌ترین معیار و فاصله از ایستگاه‌های موجود، کم اهمیت‌ترین معیار برای استقرار ایستگاه پایش آلاینده‌های هوا می‌باشد.

نتایج نشان داد که بخش شمال و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه مناسبترین منطقه برای استقرار ایستگاه پایش آلودگی هوا است.

ترکیب لایه‌های مربوط به معیارهای گوناگون با روش فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تصمیم‌گیری و مکان یابی، روش‌هایی مناسب برای شناسایی مناطق مناسب برای جانمایی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا می‌باشد. منطق فازی به دلیل تصمیم‌گیری دقیق و انعطاف‌پذیری بالا، نسبت به سایر روش‌های استانداردسازی و روی هم‌گذاری در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

کنگپول و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود بیان کردند که ترکیب روش فازی و تحلیل سلسله مراتبی منجر به افزایش قدرت و دقت تصمیم‌گیری می‌شود.

کیخسروی و همکاران در سال ۱۳۹۵ مکان‌یابی صنایع کارخانه‌ای را با روش (AHP) و مدل منطق فازی در شهرستان سبزوار انجام دادند و اذغان داشتند که ترکیب این دو روش برای مکان‌یابی مناسب است.

نتایج نشان می‌دهد که کارشناسان دراختصاص وزن‌های ارزشیابی در روش AHP با عدم اطمینان روبه رو هستند، بنابراین نتیجه حاصل از روش AHP نیز قابل اعتماد

نیست. FUZZY-AHP عدم اطمینان در رتبه‌بندی عملکردها و تصمیمات موجود در روش AHP را از بین برد. منطق فازی کمک کرد که ابهام موجود در قضاوت‌ها فرموله شده و به زبان ریاضی درآید. چون عدم اطمینان در FUZZY-AHP کمتر است، بنابراین این نقاط قابلیت اطمینان بیشتری نسبت به مناطق حاصل از روش AHP دارند نتایج نشان داد که روش Fuzzy-AHP انعطاف‌پذیری بیشتر و قابلیت بالاتری در تعیین مناطق مناسب برای مکانیابی دارد.

## منابع

۱. ادب، ح؛ عتباتی، آ؛ اسماعیلی، ر؛ ذوالفقاری، ق. و ابراهیمی، م.، ۱۳۹۶. جانمایی ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای شهر مشهد استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره. مجله سلامت و محیط زیست. دوره ۱۰، شماره ۱، صفحات ۳۲ تا ۵۷.
۲. اشرفی، خ؛ قادر، س؛ اصفهانیان، و. و متصدی، س.، ۱۳۸۶. جانمایی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در تهران بزرگ. مجله محیط‌شناسی. سال ۳۳، شماره ۴۴، صفحات ۱ تا ۱۰.
۳. اکبری، ز.، ۱۳۹۶. مکان‌یابی ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر نیشابور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. پرهیزکار، ا. و غفاری گیلانده، ع.، ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. انتشارات سمت، تهران.
۵. زبردست، ا. و ریاضی، ح.، ۱۳۹۲. شاخص‌های محیط‌انسان ساخت و تأثیرات آن بر آلودگی هوا. نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی. دوره ۲۰، شماره ۱، صفحات ۵۵ تا ۶۶.



- کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، جیرفت.
۱۲. نیرآبادی، ه. و حاجی میررحیمی، م.، ۱۳۸۷، به کارگیری روش‌های سلسله مراتبی و فازی در مکان‌یابی دفن زباله. همایش ژئوماتیک ۸۷ و چهارمین همایش یکسان‌سازی نام‌های جغرافیایی، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.
۱۳. هادیانی، ز.؛ احدنژاد روشتی، م.؛ کاظمی زاده، ش. و شاه علی، ا.، ۱۳۹۰، مکان‌یابی مراکز دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در محیط GIS شهر زنجان. فصلنامه فضای جغرافیایی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر. سال ۱۲، دوره ۴۰، صفحات ۱۱۶ تا ۱۳۳.
۱۴. هادی‌پور، م. و نادری، م.س.، ۱۳۹۳. مکان‌یابی محیط زیست کاربری‌های شهری اراک جهت افزایش کارایی حمل و نقل در محیط GIS. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۹، شماره ۳، صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۱.
15. Cheng, R.; Wu, C.; Tsai, L. and Huang, C., 2007. Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. Building and Environment. Vol. 42, pp: 1431-1444.
16. Kengpol, A.; Rontlaong, P. and Tuominen, M., 2012. Speed detection of moving vehicles from one scene of Quick Bird images. Proceedings of PICMET. The Technology Management for Emerging Technologies. Vancouver, BC, Canada.
17. Réquia Júnior, W.J.; Roig, H.L. and Koutrakis, P., 2015. A spatial multicriteria model for determining air pollution at sample locations. Journal of the Air & Waste Management Association. Vol. 65, No. 2, pp: 232-243.
18. Vastava, Sh. and Nathwat, M., 2003. Selection of potential waste disposal sites around Ranchi urban complex using remote sensing and GIS techniques. Urban planning, map Asia conference.
۶. سبحانی، ب.، و خلیلوند، م.، ۱۳۹۵. کاربرد تحلیل فازی (Fuzzy) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مکان‌یابی دفن پسماند خانگی شهر مرودشت با تأکید بر پارامترهای هیدرواقليمی. مجله جغرافیا و آمایش شهری. شماره ۲۳، صفحات ۱ تا ۲۰.
۷. طالعی، ر.؛ صیامی، س.؛ صیامی، و. و صیامی، م.، ۱۳۹۶. مکان‌یابی ایستگاه‌های سنجنده آلودگی هوا با روش‌های هم‌پوشانی و چند شاخصه AHP و TOPSIS (مطالعه موردی منطقه ۹ شهرداری مشهد). مجله پژوهشنامه خراسان بزرگ. دوره ۷، شماره ۲۶، صفحات ۲۵ تا ۳۸.
۸. عیسوی، و.؛ کرمی، ج.؛ علی محمدی، ع. و نیک‌نژاد، س.ع.، ۱۳۹۱. مقایسه دو روش تصمیم‌گیری AHP و Fuzzy-AHP در مکان‌یابی اولیه سدهای زیرزمینی در منطقه طالقان. مجله علوم زمین. دوره ۲۲، شماره ۸۵، صفحات ۲۷ تا ۳۴.
۹. کفاش چرندابی، ن.؛ آل‌شیرازی، ع. و کریمی، م.، ۱۳۹۱. مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با استفاده از روش فراتبه‌ای. مجله محیط‌شناسی. سال ۳۸، شماره ۶۲، صفحات ۶۹ تا ۸۲.
۱۰. کیخسروی، ق.؛ لشکری، ح.؛ بقائی، م. و نهالدانی، م.، ۱۳۹۵. مکان‌یابی صنایع کارخانه‌ای با روش (AHP) و مدل منطق فازی در شهرستان سبزوار. فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. سال ۸، شماره ۴، صفحات ۱۲۵ تا ۱۴۷.
۱۱. معطر، ف.؛ مشکینی، ا. و صالحی، ن.، ۱۳۹۷. معیارهای مؤثر برای مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا استفاده از AHP و TOPSIS. سومین همایش یافته‌های نوین در علوم

## Site Selection for Air Pollution Monitoring Stations in Areas 1 and 3 Using Fuzzy Technique and Analytical Hierarchy Process (AHP)

Roya Taji <sup>1</sup>, Mozhgan Ahmadi Nadoushan <sup>2\*</sup>

1- Department of Environmental Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2\*- Waste and Wastewater Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

### Abstract

In recent years, population growth, increasing vehicles, and industrial development have caused air pollution. One of the major disasters, creating significant problems for human and endangering their health is air pollution. The main objective of the present study was to select best sites for air pollution monitoring stations in zones 1 and 3 of Isfahan city using fuzzy technique and analytical hierarchy process (AHP). Accurate monitoring of the air pollution condition requires accurate and appropriate dispersion of monitoring stations throughout the study area, so that the optimal locations of these stations can be selected using fuzzy and AHP methods. In the present study, considering the necessity of determining the location of air pollution monitoring stations, the best sites for these stations were selected based on important criteria such as distance from market, recreation areas, parks, parking areas and existing stations using fuzzy and AHP methods. The results showed that Fuzzy-AHP method was flexible and accurate method to determine the appropriate areas for air pollutant monitoring stations.

**Key words:** Air Pollution, Monitoring Stations, Site Selection, Fuzzy Method, Analytical Hierarchy Process (AHP)