

# واکاوی حساسیت انسانی کلان‌شهر تهران در برابر آلودگی هوا با بهره‌گیری از تلفیق GIS و AHP

مهیار سجادیان<sup>۱</sup>

کارشناس ارشد GIS و سنجش از دور (گرایش مدیریت شهری و روستایی)

واحد علوم و تحقیقات تهران

ناهید سجادیان

استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز (گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری)

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۸/۱۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۶/۱

## چکیده

هوای کلان‌شهرها و در این میان به ویژه کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه بیش از پیش آلوده می‌باشند. هوای کلان‌شهر تهران نیز بیش از پیش آلوده بوده، که این آلودگی تاکنون باعث خسارات سنگین مالی و جانی شده و بنابراین طبیعی است که در زمینه کنترل آلودگی هوای تهران تاکنون طرح‌ها و پژوهش‌های متعددی صورت پذیرفته باشد. اما مسئله این است که شهر تهران در عمل فاقد یک پهنه بندی به لحاظ حساسیت انسانی به جهت استفاده در برنامه‌ریزی‌های آتی می‌باشد. لذا این پژوهش به سبب اهمیت موضوع با روشی تحلیلی-کاربردی و با بهره‌گیری از تلفیق GIS و AHP و با استفاده از معیارهای کودکان بین صفر تا ۱۴ سال، افراد بالای ۶۰ سال، مراکز بهداشتی، تعداد خانوار ساکن، جمعیت، کاربری مسکونی، مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، مهدکودک‌ها و باشگاه‌ها و در نهایت آموزشگاه‌ها به هدف واکاوی و پهنه‌بندی بر مبنای حساسیت انسانی شهر تهران در مقابل آلودگی هوا به تحقیق پرداخت. بر اساس نتایج تحقیق، مناطق حساس و انسانی شهر تهران به لحاظ آلودگی هوا، مشخص گردید.

**واژگان کلیدی:** آلودگی هوا، حساسیت انسانی، AHP، GIS

## مقدمه

هوای کلان‌شهر تهران به عنوان یکی از کلان‌شهرهای مهم آسیا و دنیای اسلام به شدت و بیش از پیش آلوده می‌باشد. در سال ۱۳۸۷، ۶۰ روز از سال هوای شهر تهران در شرایط ناسالم قرار داشته است که در حدود چهار برابر مدت مشابه در سال ۱۳۸۶ می‌باشد. این در حالی است که هوای این شهر در سال ۱۳۸۹، ۱۰۴ روز در شرایط ناسالم به سر برده است، که عواقب آن در درجه اول به صورت انواع امراض نصیب ساکنان شهر تهران شده و از طرف دیگر باعث افزایش بی‌رویه هزینه‌های جاری به منظور حذف

بنا بر این طبیعی است که آلودگی هوای شهر تهران به صورت یک موضوع مهم زیست محیطی و بهداشتی ذهن مسئولین، مدیران، شهروندان و پژوهشگران را به عنوان یک دغدغه در جهت کنترل این پدیده مخرب به خود جلب نموده باشد و بنابراین، در این راستا تعدادی مطالعه و طرح انجام یافته است. اما مسئله این است که شهر تهران در عمل فاقد یک پهنه‌بندی به لحاظ حساسیت انسانی در برابر آلودگی هوا از جهت کاربرد نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های آتی می‌باشد.

از تحقیقات صورت گرفته در زمینه این پژوهش می‌توان به تحقیقات Bellander و همکاران (2001)، Brauer و همکاران (2003)، Briggs و همکاران (1997)، Bruckman و همکاران (1992)، Tataglia، Gualtieri و همکاران (1998) و همکاران (1996) اشاره نمود.

## اهداف تحقیق

- ۱- دستیابی به پهنه‌بندی بر مبنای حساسیت انسانی شهر تهران
- ۲- واکاوی پهنه‌بندی حاصله در جهت استفاده در برنامه‌ریزی‌های آتی

## سوال تحقیق

آیا شهر تهران حساسیت انسانی یکسانی نسبت به آلودگی هوا در گستره خود دارد.

## فرضیه تحقیق

به نظر می‌رسد شهر تهران حساسیت انسانی یکسانی نسبت به آلودگی هوا در گستره خود ندارد.

## مبانی نظری تحقیق

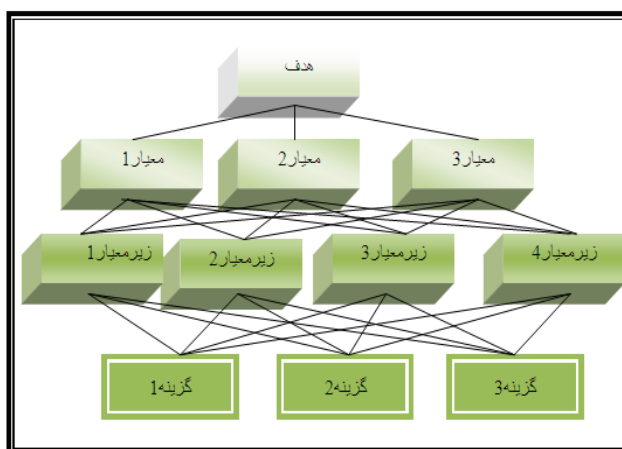
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان روشی دارای انعطاف، قوی و در عین حال ساده، امکان ترکیب معیارهای کیفی همراه با معیارهای کمی، کاهش پیچیدگی مفهومی تصمیم‌گیری، انعکاس رفتار طبیعی و تفکر انسانی، استفاده از روش‌های مشارکتی و غیره، روشی است که در سال ۱۹۷۹ توسط آل ساعتی در سال ۱۹۷۹ معرفی و سپس در سال ۱۹۸۰ در کتابی انتشار یافت (مؤمنی و مرمضی، ۱۳۸۶، ۱۱۱؛ Bertolini, 2006, 8؛ هادیانی و کاظمی‌زاد، ۱۳۸۹، ۱۰۵؛ تقوایی و غفاری، ۱۳۸۵، ۵۵؛ فتایی و آل شیخ، ۱۳۸۸، ۱۴۶؛ Patrik, Sonia, 2000؛ Saaty, 1994؛ Ramakrishna, 2004؛ Saaty, 2001؛ خیرخواه زرکش و همکاران، ۱۳۸۷؛ Varis, 1990؛ برقی و منصوری، ۱۳۸۸، ۲۸۴).

برای بکارگیری روش AHP، ۵ مرحله اساسی به شرح ذیل وجود دارد؛ (عزیزی و خلیلی، ۱۳۸۸، ۳۳):

- تشکیل سلسله مراتب
- تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها

- تعیین ضریب اهمیت گزینه‌ها
- تعیین امتیاز نهایی (اولویت گزینه‌ها)
- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

درواقع اولین قدم در تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله است ( Ghodsypour,1999, 212). درخت سلسله مراتبی دارای سه سطح اصلی هدف، معیارها و گزینه‌ها است که سطح معیار آن قابل تقسیم به زیر معیارهای متعدد می‌باشد (صامتی و همکاران، ۱۳۸۲، ۶۲) بر این اساس در شکل شماره ۱ به صورت شماتیک، درخت سلسله مراتبی فرضی آورده شده است:



شکل شماره ۱: نمای شماتیک درخت سلسله مراتبی تهیه کننده: نگارندگان

پس از تشکیل درخت سلسله مراتبی تصمیم، عناصر موجود هر سطح به ترتیب از سطوح پایین به بالا نسبت به کلیه عناصر مرتبط در سطوح بالاتر مورد مقایسات زوجی قرار گرفته و توسط اعدادی که از  $\frac{1}{9}$  تا ۹ می‌باشند و این وزن‌ها از جدولی موسوم به ساعتی استخراج می‌گردند، وزن‌دهی می‌گردند. این وزن دهی می‌تواند به صورت فردی و یا تلفیقی از قضاوت کارشناسان باشد. البته در مورد مقایسات معکوس نسبت به توضیحات معکوس، مقدار معکوس خواهد شد (Crowe,2000) (Sarkis,Talluri,2004) (Qureshi,Harrison,2003) (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۱، ۵۴۷) (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۶) (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲، ۳۲۸). در جدول شماره ۱۱ جدول استاندارد نمره دهی ساعتی آورده شده است.

جدول شماره ۱: جدول استاندارد نمره‌دهی ساعتی

اولویت وزنی	Definition	توضیحات
۱	Equally Preferred	اهمیت با اولویت یکسان
۳	Moderately Preferred	اهمیت یا اولویت بیشتر
۵	Strongly Preferred	اهمیت یا اولویت شدید
۷	Very Strongly Preferred	اهمیت یا اولویت خیلی شدید
۹	Extremely Strongly Preferred	اهمیت یا اولویت کامل
۲ و ۴ و ۶ و ۸	Intermediates VaLues	اولویت‌های ما بین

(Saaty, 2000)

در نهایت برای هر بخش در مقایسات، ماتریس مقایسه‌ای بصورت زیر تشکیل خواهد شد.

رابطه شماره ۱

$$A = \begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \frac{W_1}{W_n} \\ \frac{W_n}{W_1} & \frac{W_n}{W_n} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & \frac{W_1}{W_2} & 3 \\ \frac{W_2}{W_1} & 1 & \frac{W_2}{W_n} \\ \frac{1}{3} & \frac{W_n}{W_2} & 1 \end{bmatrix}$$

برای مشخص کردن وزن عناصر روش‌های گوناگونی وجود دارد، که از این جمله می‌توان به روش حداقل مربعات، روش مربعات لگاریتمی و روش بردار ویژه و از روش‌های تقریبی به روش مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی و میانگین هندسی اشاره نمود (نیکمردان، ۱۳۸۶، ۱۴۳). برای محاسبه وزن نسبی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها تأکید بر روش بردار ویژه است، اما معمولاً بدلیل پیچیده بودن ساختار سلسله مراتبی و وقت‌گیر بودن محاسبات، از روش میانگین هندسی که دقیق‌ترین روش ترتیبی به ویژه در فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی می‌باشد، استفاده می‌گردد. (Aczel,saaty,1993). علاوه بر وزن هر یک از عوامل، شاخصی به عنوان نسبت ناسازگاری نیز تعیین می‌گردد. ارزیابی ناسازگاری از طریق روابط زیر انجام می‌پذیرد (حسینعلی، آل شیخ و رجبی، ۱۳۸۸، ۷۵).

$$\text{Index}) = \frac{\lambda \max - n}{n - 1} \text{II(Inconsistency)} \quad \text{رابطه شماره ۲}$$

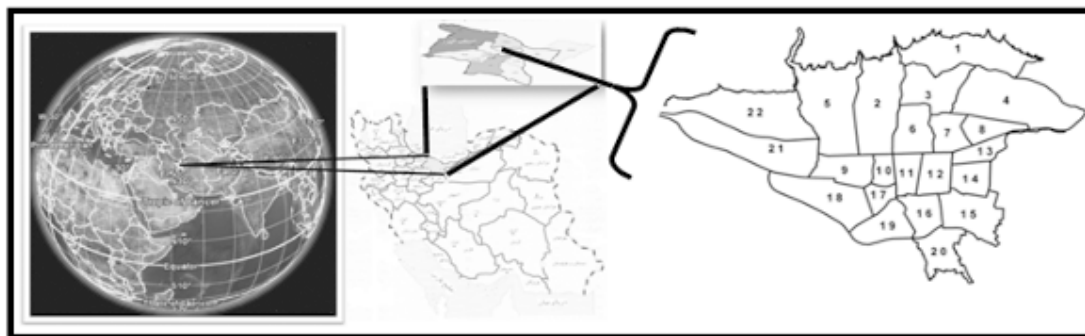
$$\text{I.R} = \frac{II}{\text{I.L.R}} \quad \text{رابطه شماره ۳}$$

که در این روابط،  $n$  بعد ماتریس مقایسه  $\lambda \max$  بزرگ‌ترین مقدار ویژه این ماتریس و  $\text{I.I.R}$  شاخص ناسازگاری یک ماتریس تصادفی هم بعد با ماتریس مقایسه است. چنانچه  $\text{I.R}$  کم‌تر از ۱، باشد، مقایسه‌ها سازگار و در غیر اینصورت ناسازگار تلقی می‌شوند و باید مجدداً تکرار گردند.

مواد و روش تحقیق

این پژوهش با روشی تحلیلی-کاربردی به هدف واکاوی و دست‌یابی به پهنه‌بندی بر مبنای حساسیت انسانی شهر تهران در برابر آلودگی هوا به تحقیق پرداخت.

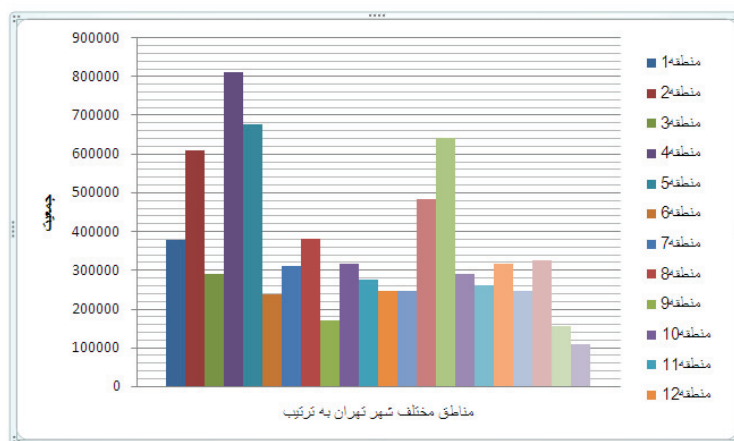
شهر تهران در ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی در کوهپایه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع و با ۲۲ منطقه شهرداری و جمعیتی بالغ بر ۷۷۱۱۲۳۰ نفر (براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵) واقع شده است. این بستر از سمت جنوب به حاشیه شمال غربی کویر مرکزی، از سمت شمال به دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی، از شرق به دره‌های جاجرود، و از سمت غرب به دره‌های کرج محدود شده که مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران در داخل این محدوده قرار گرفته‌اند (رحیمی، ۱۳۸۹، ۲). بر این اساس شکل شماره ۲، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد:



شکل شماره ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

از تلفیق GIS و AHP در انجام تحقیق، به عنوان روش، بهره گرفته شد زیرا اصولاً روش‌های پهنه‌بندی با تلفیق GIS و AHP در محیط GIS نمایش بهتری از واقعیت‌های محیطی یک منطقه را در اختیار می‌گذارد، چراکه لایه‌های مورد استفاده مختلف و چند گانه را به سهولت مورد ترسیم، دسته‌بندی، وزن دهی و هم پوشانی قرار می‌دهد. در این راستا از معیارهای کودکان بین صفر تا ۱۴ سال، افراد بالای ۶۰ سال، مراکز بهداشتی، تعداد خانوار ساکن، جمعیت، کاربری مسکونی، مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، مهدکودک‌ها و باشگاه‌ها و در نهایت آموزشگاه‌ها جهت شناسایی مناطق حساس و آسیب‌پذیر انسانی، جهت بهره‌گیری در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که مراحل آن در قسمت قبل ذکر گردید، استفاده شد. در ارتباط با جمعیت، شکل شماره ۳، بر مبنای سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵، جمعیت مناطق مختلف شهر تهران را در ۱۳۸۵، جهت مقایسه آورده شده است. بر اساس این نمودار، مناطق ۴ و ۵ دارای بیشترین و مناطق ۲۲ و ۲۱ دارای کم‌ترین جمعیت می‌باشند.



شکل شماره ۳- نمودار جمعیت مناطق مختلف شهر تهران به ترتیب بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵

استخراج و تدوین: نگارندگان

توزیع گروه‌های عمده سنی، نیز، در مناطق شهر تهران وضعیت یکسانی ندارد. ناحیه ۴ از منطقه ۱۵ با رقم ۲۵/۶ درصد و پس از آن ناحیه ۳ از منطقه ۱۹ با ۲۴/۹ درصد دارای بیشترین نسبت جمعیت ۱۴-۰ سال هستند. کم‌ترین نسبت این گروه سنی متعلق به ناحیه ۷ از منطقه ۲۰ و سپس ناحیه ۶ از منطقه ۳ به ترتیب با ۹/۹ درصد و ۱۰ درصد است. ناحیه ۳ در منطقه ۶ با ۱۲/۵ درصد دارای بیشترین نسبت جمعیت واقع در گروه سنی ۶۵ ساله و بالاتر است و بعد از آن

ناحیه ۶ از منطقه ۳ با ۱۱/۹ درصد قرار دارد. ناحیه ۶ از منطقه ۱۴ با رقم ۰/۲۵ درصد، دارای کم‌ترین نسبت گروه سنی سالخوردگان و ناحیه ۴ از منطقه ۹ با ۸۴ درصد دارای بالاترین نسبت گروه سنی بزرگسالان (۶۴-۱۵ سال) هستند. از نظر توزیع جمعیت در گروه سنی اخیر، ناحیه ۱ از منطقه ۶ با رقم ۸۱/۱ درصد در مرتبه بعدی قرار می‌گیرد (سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران و دانشگاه تهران، ۱۳۸۹، ۸۱). بر این مبنای سایر فاکتورهای جمعیتی دیگر و هم‌چنین فاکتورهایی هم‌چون مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، آموزشگاه‌ها و غیره به عنوان مراکز تجمع جمعیتی و مراکز جمعیت آسیب پذیرتر دارای پراکنش یکنواختی در شهر تهران نمی‌باشند.

در ارتباط با روش انجام کار نیز، در انتهای این قسمت، لازم به ذکر است که جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی این معیارها علاوه بر استفاده از DEM منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های بلوک‌های شهر تهران در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ بهره گرفته شد، هم‌چنین از Arc GIS 10، Expert Choice و در نهایت از الحاقیه (Extension) AHP، برنامه نویسی شده جهت استفاده در Arc GIS 10 به عنوان ابزارهای تحقیق استفاده شد.

### بحث و یافته‌ها

منابع آلاینده هوای شهر تهران را می‌توان به دودسته منابع آلاینده ثابت، ناشی از صنایع و منابع آلاینده متحرک، ناشی از حمل و نقل شهری و ترافیک حاصله تقسیم‌بندی نمود؛ که بنا بر آمار و ارقام مبتنی بر پژوهش‌های صورت گرفته، حمل و نقل شهری و ترافیک روز افزون حاصله در اثر هجوم بی‌مهابای تعداد وسایل نقلیه ورودی به شهر تهران، عدم رعایت کامل استانداردهای زیست محیطی در ساخت خودروها و سوخت‌های آن‌ها و غیره، مهم‌ترین دلیل آلودگی فزاینده هوای این شهر می‌باشد.

علاوه بر این مسائل، شهر تهران به لحاظ توان‌های محیطی، اعم از توان‌های مبتنی بر اقلیم و توپوگرافی از جهت مقابله با آلودگی هوا با معضلات فراوانی مواجه بوده، که توجه به این محدودیت‌ها که گروهی در مقیاس کلی، کل شهر را در سیطره داشته و گروهی در مقیاسی محلی بر آلودگی هوا موثر هستند، می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی به منظور مدیریت شرایط کیفیت هوا در مناطقی که به لحاظ انسانی دارای حساسیت بیشتری نسبت به آلودگی هوا هستند، بسیار راهگشا باشد.

در این راستا، در ساخت کلی طبیعی شهر تهران سه عمل توپوگرافی (شامل کوه، ارتفاع و شیب)، کویر و بادهای غربی در ارتباط با آلودگی هوا موثر می‌باشند.

بیشتر منابع ساکن آلوده کننده هوا در بخش جنوب، غرب و جنوب غربی تهران قرار گرفته‌اند. از این رو با توجه به جهت وزش باد در تهران می‌توان انتظار داشت که باد باعث ورود هوای آلوده از منابع آلوده کننده پیرامون شود. در کنار این مسئله، در اثر وجود کویر، بادهای کویری در تابستان از جنوب شرقی از ناحیه مسیله به سوی تهران می‌روند؛ از ویژگی‌های بادهای کویر، خشکی و غبار آلودگی آن‌ها است (اجلالی، ۱۴۲، ۱۳۸۶). از طرف دیگر، شهر تهران، تا منتهی‌الیه دامنه‌های البرز تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری در شمال توسعه یافته است. کوهستان البرز که طی سی سال اخیر شهر را به سوی خود جذب نموده است، مانند دیواره‌ای هلالی شکل از جانب شمال و سپس مشرق، فضای جغرافیایی تهران را محصور می‌کند (صفوی و علیجانی، ۱۳۸۵، ۱۰۳). و در نتیجه مانع از خروج آلودگی‌های ذکر شده در کنار آلودگی ناشی از حمل و نقل شهری و ترافیک حاصله به عنوان مهم‌ترین عامل آلودگی هوا می‌شود. البته از

آن‌جا که ایران، در موقعیت ریاضی عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی قرار دارد، صرف‌نظر از برخی نقاط که به عللی دارای بادهای محلی هستند؛ در سایر نقاط بادهای ملایم و آرام‌اند و قدرت انتشار مواد آلوده‌ساز را ندارند. در تهران نیز بادهای شدید غربی که قادر به خارج کردن هوای آلوده از تهران باشند، به ویژه با توجه به آرایش کوهستانی فوق‌الذکر، خیلی کم هستند و در پنج درصد کل موارد موثر می‌باشند (پوراحمد، ۴۲، ۱۳۷۷). هم‌چنین، تهران در دامنه‌های البرز قرار دارد بنابراین در کنار بادهای غربی، نسیم محلی کوه-دره در آن جریان دارد. با توجه به این بادهای محلی، روزها مواد آلوده‌ساز هوا همراه نسیم دشت به کوه به طرف شمال تهران حرکت می‌کنند و پس از برخورد به ارتفاعات شمالی در آن‌جا راکد می‌مانند و شب‌ها بر عکس، همراه نسیم کوه به دشت از شمال به طرف جنوب کشانده می‌شوند. در صورتی که هوا مدتی پایدار باشد و بادی که قادر به بیرون بردن هوای آلوده از تهران باشد، نوزد، آلودگی مرتباً به شمال و جنوب منتقل می‌شود و به تدریج افزایش می‌یابد.

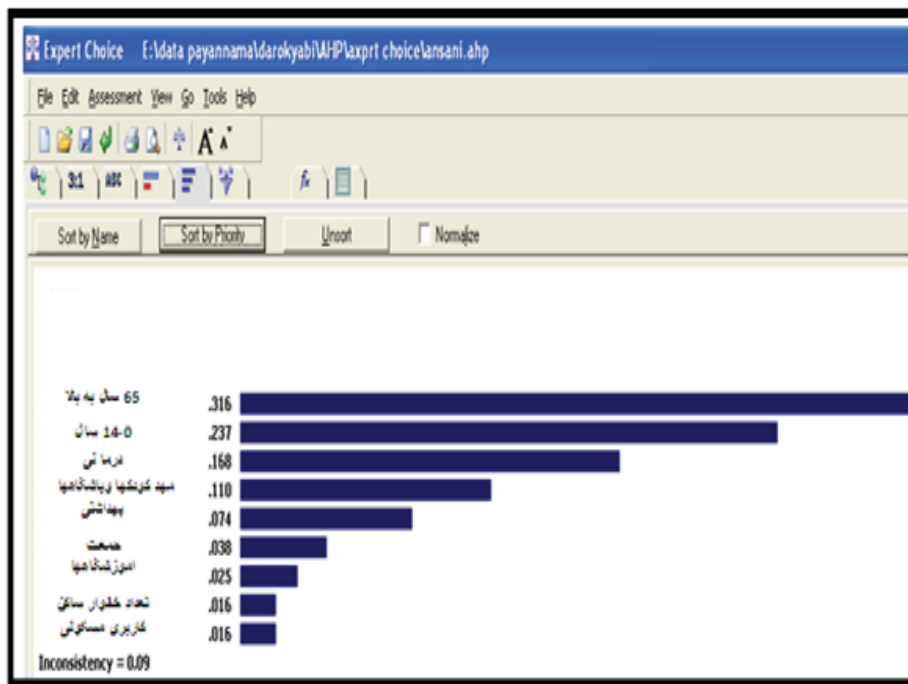
از نظر بارش نیز، هوای تهران، خشک و بیابانی است. بارش معمولاً در اواخر پائیز شروع می‌شود و تا اوایل بهار به طور متناوب ادامه پیدا می‌کند. در اغلب موارد حدود نه ماه از سال هوای تهران صاف و بی‌ابر است. که این سیستم بارندگی در زدودن آلوده‌سازها و پاک کردن هوای تهران، جز در موارد نادر اثر مطلوب ندارد (اسکائی و لاله سیاه پیرانی، ۱۴۶، ۱۳۸۹).

از ویژگی‌های مهم دیگر اقلیم تهران، وقوع مکرر وارونگی حرارتی در آن است. این حالت بیشتر در فصل زمستان دیده می‌شود و در بقیه ایام سال نیز حالت پایداری در هوا به چشم می‌خورد که به دلیل اثرات توپوگرافی، وجود جریان‌های ضعیف هوا، نیز پوشش سنگین غبار و آلودگی‌های صنعتی است. در یک ناحیه، هر قدر، تعداد وقوع وارونگی و مدت پیدایش آن بیشتر و ارتفاع تشکیل آن، کم‌تر باشد، آلودگی هوا افزون‌تر و عواقب ناشی از آن خطرناک‌تر و کشنده‌تر می‌شود. در تهران، برای مثال، بنا بر آمار ۱۹۹۴-۱۹۹۰ حداکثر ارتفاع وارونگی در ماه اردیبهشت (می) است که به تدریج با شروع فصل سرد کاهش می‌یابد و در اسفند ماه (مارس) به حداقل می‌رسد؛ بیشترین تعداد وقوع اینورژن مربوط به شهریور (سپتامبر) ۲۸ روز در ماه و کم‌ترین تعداد وقوع اینورژن مربوط به بهمن (فوریه) با ۲۱ روز در ماه بوده است. بیشترین تعداد وقوع اینورژن در فصل تابستان است ولی ارتفاع اینورژن که در آلودگی هوا بسیار موثر است؛ در فصل زمستان کمتر از فصل تابستان است. ضمن این‌که در زمستان میزان دریافت انرژی گرمایی از خورشید برای از بین بردن اینورژن کاهش می‌یابد و آلودگی هوا را تشدید می‌کند (بیگدلی، ۱۳۱، ۱۳۸۰). البته، شیب عمومی شمال به جنوب تهران نیز، در وضعیت وارونگی‌های دمایی تهران اثر دارد. برای مثال، اگر ارتفاع لایه وارونگی در فرودگاه مهرآباد ۱۰۰ متر باشد، در منطقه مهرآباد، مواد آلاینده در ارتفاع بالاتر از سطح زندگی مردم قرار دارند، در صورتی که در نواحی شمالی‌تر به جهت شیب زمین، فاصله تا لایه وارونگی کم‌تر شده و تراکم آلاینده‌ها شدیدتر شده و هوا آلوده‌تر می‌شود (روشن و همکاران، ۱۷۷، ۱۳۸۸).

عامل ارتفاع، نیز، به عنوان یک پدیده مکانی دیگر، در آلودگی هوا نقش مضاعفی دارد. اگر ارتفاع محل مورد نظر از سطح دریا زیاد باشد، غلظت اکسیژن کم‌تر خواهد بود، در نتیجه عمل احتراق در وسایل نقلیه موتوری برخلاف مناطق کم ارتفاع به خوبی صورت نمی‌گیرد و مواد آلاینده هوا با غلظت و میزان بیشتری در فضا پخش می‌شوند. در واقع اگرچه نسبت اکسیژن در هوا در هر ارتفاعی در حدود ۲۰،۹۳ درصد ثابت است ولی چون فشار محیط با افزایش

ارتفاع کاهش می‌یابد، از تراکم هوا کاسته می‌شود، در نتیجه در یک حجم مشخص از هوا مولکول‌های اکسیژن کم‌تری جهت اشتعال وجود دارد و در نتیجه اشتعال به صورت ناقص‌تری صورت گرفته و در نتیجه میزان منوکسید کربن افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده است که به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع از چگالی هوا حدود ۱۱ درصد کم می‌شود، لذا به نظر می‌رسد که با هر ۱۰۰ متر اختلاف ارتفاع، حدود ۱٫۱ درصد از چگالی هوا کاسته و در نتیجه با کاهش میزان اکسیژن در دسترس، عمل احتراق در ارتفاع بالاتر ناقص‌تر صورت می‌گیرد. بنابراین، در این راستا با توجه به دامنه ارتفاعی تهران بین ۱۱۰۰ متر تا ۲۲۰۰ متر (ساخت و ساز تا دامنه ۱۸۰۰ متری) عمل احتراق به ویژه در مناطق مرتفع‌تر به طور ناقص‌تری صورت گیرد.

در ارتباط با مناطق حساس انسانی در مقابل آلودگی هوا، در شکل شماره ۴، وزن نهایی معیارهای انسانی مورد استفاده در این پژوهش که با بهره‌گیری از مشورت با کارشناسان مربوطه به دست آمد، در محیط Expert Choice مشاهده می‌گردد.

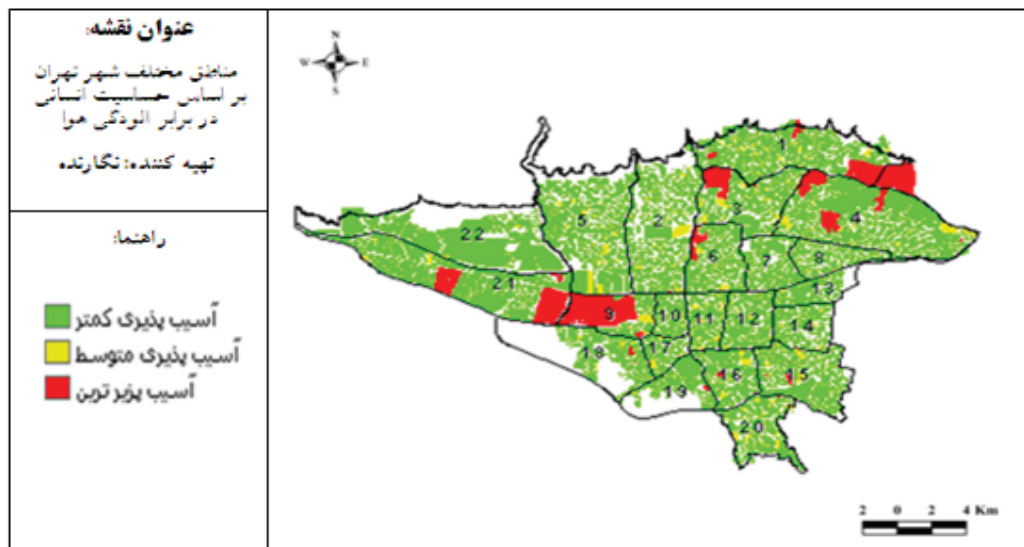


شکل شماره ۴: وزن نهایی معیارهای انسانی

منبع: نگارندگان

سپس بر این اساس، نقشه پهنه‌بندی شهر تهران بر اساس حساسیت انسانی شهر تهران در مقابل آلودگی هوا به دست آمد که در شکل شماره ۵ این پهنه‌بندی مشاهده می‌گردد.





شکل

شماره ۵- نقشه پهنه‌بندی شهر تهران بر اساس حساسیت انسانی در برابر آلودگی هوا

منبع: نگارندگان

همان‌گونه که مشخص است با توجه به چگونگی توزیع فضایی معیارهای ذکر شده در سطح شهر تهران، اغلب مناطق شهر تهران دارای آسیب‌پذیری کم‌تری می‌باشند. البته نواحی عمده‌ای از منطقه ۹ و نواحی کوچک‌تری از مناطق ۱، ۳، ۴، ۶ و ۲۱ در کنار نواحی بسیار کوچک‌تری از سایر مناطق دارای آسیب‌پذیرترین نواحی می‌باشند، که با توجه به اهمیت مبحث شهروندی و در این قالب اهمیت سلامت گروه‌های حساس این مقدار نیز بسیار قابل توجه می‌باشد که لازم است در مدیریت سلامت جامعه شهر تهران حتماً مورد توجه قرار گیرد.

بر اساس پهنه‌بندی انجام یافته، علاوه بر عوامل کلان محیطی که بر کل شهر سیطره دارند؛ هریک از این مناطق حساس انسانی، خود در مقیاس محلی دارای توان‌ها و محدودیت‌های ویژه خود بوده، که با توجه به مباحث قبلی عامل زمان (چه موقع از روز و یا از سال) این توان‌ها و محدودیت‌های محیطی متفاوت می‌باشند، که لازم است در برنامه‌ریزی‌ها مورد توجه قرار گیرند. برای مثال عامل ارتفاع و همچنین عامل شیب در ارتباط با ارتفاع و وارونگی و همچنین نسیم کوه و دره در منطقه حساس انسانی شمال شهر و متمایل به آن، به طور روشن مهم‌تر از مناطق حساس انسانی متمایل به جنوب شهر می‌باشد، که در آن‌ها بادهای کویری و غربی البته با توجه به نحوه استقرار صنایع در حاشیه شهر تهران به نظر مهم‌تر هستند.

همان‌گونه که عنوان شد، حمل و نقل شهری و ترافیک حاصله مهم‌ترین عامل آلودگی هوای شهر تهران می‌باشند. بنابراین در ارتباط با برنامه‌ریزی‌های آتی به منظور مقابله با آلودگی هوا در مناطق حساس انسانی فوق‌الذکر، ضمن این‌که پایش مستمر این اماکن ضروری است (نصب ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در این مناطق)، همچنین واجب است در این مناطق از گونه‌هایی از حمل و نقل شهری استفاده نمود که دارای بازدهی بالا در کنار کنترل و کاهش اثرات منفی آن چون استفاده از حمل و نقل عمومی با تاکید بر مترو، استفاده از وسایل حمل و نقل سبز چون دوچرخه و پیاده‌روی باشند. در این ارتباط به ویژه در منطقه حساس انسانی منطقه ۹ و ۲۱ به جهت قرارگیری گره‌های ترافیکی،

میدان آزادی در کنار تراکم بالای انسانی در منطقه ۹، استقرار یک سیستم مدیریت ترافیکی به موقع و مدرن از نهایت اهمیت برخوردار است.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق، نواحی عمده‌ای از منطقه ۹ نواحی کوچکتری از مناطق ۳، ۴، ۱، ۲ و ۶ در کنار نواحی بسیار کوچکتری از سایر مناطق دارای آسیب پذیرترین نواحی می‌باشند، که با توجه به اهمیت مبحث شهروندی و در این قالب اهمیت سلامت گروه‌های حساس، این مقدار نیز بسیار قابل توجه می‌باشد که لازم است در مدیریت سلامت جامعه شهر تهران حتماً مورد توجه قرار گیرد.

در ارتباط با برنامه‌ریزی از جهت مقابله با افزایش آلودگی هوا در مناطق حساس انسانی پهنه‌بندی شده، مشخص شد که، پایش مستمر شرایط کیفیت هوا (استقرار ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در این مناطق) و سپس واکنش‌های به موقع، سریع و خردمندانه از مهم‌ترین بسترهای مدیریت کیفیت هوای این مناطق می‌باشد. هم‌چنین دو دسته از عوامل محیطی کلان و محلی بر آلودگی هوا موثر می‌باشند، که هر یک توان‌ها و محدودیت‌های خاصی را در بستر زمان فراهم می‌آورند که آگاهی از این توان‌ها و محدودیت‌ها و استفاده خردمندانه از آن‌ها در یک مدیریت بهینه ترافیک قادر است که آلودگی هوا را در مناطق حساس زیست محیطی مشخص شده در این پژوهش مدیریت نماید.

### منابع

- اجلالی، فرید (۱۳۸۶). آلودگی هوا (با نگاهی به پالایش هوای تهران). کرج: نشر آموزش کشاورزی
- اسکانی، غلام حسین و میترا لاله سیاه پیرانی (۱۳۸۹). تحلیل سینوپتیکی آلودگی هوای شهر تهران، فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا، شماره ۴ (۱۲)، بهار ۱۳۸۹، صص ۱۳۵-۱۶۱
- برقی، شاهین و حسین منصوری (۱۳۸۷). تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر توسعه اطلاعات در شهر الکترونیک با استفاده از تکنیک تحلیلی سلسله مراتبی (AHP)، اولین کنفرانس شهر الکترونیکی، تهران
- بیگدلی، آتوسا (۱۳۸۰)، تاثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران بر بیماری سکت قلبی (دوره ۵ ساله ۱۹۹۰-۱۹۹۴)، فصل نامه علمی-پژوهشی تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۶ (۳) (پیاپی ۶۲)، پائیز ۱۳۹۰، صص ۱۲۶-۱۴۰
- پوراحمد، احمد (۱۳۷۷)، نقش اقلیم و ساختار جغرافیایی در آلودگی هوای شهر تهران، فصل نامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۰ (۳۴)، صص ۳۸-۵۳
- تقوایی، مسعود و رامین غفاری (۱۳۸۵). اولویت‌بندی بحران در سکونتگاه‌های روستایی با روش AHP (مطالعه مورد: دهستان بازیافت). مجله علمی- پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد بیستم، شماره ۱، ۷۴-۷۷
- حسینعلی، فرهاد، علی اصغر آل شیخ و محمد علی رجیبی (۱۳۸۸). بررسی روش‌های وزن دهی اطلاعات مکانی در GIS (مطالعه موردی: تهیه نقشه پتانسیل معدنی) نشریه علمی-پژوهشی سنجش از دور و GIS ایران، سال اول، شماره اول، بهار ۱۳۸۸، ۷۳-۸۸
- خیرخواه زرکش، میرمسعود و همکاران (۱۳۸۷). استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی (مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه‌های کرکس-نطنز)، فصل نامه علمی پژوهشی پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۹، ۹۳-۱۰۱

- رحیمی، جابر و علی رحیمی (۱۳۸۹). بررسی اثرات کاهنده توسعه فضای سبز شهری بر آلودگی هوا در کلانشهر تهران، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندس محیط زیست، دانشگاه تهران، آبانماه ۱۳۸۹
- روشن، غلامرضا و همکاران (۱۳۸۸). تاثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران. **فصل‌نامه علمی-پژوهشی علوم محیطی**، شماره ۷(۱)، پائیز ۱۳۸۸، صص ۱۷۳-۱۹۲
- سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران و دانشگاه تهران، اطلس کلانشهر تهران، تهران، چاپ اول، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران
- صامتی، مجید و همکاران (۱۳۸۲). اولویت‌های توسعه بخش صنعت استان اصفهان براساس روش و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، **فصل‌نامه علمی-پژوهشی پژوهشنامه بازرگانی**، شماره ۲۷، تابستان ۱۳۸۲، ۹۰-۵۹
- صفوی، یحیی و بهلول علیجانی (۱۳۸۵). بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران. **فصل‌نامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های جغرافیایی**، شماره ۵۸، زمستان ۱۳۸۵، صص ۹۹-۱۱۲
- عزیزی، محمد مهدی و احمد خلیلی (۱۳۸۸). ارزیابی الگوپذیری استخوان‌بندی بافت‌های روستایی ایران در طرح‌های هادی، بر اساس مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، **فصل‌نامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های جغرافیایی انسانی**، شماره ۶۷، بهار ۱۳۸۸، ۴۰-۲۷
- فتائی، ابراهیم و علی اصغر آل شیخ (۱۳۸۸). مکان‌یابی دفن مواد زائد جامه شهری با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی شهرگیوی)، **فصل‌نامه علمی-پژوهشی علوم محیطی**، سال ششم، شماره سوم، بهار ۱۳۸۸، ۱۵۸-۱۴۵
- قلی‌زاده، محمدحسین و همکاران (۱۳۸۸). ارتباط آلودگی هوا با مرگ و میر جمعیت شهر تهران. **مجله علمی-پژوهشی حکیم**، دوره دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۸۸، ۶۵-۷۱
- مؤمنی، منصور و حسن مرمضی (۱۳۸۶). ارتقای کیفیت خدمات امور مالی با به کارگیری QFD و AHP، **فصل‌نامه علمی-پژوهشی بررسی‌های حسابداری و حسابرسی**، سال چهاردهم، شماره ۴۸، تابستان ۱۳۸۶، ۱۲۴-۱۰۵
- نیکمردان، علی (۱۳۸۶). معرفی نرم افزار Expert Choice 11 تهران، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر
- هادیانی، زهره و شمس‌اله کاظمی زاد (۱۳۸۹). مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS (مطالعه موردی و شهرقم)، **فصل‌نامه علمی-پژوهشی جغرافیا و توسعه**، شماره ۱۷، بهار ۱۳۸۹، ۹۹-۱۱۲
- Aczel, j., Saaty, T., (1993), procedure for synthesizing Ratio judgment, journal of mathematical psychology, 27, pp 93-102
- BeLlander, T., et al (2001), using Geographic information systems to assess individual exposure to air pollution from traffic and house heating in Stockholm. Environ Health perspect, 109, pp.633-639
- BertoLini, M., Braglia., (2006), Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, 17 januavy
- Brauer, M., et al (2003), Estimating Long-term average particulate air pollution concentrations: application of traffic indicators and geographic information systems, EpidemioLogy, 14(2), pp.228-239

- Briggs, D. Exposure assessment. In: Elliot p., eakefieLd ., Best N., and Briggs D. (Eds.), (2000). Spatial Epidemiology: Methods and Applications, oxford university press, oxford, pp. 335-359
- Bruckman, L., aL (1992), The use of GIS software in the development of emissions inventories and emission modeling . In: proceeding of the Air and waste Management Association, pittsberg, PA (USA)
- Crowe, T. j., NobLe , j. s and Machimada, j. s., (1998), Multi-attribute analysis of ISO 9000 registration using AHP . International journal of Quality and Reliability Management. IS(2) , pp. 205-222
- GuaLtieri, G., and Tartaglia, M., (1998), predicting urban traffic air pollution: a GIS framework. Transportation Research, part D (Transport and Environment), 3(5), pp. 329-336
- Nagaragan, R., A. Mukherjee-, A. Roy and M. V. khir., (1998), Temporal remote sensing data and GIS application in Landslide hazard zonation of part of western ghat, India, INT. g. Remote Sensing, VOL (19), NO. 4, pp. 573-585
- Patrik, F., Sonia, K. Y. C (2000), Final Concentrator selection using the analytical hierarchy Process., construction management and Economics, vol. 18, pp. 547-557
- Qureshi, M. E., Harrison, S. R., (2003), Application of the analytic hierarchy process to Riparian revegetation Policy options, small-Scale Forest Economics, Management and policy, 2(3), pp. 441-458
- Ramakrishnan , R., (2004), Data Envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the AHP., computation and operation Resarch, vol. 33, pp. 1289-1307
- Saaty , T., (2000). Fundamentals of Decision making and priority Theory-with the Analytic Hierarchy process, 2nd ed-Pittsburgh, DA: RWS publication
- Saaty, T ., (2001), Decision Making for Leaders The Analytic Hierarchy process for Decisions in a complex world , RWS publications, Pittsburg
- Saaty. T., (1994), How to make a decision: the analytical hierarchy process, Interrfaces, 24(6,s): pp. 19-43
- Sarkis. j and S. Talluri., (2004). Evaluating and selecting e-commerce software and communication systems for a supply chain, European journal of operational Research, 159, pp. 318-329
- Varis. O., (1989), The analysis of preferences in complex Environmental judgments-a focus on the analytic hierarchy process, Journal of Environmental Management 28, pp. 283-294