

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۳، تابستان ۱۳۹۶

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۶/۲۹

تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۲/۷

صفحات: ۲۳۸ - ۲۱۵

## کاربرد روش ELECTRE در سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در سطح شهر تبریز

دکتر عطا غفاری گیلانده<sup>۱</sup>، دکتر برومند صلاحی<sup>۲</sup>، الهام شکرزاده فرد<sup>۳</sup>

### چکیده

یکی از بحران‌های عظیم زیست‌محیطی، آلودگی هوای شهرها می‌باشد که منشأ اصلی آن فعالیت‌های انسانی و در کنار آن عوامل محیطی است. امروزه تفکر غالب در توسعه شهری این است که شهرها باید هر اندازه امکان دارد با محیط زیست طبیعی سازگار باشند و به سوی پایداری گام بردارند؛ از این رو، برای دستیابی به توسعه‌ای پایدار در شهرها، کاهش و کنترل آلودگی هوا می‌تواند از اهمیت فراوانی برخوردار باشد. بدین منظور در تحقیق حاضر، سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در شهر تبریز با استفاده از روش ELECTRE مورد ارزیابی قرار گرفته است. چارچوب کلی این تحقیق براساس تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی مختلف (باد، ازدحام جمعیت، کاربری اراضی، توپوگرافی، کمبود فضای شهر، سروصدا و لرزش، درجه حرارت، اینورژن، راه‌های ارتباطی، حجم مبدأ و مقصد سفرها) به‌عنوان معیار و قید محدودیت به‌کار برده شده است. ارزش‌گذاری و وزن‌دهی آن‌ها در قالب مدل ELECTRE به‌عنوان یکی از فنون تحلیل چندمعیاری در یک زمینه کاربردی، از موضوع تحقیق به‌آزمون گذاشته شده و برای مناطق ده‌گانه شهر تبریز مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، برای اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌های هوا، از داده‌های مربوط به ایستگاه‌های پایش آلودگی این شهر (ایستگاه آبرسان، باغ شمال، بهداشت، حکیم نظامی، راه آهن، راسته‌کوچه) استفاده شد. مقایسه نتایج حاصل از مدل با داده‌های مربوط به ایستگاه‌ها نشان می‌دهد، آلاینده SO<sub>2</sub>، CO، PM<sub>10</sub> در اکثر ایستگاه‌ها به‌خصوص در ایستگاه راسته‌کوچه دارای شرایط ناسالم و بحرانی می‌باشد که ازدحام جمعیت و توزیع نامتناسب کاربری‌ها اثر بیشتری در آلودگی این مناطق داشته است؛ به‌طوری‌که بیشترین کاربری‌های خدماتی و تجاری که جمعیت و وسایل نقلیه زیادی را در طول روز به‌طرف خود می‌کشاند، در منطقه هشت یعنی در بافت مرکزی شهر قرار گرفته‌اند. این در حالی است که منطقه مذکور در بین مناطق دیگر از بیشترین کاربری‌های ارتباطی و کمترین فضای سبز برخوردار می‌باشد که این عوامل باعث ناپایداری‌های زیست‌محیطی و افزایش غلظت آلاینده‌ها شده است. طبق نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، استفاده از فنون تحلیل چندمعیاری علاوه بر افزایش دقت و افزایش سرعت انجام کار، باعث تنوع و کیفیت بهتر ارائه نتایج نیز می‌شود.

کلید واژگان: آلاینده، آلودگی هوا، تصمیم‌گیری چندمعیاره، شهر تبریز، ELECTRE

۱- دانشگاه گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسؤول)

۲- دانشیار گروه اقلیم‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی

۳- کارشناس ارشد آب و هواشناسی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی

۱- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسؤول)

۲- دانشیار گروه اقلیم‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی

۳- کارشناس ارشد آب و هواشناسی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی

## مقدمه

یکی از مهم‌ترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است، بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری و به دنبال آن آب و هوای شهری می‌باشد و یکی از مهم‌ترین مسائل در بررسی آب و هوا که تأثیر زیادی در سلامتی موجودات زنده یک منطقه دارد، مسئله آلودگی هواست (شکویی، ۱۳۸۵: ۲۱). افزایش جمعیت کره زمین و همچنین افزایش گازهای آلاینده در جو، باعث افزایش ذرات هواویزها، غبار و دود مه به همراه پدیده وارونگی دما به‌ویژه در فصل پاییز و زمستان که جو دارای رطوبت بیشتری است، سبب کاهش شدید دید افقی به‌ویژه در هنگام صبح و عصر می‌شود (محمدی، ۱۳۹۰: ۱۲). اکثر شهرنشینان در محیط زندگی خود با مشاهده مناظری زشت و ناسازگار، فضای شلوغ و آلوده و بی‌نظمی در رفت‌وآمد، بناهای ناهمگون و درهم تنیده‌شده، زباله‌های متعفن در کنار خیابان‌ها و معابر عمومی و اطراف محیط‌های مسکونی، ترافیک سنگین، تخریب محیط زیست، ازدحام بیش‌ازحد مردم و غیره روبرو بوده که آلودگی هوای شهری از بزرگترین پیامدهای آن است (محمدی، ۱۳۸۵: ۴۸). جهت و سرعت باد نیز می‌تواند به‌عنوان یک عامل جوئی، نقش مهمی در انتقال آلاینده‌ها داشته باشند (موسوی و نائینی، ۱۳۸۱: ۲۰). امروزه آلودگی‌ها به تناسب رخدادشان در فضاهای مختلف اعم از خاک، آب و هوا و صوت قابل ذکر بوده و به‌عنوان یک معضل مهم در اقلیم شهری در مجامع و محافل علمی مطرح هستند و راه‌کارهای گوناگونی ارائه می‌دهند (حجازی‌زاده و مقیمی، ۱۳۸۱: ۱۱۷). در ایران میزان انتشار آلاینده‌های هوا در بسیاری از شهرها از جمله تهران، مشهد، اصفهان، اراک، اهواز، شیراز و تبریز به میزان بالایی از خطر رسیده است. طی ۱۰-۱۵ سال اخیر، تعداد مطالعات اثرات بهداشتی آلودگی هوا، افزایش کثیری داشته و اکنون به‌خوبی پذیرفته‌شده که مواجهه با آلودگی هوا با طیف وسیعی از اثرات بهداشتی حاد و مزمن از اختلالات جزئی فیزیولوژیکی گرفته تا مرگ ناشی از بیماری‌های

تنفسی و قلبی عروقی مرتبط است (شمس‌الدینی، عرب‌زاده، زارع و صفایی، ۱۳۹۱: ۲). این مسئله در شهر تبریز به‌واسطه وجود منابع آلاینده متحرک و ثابت مانند خودروهای فرسوده و پرمصرف، ساخت‌وساز بی‌رویه در سطح شهر، فعالیت واحدهای آجرپزی و آسفالت‌پزی اطراف شهر، کمبود فضای سبز و پارک‌های جنگلی و نبود پوشش گیاهی مناسب حومه شهر، مراکز صنعتی مهمی نظیر نیروگاه حرارتی، مجتمع پتروشیمی، پالایشگاه ماشین‌سازی، تراکتورسازی و از طرف دیگر از نظر توپوگرافی محصور به کوه‌های اطراف و استقرار صنایع در مسیر باد به‌عنوان یکی از هشت شهر آلوده کشور به‌شمار می‌رود (قربانی، حسین‌زاده‌دلیر، شکری‌فیروز‌جاه، ۱۳۹۱: ۲). پس با این اوصاف با وجود آمارهایی که از مقایسه میزان آلاینده‌های شهر تبریز با استانداردهای جهانی صورت می‌گیرد، ادعای دور از واقعیتی نیست، اگر یکی از اصلی‌ترین مشکل زیست‌محیطی شهر تبریز را مسئله آلودگی هوا بدانیم. میلیون‌ها انسان در طول روز از هوای بسیار آلوده شهر تبریز تنفس می‌کنند و در صورت ادامه وضعیت رشد منابع تولید آلودگی، دور نیست زمانی که این مسأله به یک فاجعه بشری تبدیل شود. حاصل مصرف سوخت در بخش‌های مختلف، تولید ذرات و گازهایی است که قرار گرفتن مداوم در معرض آن‌ها مشکلات و عوارض خطرناکی را برای سلامت انسان و سایر موجودات زنده دربر دارد و این تنها بخشی از اثرات سوء آلودگی هوا است. با توجه به این که فرایند سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در شهر تبریز مستلزم در نظر گرفتن معیارهای متعدد و چندگانه است، استفاده از مدل‌ها و فنون تحلیل چندمعیاری می‌تواند یکی از مظاهر برجسته عینیت‌بخشی به استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در نظام پتانسیل‌سنجی آلاینده‌های شهری باشد. در تحقیق حاضر، سعی شده است با انتخاب شهر تبریز با تأکید بر مناطق ده‌گانه آن، به‌عنوان محدوده مورد مطالعه، کاربرد مدل ELECTRE به‌عنوان یکی از فنون برجسته

ناشی از صنایع و ترافیک می‌باشد و غلظت  $\text{CO}$  و  $\text{NO}_x$  در مرکز شهرها بیشتر است و با فعالیت‌هایی که در مراکز شهری وجود دارند، در ارتباط می‌باشند. نیازی و محمدزاده، (۱۳۸۹: ۲۱۶-۱۹۱) در تحقیقی با رویکرد برنامه‌ریزی شهری، به بررسی بازتاب زیست‌محیطی رشد فزاینده ترافیک درون‌شهری تبریز پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که در شهر تبریز به موازات افزایش سریع تعداد وسائط نقلیه موتوری، عوارض زیست‌محیطی متعددی همچون آلودگی هوا، سروصدا، بروز تصادفات، گسستگی بافت و آلودگی بصری بروز نموده است که این وضع در نواحی جنوب غربی (محور صنعتی) و مرکزی شهر بیشتر بوده است. در زمینه تأثیر کاربری زمین و حمل‌ونقل شهری بر آلودگی هوا و دیگر شاخص‌های پایداری شهری، تحقیقی با عنوان «برنامه‌ریزی و تحقیق سیاست‌هایی برای کاربری زمین و حمل‌ونقل برای افزایش پایداری شهری»<sup>۴</sup> توسط اسپیکرمن و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴) در هفت مادرشهر اروپا اجرا شد که هدف آن، توسعه خط‌مشی‌های کاربری زمین و حمل‌ونقل یکپارچه، ابزارها و متدولوژی‌های ارزیابی جامع به‌منظور تعریف استراتژی‌های شهر پایدار بلندمدت و شرح اثراتشان در شهرهای اروپا بوده است که در آن اجرای سیاست‌های کاربری زمین و حمل‌ونقل شهری عامل اساسی در کاهش یا افزایش آلودگی هوا و صوت عنوان می‌شود. ترابی، ذوالفقاری و زاهدی (۱۳۷۸) به بررسی تأثیرات عوامل اقلیمی، از جمله اثر لایه وارونگی دما بر روی هسته آلوده شرق شهر تبریز پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در طی فصل سرد سال که هوای سرد و پایدار در منطقه حاکم است و همچنین زمانی که لایه وارونگی دما در ارتفاع نسبتاً پایینی (معمولاً بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر) قرار دارد، هسته آلوده شروع به رشد می‌کند و پایین بودن ارتفاع لایه وارونگی دما در شرق تبریز نسبت به غرب آن باعث تقویت و افزایش هسته آلوده می‌شود. قربانی‌سالخورد، مباحثی

کاربرد روش ELECTRE در سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا ...

تصمیم‌گیری چندمعیاری<sup>۱</sup> در سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در سطح شهر تبریز و ارائه الگوی مناسب در طرح و اولویت‌بندی مطلوبیت مکانی، مورد آزمون قرار گیرد. با توجه به این که آلودگی‌ها در شهرها و در حدفاصل کانون‌های ثقل جمعیتی (شهرها) صورت می‌گیرد، مستلزم دید منطقه‌ای است؛ بر همین اساس در تحقیق حاضر، مقیاس جغرافیایی مورد مطالعه، در سطح شهر تبریز و مناطق ده‌گانه آن در نظر گرفته شده است، طبق آخرین سرشماری یعنی در سال ۱۳۹۰، شهر تبریز با داشتن ۱۵۰۰۰۰۰ نفر جمعیت و ۱۸۰ کیلومتر مربع وسعت دارای تراکم جمعیتی کم (کمتر از ۸۵ نفر در هر هکتار) می‌باشد (مهندسان مشاور زیستا، ۱۳۹۰: ۳۵).

### پیشینه پژوهش

بحث پیرامون ضرورت‌ها و سازوکارهای مطرح در فازهای مختلف از نظام مدیریت شهری آلودگی در آن، سر منشأ تحقیقات و پژوهش‌های عدیده‌ای محسوب می‌شود که مراجعه به آنها می‌تواند در غنای نظری پایه‌های تئوریک مرتبط با موضوع تحقیق، نقش برجسته‌ای داشته باشد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (عبدالکریم<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵: ۱۷) در کشور نیجریه در زمینه آلودگی هوا پژوهشی انجام داده است و به این نتیجه رسیده که رشد صنعت نفت در کشور موجب افزایش انفجاری جمعیت شهرنشین شده است و شهرهای این کشور را با چالش‌های زیست‌محیطی جدیدی از جمله آلودگی هوا مواجه نمود و این آلاینده‌ها به وسیله عوامل مختلفی چون درجه حرارت، سرعت باد و رطوبت در فواصل ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰ متری انتشار می‌یابند. در تحقیقی که در کشور پرتغال توسط گویا و همکارانش<sup>۳</sup> (۲۰۰۲: ۱۴) صورت گرفته نشان می‌دهد که عوامل گوناگونی در انتشار آلاینده‌ها تأثیرگذار هستند و نتایج به دست آمده حاکی از آن است که افزایش غلظت  $\text{PM}_{10}$  در منطقه موردنظر

و رحیم‌زادگان (۱۳۸۹) در تحقیقی باعنوان استفاده از سنجنده MODIS در تشخیص و کمی‌سازی آلودگی هوای مناطق شهری، امکان سنجش آلودگی ناشی از هواویزهای موجود در مناطق شهری با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS در محدوده مرئی و مادون قرمز میانی بررسی کردند که نتایج این الگوریتم با اندازه‌گیری‌های زمینی میزان غلظت هواویزها مقایسه شد، این مقایسه در اغلب موارد بیانگر وجود وابستگی مثبت میان نتایج این دو نوع اندازه‌گیری است. صفوی و علیجانی (۱۳۸۵: ۹۹-۱۱۲) ارتباط بین الگوهای فشار و آلودگی هوا را برای شهر تهران بررسی کرده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که همبستگی معنی‌داری بین فشار و سطح آلودگی بالا وجود دارد. نوروززاده (۱۳۸۶) در بررسی آلودگی هوا و منابع آلاینده هوا در سطح شهر تبریز، سهم منابع آلاینده این شهر را از روی داده‌های سازمان‌های مربوط محاسبه کرده و به این نتیجه رسیده که بیشترین سهم آلودگی یعنی ۵۶ درصد آلودگی کلان‌شهر تبریز به بخش حمل‌ونقل اختصاص دارد. در جمع‌بندی از سوابق پژوهشی می‌توان گفت که عوامل گوناگونی در مناطق مختلف برحسب موقعیت جغرافیایی خاص آن منطقه یا عوامل انسانی موجود در آن باعث افزایش هواویزهای موجود در هوا و

آلودگی‌ها می‌شوند که بیشتر تحقیقات، عامل انسانی را بیشتر از عوامل طبیعی دخیل می‌داند، با وجود این، خلأ پژوهش‌ها را می‌توان در استفاده از فنون تحلیل چندمعیاری در شناسایی مناطق آلوده و اولویت‌بندی آنها دید. بر همین اساس، تحقیق حاضر را می‌توان به‌عنوان گامی در جهت پرکردن خلأ مذکور در نظر گرفت که طی آن قابلیت‌های مدل ELECTRE به‌عنوان یکی از فنون تحلیل چندمعیاری در سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا و درنهایت امتیازدهی آن‌ها و مناطق با پتانسیل بالای آلودگی مشخص می‌شود.

### مدل مفهومی پژوهش

در تحقیق حاضر سعی شده است که فرایند تحقیق در یک نظام به‌هم‌پیوسته از گام‌های متوالی دنبال شود. بر همین اساس، فرایند تحقیق که در شکل شماره (۱) نشان داده می‌شود، گویای چهارچوب کلی روش‌شناسی کار و گام‌هایی است که دارای ارتباط منطقی با یکدیگر هستند و شاکله تحقیق بر مبنای آنها صورت‌بندی شده است.



شکل ۱. شاکله اصلی فرایند تحقیق

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

باید دارای آن دسته از خصوصیات باشد که به اندازه کافی معرف طبیعت چند معیاری یک مسئله ارزیابی به حساب آیند (مالچفسکی<sup>۲</sup>، ۱۳۸۵: ۵۹۷). با محقق شدن مجموعه‌ای از معیارها در فرایند ارزیابی، لازم است که هر معیار در دامنه‌ای از ارزش‌های مربوط ارزش‌گذاری شود. همچنین، هر یک از معیارها در تعیین پتانسیل ایجاد آلودگی نشان داده شوند. دسته دیگر از متغیرهای مورد استفاده، در فرایند ارزیابی قیود محدودیت هستند که محدودیت‌های اعمال‌شده در انتخاب گزینه‌ها را به نمایش گذاشته و مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن را تعیین می‌کنند. از منظر سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۳</sup> می‌توان گفت که قیود محدودیت در جهت حذف آن دسته از پیکسل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای صفت مشخصه خاصی بوده و به موجب آن صفت، نتوانند حداقل شرایط مورد نیاز را کسب کنند (مانند ممنوعیت ساخت‌وساز در داخل حریم تعیین‌شده برای خطوط انتقال نیرو). در تحقیق حاضر در رابطه با سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در مناطق مختلف شهر تبریز با توجه به نظر کارشناسان و مطالعات کتابخانه‌ای و ضوابط زیست‌محیطی به تشکیل ماتریس معیارهای مندرج در جدول (۱) اقدام شد.

## مواد و روش‌ها

**داده‌ها و ابزار مورد استفاده:** داده‌هایی که در تحقیق حاضر به کار گرفته شده‌اند، مشتمل بر گزارش‌ها، آمار، جدول‌ها و آرشیوهای اطلاعاتی مربوط به معیارها و قیود محدودیتی هستند که در تعیین مطلوبیت و عدم‌مطلوبیت مناطق در آلودگی هوا به کار گرفته شدند (جدول ۱). اطلاعات مذکور بر پایه استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اسنادی، دیجیتالی و پایگاه‌های اینترنتی مرتبط با موضوع تحقیق و با مراجعه به سازمان‌ها و ارگان‌های سازمان محیط زیست استان آذربایجان شرقی، شهرداری شهر تبریز، استانداری، سازمان هواشناسی شهر تبریز به دست آمده است. نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق نیز عبارت‌اند از: ۱- نرم‌افزارهای Arc GIS، ۲- نرم‌افزار Excel 2007، برای انجام محاسبات کمی و ۳- نرم‌افزار Expert Choice برای انجام مقایسه زوجی در فرایند تعیین وزن‌های معیار و ارزش‌گذاری آن‌ها. همچنین، در تحقیق حاضر برای بررسی آلاینده‌های موجود در شهر تبریز و مناطق ده‌گانه آن، از چند نوع داده برای بررسی رابطه بین عناصر و مؤلفه‌ها استفاده شده است. داده‌های اندازه‌گیری‌شده عناصر آلاینده هوا، مربوط به سال ۱۳۹۱ از سازمان محیط زیست استان آذربایجان شرقی تهیه شده که مشتمل بر داده‌های ماهانه و ماکزیمم ماهانه می‌باشد. از بین عناصر آلاینده هوا، آلاینده‌های منواکسیدکربن CO، دی‌اکسیدنیترژن NO<sub>2</sub>، دی‌اکسیدگوگرد SO<sub>2</sub>، ازن O<sub>3</sub> و ذرات معلق PM10 انتخاب شدند. برای انجام این تحقیق ۶ ایستگاه از ایستگاه‌های آلودگی‌سنجی شهر تبریز که آمار آلودگی آن‌ها استفاده شده، انتخاب شدند.

## تشکیل ماتریس معیارهای ارزیابی

یک معیار<sup>۱</sup>، استاندارد برای قضاوت و یا قاعده‌ای برای آزمون میزان مطلوبیت گزینه‌های تصمیم‌گیری به حساب می‌آید. در انتخاب معیارهای ارزیابی، قاعده عمومی بر این قرار است که این معیارها را در ارتباط با وضعیت مسئله تعیین می‌کنند. یک مجموعه معیارها

جدول ۱. ماتریس معیارهای مورد استفاده در سطح‌بندی تراکم آلاینده‌های هوا

| منطقه       | ردیف            | اینورژن         | دفا             | از جمله<br>ضعیف | سروصد           | فضای<br>سبز | توپوگرافی | کاربری<br>اراضی | راه‌های<br>ارتباطی | مبدأ و<br>مقصد  |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|--------------------|-----------------|
| منطقه ۱     | X <sub>11</sub> | X <sub>12</sub> | X <sub>13</sub> | X <sub>14</sub> | X <sub>15</sub> | ...         | ...       | ...             | ...                | X <sub>1n</sub> |
| منطقه ۲     | X <sub>21</sub> | X <sub>22</sub> | X <sub>23</sub> | X <sub>24</sub> | X <sub>25</sub> | ...         | ...       | ...             | ...                | X <sub>2n</sub> |
| .           |                 |                 |                 |                 |                 |             |           |                 |                    |                 |
| .           |                 |                 |                 |                 |                 |             |           |                 |                    |                 |
| .           |                 |                 |                 |                 |                 |             |           |                 |                    |                 |
| منطقه<br>۱۰ | X <sub>m1</sub> | X <sub>m2</sub> | X <sub>m3</sub> | X <sub>m4</sub> | X <sub>m5</sub> | ...         | ...       | ...             | ...                | X <sub>mn</sub> |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

### ارزش‌گذاری معیارها

ارزش‌گذاری به معنای آن است که به مقادیر اندازه‌گیری شده از معیارها برحسب میزان مطلوبیت، ارزشی تعلق گیرد؛ به‌عنوان مثال، وقتی گفته می‌شود با فاصله‌گرفتن بیشتر از راه ارتباطی، میزان مطلوبیت برای مکان‌گزینی کم می‌شود، به معنای آن است که فاصله‌های نزدیک‌تر در واحد متر، مطلوبیت بیشتری دارد (ارزش‌گذاری معکوس) یا وقتی گفته می‌شود که با بالارفتن فاصله از گسل، میزان مطلوبیت برای مکان‌گزینی بیشتر می‌شود، به معنای آن است که فاصله‌های بیشتر در واحد متر، مطلوبیت بیشتری دارد (ارزش‌گذاری مستقیم)، ارزش‌گذاری معیارهای مورد بررسی در این پژوهش در مرحله عملیاتی الکترونیک آورده شده است (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۵۹۷).

### تشریح مدل الکترونیک

ELECTRE یک مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه است که برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۸۰ به‌عنوان یکی از بهترین فنون تصمیم‌گیری مطرح شد (مؤمنی، ۱۳۸۷: ۳۰) که با مشخص کردن مطلوبیت گزینه‌ها و ماتریس‌های هماهنگ و ناهماهنگ، به اولویت‌بندی گزینه‌ها با توجه به شاخص‌های مختلف می‌پردازد. این مدل در زمینه‌های مختلف از جمله، تصمیم‌گیری برای

سنجش خطر گازهای گلخانه‌ای (بریتو، ۲۰۱۰: ۸۱۵) استفاده شده است. در روش الکترونیک از مفهوم تسلط به‌صورت ضمنی استفاده می‌شود. در این روش گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف می‌شوند (روی، ۱۹۹۱: ۷۳-۴۹). در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، گام اول ایجاد تحلیل سلسله‌مراتبی از موضوع مورد بررسی است که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آنها نشان داده می‌شود. چهار گام بعدی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، محاسبه ضریب اهمیت گزینه‌ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها را شامل می‌شود (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۵) که البته در این تحقیق تنها از وزن‌دهی معیارها در محیط Expert choice استفاده می‌شود. اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به‌منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش الکترونیک مراحل زیر باید انجام شود:

### گام اول: تبدیل ماتریس تصمیم به ماتریس بی‌مقیاس

روش‌های مختلفی برای بی‌واحد کردن وجود دارد؛ اما در روش الکترونیک معمولاً از رابطه (۱) استفاده می‌شود (تیله و دومونت<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳: ۲۱-۱۹).

1-Brito

2-Roy

3-Tille and Dumont

4-www.traffic.Tabriz.com

ماتریس مخالف دارد و در واقع این اطلاعات مکمل یکدیگرند. تفاوت میان وزن‌ها به وسیله ماتریس موافق حاصل می‌شود؛ حال آن‌که تفاوت میان مقادیر مشخص شده به وسیله ماتریس مخالف به دست می‌آید.

#### گام پنجم: محاسبه ماتریس موافق مؤثر

از طریق رابطه (۶) به دست می‌آید.  
رابطه (۶):

$$\bar{c} = \sum_{k=1}^m \sum_{e=1}^m \frac{c_{ke}}{m(m-1)}$$

$$f_{ke} = f(x) = \begin{cases} 0, & c_{ke} \geq \bar{c} \\ 1, & c_{ke} < \bar{c} \end{cases}$$

#### گام ششم: محاسبه ماتریس مخالف مؤثر

از طریق رابطه (۷) به دست می‌آید.  
رابطه (۷):

$$\bar{d} = \sum_{k=1}^m \sum_{e=1}^m \frac{d_{ke}}{m(m-1)}$$

$$f_{ke} = f(x) = \begin{cases} 0, & c_{ke} > \bar{c} \\ 1, & c_{ke} \leq \bar{c} \end{cases}$$

#### گام هفتم: مشخص نمودن ماتریس مؤثر H

ماتریس تسلط نهایی H از ضرب تک‌تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق F در ماتریس تسلط مخالف G حاصل می‌شود. از طریق رابطه (۸) به دست می‌آید.  
رابطه (۸):

$$h_{ke} = f_{ke} \cdot g_{ke}$$

#### گام هشتم: حذف کردن گزینه‌های بارضایت کمتر و انتخاب بهترین گزینه

ماتریس تسلط نهایی H ترجیحات جزئی گزینه‌ها را بیان می‌کند؛ به‌طور مثال، اگر مقدار  $h_{ke}$  برابر یک باشد، بدین معناست که برتری گزینه k بر گزینه e در هر حالت موافق و مخالف قابل قبول است (یعنی برتری آن از حد آستانه موافقت بیشتر بوده و مخالف و یا ضعف آن نیز از حد آستانه مخالف نیز کمتر است).

و لیکن هنوز گزینه k شانس مسلط شدن به وسیله گزینه‌های دیگر را دارد. گزینه‌ای باید انتخاب شود که بیشتر از آن که مغلوب شود، تسلط داشته باشد و از این نظر می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد (عطایی، ۱۳۸۷: ۶۳-۵۵) در واقع گزینه‌ای ارجح گزینه‌ای دیگر است که

رابطه (۱):

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i^m x_{ij}^2}}$$

#### گام دوم: تشکیل ماتریس بی‌مقیاس وزن

در این مرحله W ماتریس قطری وزن شاخص‌هاست که تنها عناصر آن غیرصفر است و V، ماتریس وزنی است.

رابطه (۲):

$$V = N_D \cdot W_N$$

#### گام سوم: تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

در این مرحله تمامی گزینه‌ها نسبت به تمامی معیارها، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و مجموعه‌های موافق و مخالف تشکیل می‌شود (روی، ۱۹۹۰: ۱۵۵).

رابطه (۳):

اگر معیار موردنظر دارای جنبه مثبت باشد:

$$S_{ke} = \{j \mid v_{kj} \geq v_{ej}\}$$

اگر معیار موردنظر دارای جنبه منفی باشد:

$$I_{ke} = \{j \mid v_{kj} \leq v_{ej}\}$$

#### گام چهارم: محاسبه ماتریس موافق و مخالف

ماتریس موافق یک ماتریس مربع  $m \times m$  بوده که قطر آن فاقد عنصر می‌باشد. سایر عناصر این ماتریس نیز از جمع اوزان شاخص‌های متعلق به مجموعه موافق حاصل می‌شود.  
رابطه (۴):

$$c_{ke} = \frac{\sum_{j \in S_{ke}} W_j}{\sum_{j=1}^m W_j}$$

ماتریس مخالف نیز، یک ماتریس مربع  $m \times m$  بوده که قطر آن فاقد عنصر می‌باشد. سایر عناصر این ماتریس از ماتریس بی‌مقیاس شده موزون به دست می‌آید.  
رابطه (۵):

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in D_{ki}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in \Sigma A} |v_{kj} - v_{ej}|}$$

لازم به تذکر است که اطلاعات موجود در ماتریس موافق، تفاوت‌های عمده‌ای با اطلاعات موجود در

- ۱- ایستگاه آبرسان (مستقر در اداره کل): ایستگاه ترافیکی / مسکونی بوده که متأثر از تردد خودروهاست
- ۲- ایستگاه میدان نماز (مستقر در اول راسته کوچه): ایستگاهی که در مرکز شهر واقع شده و ایستگاهی ترافیکی / تجاری محسوب می‌شود.
- ۳- ایستگاه حکیم نظامی (مستقر در میدان حکیم نظامی): ایستگاهی مسکونی / تجاری است.
- ۴- ایستگاه باغ شمال (مستقر در چهارراه باغ شمال): ایستگاه ترافیکی محسوب می‌شود.
- ۵- راه آهن (مستقر در محوطه اداره کل راه آهن): به‌عنوان ایستگاهی مسکونی / صنعتی می‌توان از آن نام برد.
- ۶- ایستگاه بهداشت (مستقر در محوطه مرکز بهداشت استان): به‌عنوان ایستگاهی مسکونی می‌توان از آن نام برد. شکل (۲) موقعیت ایستگاه‌های آلودگی را نشان می‌دهد.

دارای کم‌ترین عدد ۱ در ستون باشد (میرفخرالدینی، ۱۳۸۹). این مدل‌ها به منظور ارزیابی و انتخاب به‌کار می‌رود و اصولاً مدل‌های نتیجه‌مدار هستند. در این مدل، معیارها به‌وسیله صفت تعریف و تعداد گزینه‌های ممکن محدود می‌باشد. بهترین گزینه در مدل MCDM یک گزینه فرضی خواهد بود که ارجح‌ترین ارزش مطلوبیت از هر معیار موجود را تأمین می‌کند؛ بنابراین، در این روش هر شاخصی مستقل از شاخص‌های دیگر، در تصمیم‌گیری مؤثر است

### یافته‌های تحقیق

روش بررسی ایستگاه‌های سنجش: اندازه‌گیری مرتب غلظت‌های آلاینده‌های هوا در شهر تبریز توسط اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی انجام می‌شود. ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای این مرکز را براساس اصول استقرار ایستگاه‌ها می‌توان به شرح ذیل طبقه‌بندی کرد:



شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های آلودگی هوا در شهر تبریز

(منبع: نگارندگان: ۱۳۹۳)

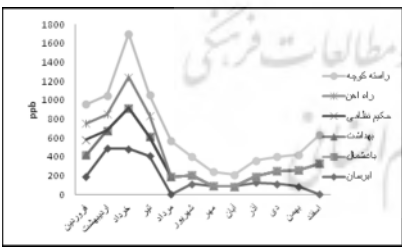
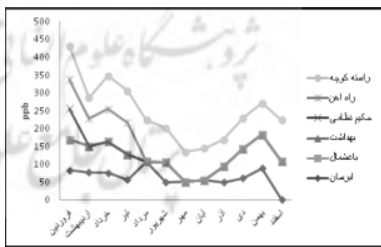
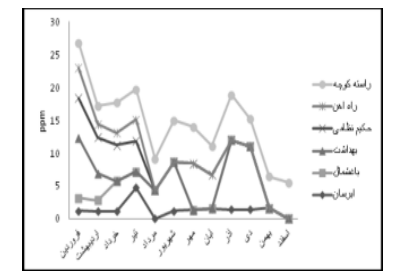
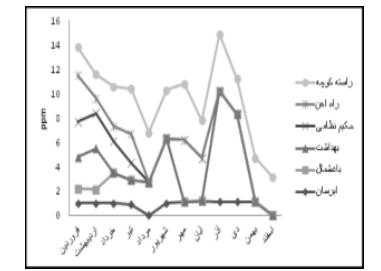
بررسی تغییرات میانگین ماهانه ذرات معلق هوا در ایستگاه‌های مختلف، نشان می‌دهد که میزان ذرات معلق هوا در اکثر ایستگاه‌های شهر تبریز در مقایسه با استاندارد سالانه در شرایط ناسالم می‌باشد (شکل ۳).

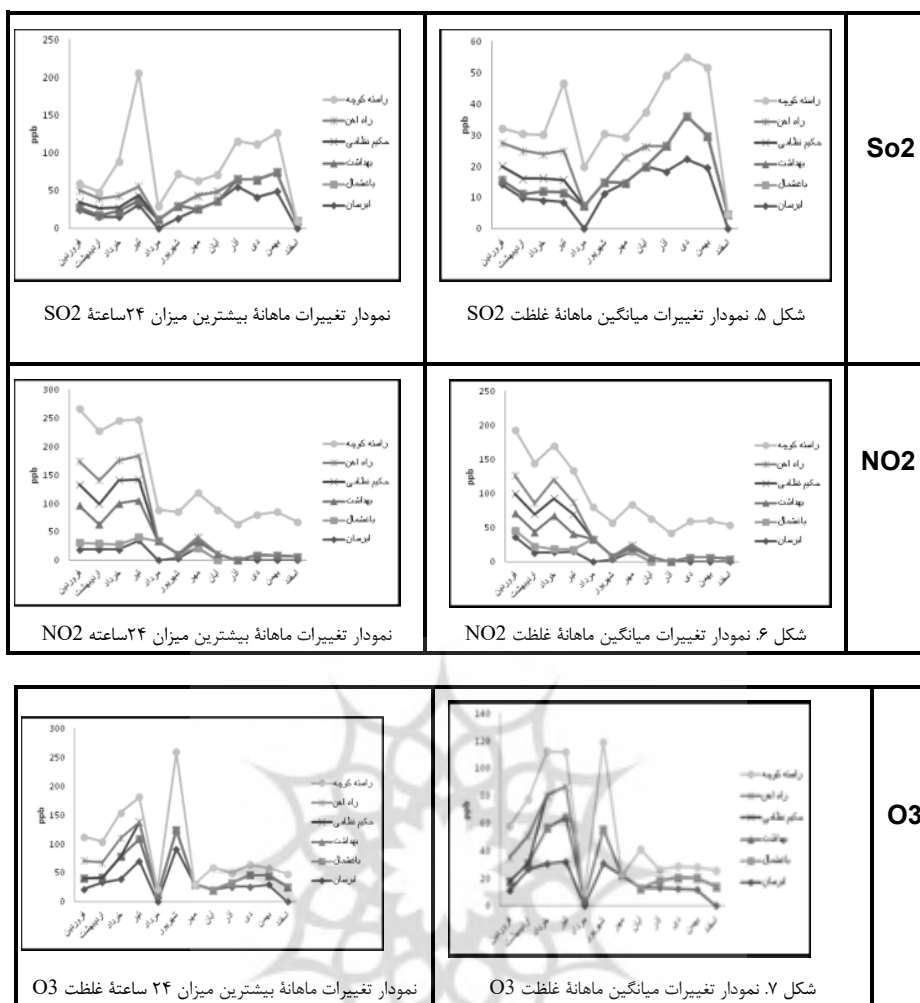
نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌های مختلف در طول سال ۱۳۹۱ را برحسب نوع پارامتر آلاینده هوا مورد بحث قرار می‌دهیم:



بیشترین میزان ۲۴ ساعته SO<sub>2</sub> ایستگاه‌های مختلف شهر با شاخص آلودگی هوا حاکی از آن است که خوشبختانه مشکل آلودگی هوا از لحاظ پارامتر SO<sub>2</sub> در میانگین ماهانه آن در ایستگاه‌های مختلف شهر وجود ندارد. نمودار تغییرات ماهانه بیشترین میزان ۲۴ ساعته غلظت SO<sub>2</sub> در ایستگاه‌های موجود حاکی از آن است که فقط، ایستگاه راسته‌کوچه در تیر ماه در شرایط ناسالمی قرار داشته و این شاید به دلیل ترافیک بالا در محدوده بازار باشد. در بقیه ایستگاه‌ها مشکل خاصی از لحاظ آلودگی نبوده است (شکل ۶). بررسی آمار تغییرات میانگین ماهانه و بیشترین میزان ۲۴ ساعته غلظت NO<sub>2</sub> و مقایسه آن با شاخص آلودگی هوا (PSI)، آلاینده‌گی خاصی را نسبت به NO<sub>2</sub> در طول سال ۱۳۹۱ نشان نمی‌دهد (شکل ۷). بررسی آمار ماه‌های پایش سال ۱۳۹۱ در خصوص O<sub>3</sub> نشان می‌دهد که مقادیر میانگین ماهانه در مقایسه با شاخص استاندارد (PSI)، در شرایط سالم است. اگرچه بیشترین میزان ماهانه در ایستگاه میدان نماز به حد غیرمجاز نزدیک‌تر می‌شود.

نمودار تغییرات ماهانه بیشترین میزان ۲۴ ساعته غلظت ذرات معلق هوا در ایستگاه‌های مختلف شهر، حاکی از وجود بیش از استاندارد حد مجاز ۲۴ ساعته ذرات معلق هوا در طول سال بوده است. همان‌طوری‌که در شکل (۳) مشهود است، در اکثر ماه‌ها تمامی ایستگاه‌ها از نظر آلاینده‌گی ذرات در شرایط ناسالم، براساس شاخص آلودگی هوا (PSI) قرار دارند، به‌طوری‌که در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر در ایستگاه‌های راه‌آهن، آبرسان، راسته‌کوچه به شرایط اضطراری رسیده است. همان‌طور که شکل (۴) نشان می‌دهد، تغییرات میانگین ماهانه غلظت CO در ایستگاه‌های پایش نشان‌دهنده این است که اکثر ایستگاه‌ها در شرایط ناسالم قرار دارند. به‌طوری‌که در ماه‌های آذر، دی، شهریور در ایستگاه‌های آبرسان، باغ‌شمال و راه‌آهن آلودگی بیش از استاندارد مجاز می‌باشد. بیشترین میزان منوکسیدکربن ۲۴ ساعته در ایستگاه‌های باغ‌شمال و بهداشت در آذر، دی و فروردین ماه بیش از استاندارد حد مجاز بوده و شرایط ناسالم آلودگی هوا گزارش می‌شود. شکل (۵) تجزیه و تحلیل آمار و مقایسه میانگین و غلظت

| نام آلاینده   |  |
|---|--|
|  <p>نمودار تغییرات ماهانه بیشترین میزان ۲۴ ساعته pm<sub>10</sub></p> |  <p>شکل ۳. نمودار تغییرات میانگین ماهانه pm<sub>10</sub></p> |
|  <p>نمودار تغییرات ماهانه بیشترین میزان ۲۴ ساعته غلظت CO</p>         |  <p>شکل ۴. نمودار تغییرات میانگین ماهانه غلظت CO</p>         |



(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

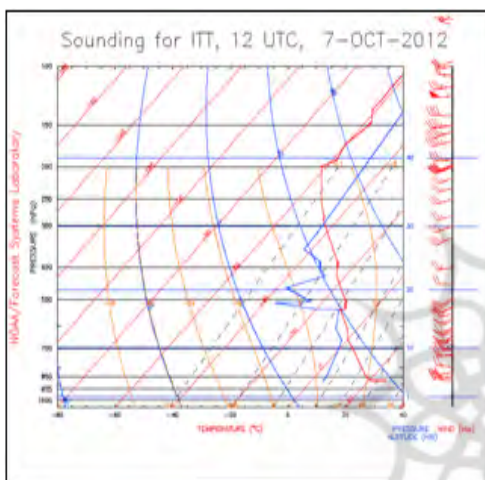
فصول مختلف، گلباد سالانه (سال ۱۳۹۱)، این شهر رسم شده است (شکل ۸). جهت باد غالب در منطقه شمال شرقی و شرقی می‌باشد که ۱۴٫۸۱ درصد بادهای آرام و ۸۵٫۱۹ درصد بادهای دارای سمت و سرعت است که با توجه به نتایج پژوهش در خصوص تأثیرگذاری سرعت باد بر آلودگی شهر تبریز می‌توان گفت، بهترین محل برای ایجاد صنایع آلوده‌کننده در اطراف شهرها، ناحیه پشت به باد آنهاست؛ پس با توجه به اینکه بادهای غالب در فصل گرم سال شمال شرقی و شرقی می‌باشد. از این رو آلودگی‌های انتشار یافته از بخش صنعتی محور شرقی (منطقه ۸) را وارد بخش مرکزی شهر می‌کند و از طرف دیگر، با توجه به اینکه بادهای غالب فصول سرد سال غربی و جنوب غربی می‌باشد و با سرعت بیشتر، آلوده‌های انتشار یافته صنایع محور غربی (منطقه ۷) را به طرف مرکز شهر هدایت می‌کند

در پژوهش حاضر به منظور بررسی عوامل دخیل در آلودگی هوا در سطح شهر تبریز، داده‌ها و اطلاعات به‌کار گرفته شده در شهر تبریز به ۱۲ کلاس اصلی دسته‌بندی شد که شامل اینورژن، باد، درجه حرارت، ازدحام جمعیت، سروصدا و لرزش، کمبود فضای سبز، توپوگرافی و ارتفاع، کاربری اراضی، راه‌های ارتباطی، حجم مبدأ و مقصد سفرها است که عاملیت هر کدام از این عوامل را در پتانسیل تراکم آلودگی در این شهر بررسی کردیم.

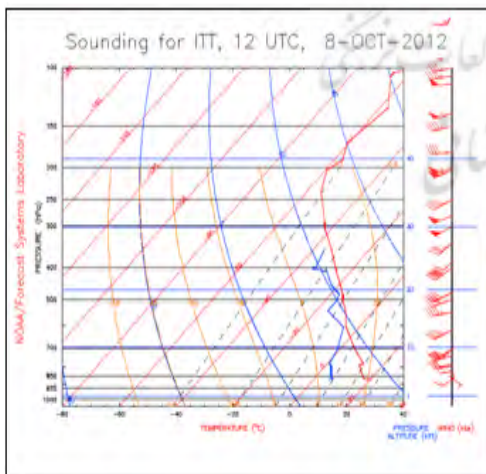
#### باد -

عنصر اقلیمی باد، عامل اصلی انتشار و پخش ریزگردها و آلوده‌های صنعتی به شهر است. اگر باد به‌طور مداوم در یک جهت بوزد (باد غالب)، پدیده‌های مذکور (فرسایش‌های غالب) در آن جهت انتقال می‌یابد (خلیل‌وند، ۱۳۸۹: ۱). برای نشان دادن جهت جریان در

افزایش دما در آن ۱۰ درجه می‌باشد. از سطح ۴۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال، دما به تدریج کاهش پیدا می‌کند (شکل ۱۰). در سطح ۹۰۰ هکتوپاسکال، وارونگی دما وجود دارد، به تدریج دما کاهش پیدا کرده، دوباره در سطح ۷۵۰ هکتوپاسکال دما افزایش پیدا می‌کند؛ یعنی در ارتفاع ۲۰۰۰ متری دما ۱۰ درجه افزایش پیدا می‌کند و از ارتفاع ۷۰۰ هکتوپاسکال تا ۲۰۰ هکتوپاسکال دما کاهش می‌کند.



شکل ۹. نمودار تغییرات دما با ارتفاع شهر تبریز (۷ مهر ۱۳۹۱)  
(منبع: نویسندگان)

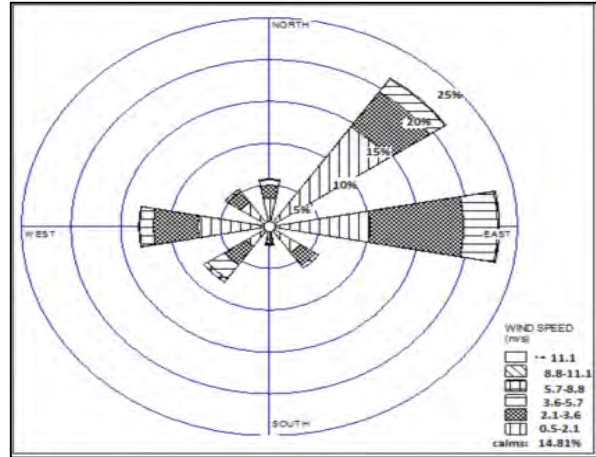


شکل ۱۰. نمودار تغییرات دما با ارتفاع شهر تبریز (۸ مهر ۱۳۹۱)  
(منبع: نویسندگان)

#### - درجه حرارت (دما)

چرخش و تحول محدود هوا همراه با لایه‌های وارونه در قسمت‌های پایین هوا سپهر، ممکن است در مناطق

و در نتیجه موجب افزایش غلظت آلودگی هوا در طول سال در بافت مرکزی و تاریخی شهر می‌شود.



شکل ۸: گلباد سالانه شهر تبریز (۱۳۹۱)  
(منبع: نویسندگان)

#### - اینورژن (وارونگی دمایی)

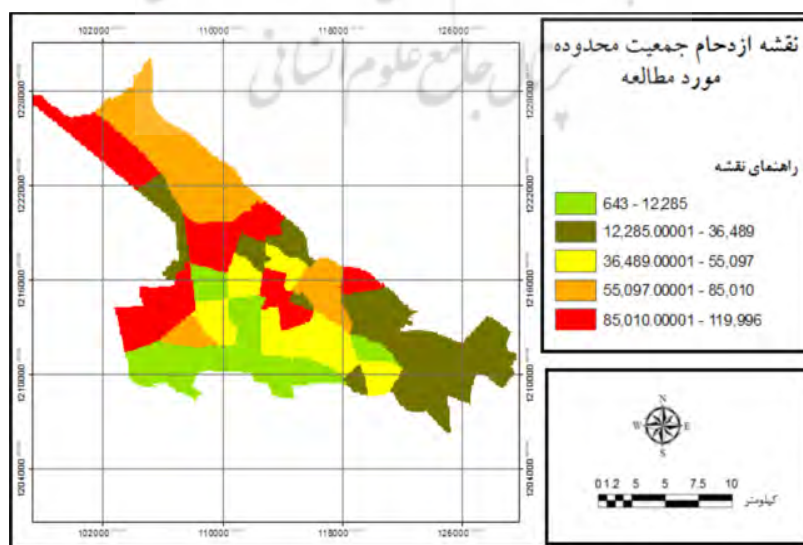
آلودگی هوای شهر تبریز در بعضی مواقع با سیستم‌های جوی پایدار (آنتی‌سیکلون‌ها) ارتباط مستقیم و غیر قابل انکاری دارد. وقوع اینورژن در شهر تبریز با شرایط توپوگرافی و استقرار توده‌های پرفشار رابطه دارد که در فصول سرد از عرض‌های بالاتر به این منطقه می‌آیند. برای نشان دادن وارونگی هوا و وقوع آن در شهر تبریز، نمودارهای تغییرات دما با ارتفاع، مربوط به سال ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج آن، شدت وارونگی‌ها در دوره سرد سال بیشتر از دوره گرم سال است که در اینجا به دلیل کثرت نمودارها، دو نمودار که وارونگی در آن توأم با آلودگی و تشکیل مه‌دود بود، انتخاب شدند. شکل (۹) وارونگی دما در سطح ۹۰۰ هکتوپاسکال وجود دارد. عمق وارونگی در این روز حدود ۸۰۰ متر است. افزایش دما ۲۰ درجه به‌ازای هر ۸۰۰ متر بوده. از سطح ۶۰۰ تا ۶۵۰ هکتوپاسکال، لایه وارونگی دیگری وجود دارد که از شدت زیادی برخوردار نبوده و روند افزایش دما در آن ۱ درجه است. از سطح ۵۰۰ تا ۵۵۰ هکتوپاسکال، وارونگی دیگری وجود دارد که روند

بوزد، آزن سطح زمین می‌تواند به مقداری برسد که برای سلامتی خطرناک باشد.

#### - ازدحام جمعیت

جدا از آلودگی‌هایی که در تبریز ناشی از استقرار صنایع در آن می‌باشد، درصد بیشتری از آلودگی‌ها را مناطقی شامل می‌شود که در مرکز شهر قرار دارند؛ زیرا این مرکز جمعیت زیادی را در طول ساعات روز به سمت خود جذب می‌کند که بار ترافیکی سنگینی را ایجاد می‌کند و این مسئله همراه با سایر عوامل سبب تشدید آلودگی هوای این مناطق از شهر می‌شوند که از جمله این مناطق، منطقه ۸ شهرداری است. با توجه به بررسی انجام شده در خصوص حجم جمعیت و تأثیر آن بر آلودگی‌ها می‌توان گفت، ساکنان مناطق مرکزی شهر و مناطق همجوار (مناطق حاشیه‌نشین ۴، ۶، ۷، ۱) با حجم بالای جمعیت، علاوه بر اینکه در معرض انواع آلاینده‌های هوا قرار دارند، سبب تشدید آلودگی هوا می‌شوند (شکل ۱۱)؛ بنابراین، افزایش ۳/۵ برابری جمعیت در طول چهاردهه و در نتیجه توسعه ناموزون شهر موجب افزایش حجم جمعیتی در مناطق حاشیه‌نشین (تراکم بالای ۱۲۰ نفر در هکتار) و تمرکز کاربری‌های خدماتی در محدوده مرکزی شهر شده است.

مختلف تبریز باعث آلودگی شود. با توجه به مقدار غلظت آلاینده‌ها در دو ایستگاه مرکزی و محور صنعتی شهر تبریز که در نمودارهای تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌های مختلف به دست آمد، مقدار مهمترین آلاینده‌های هوا در ایستگاه راسته‌کوچه، یعنی بخش مرکزی شهر بالاست. غلظت آلاینده‌هایی چون آزن و دی‌اکسیدنیترژن در فصول گرم سال افزایش می‌یابد. همانطور که نمودار آلاینده‌ها نشان داد، مقدار این آلاینده‌ها در ایستگاه راسته‌کوچه از غلظت بیشتری برخوردار است. در این ارتباط نور خورشید یک نقش بحرانی در تشکیل آن دارد. آلاینده آزن به‌طور اصولی یک مشکل عمده در مدت روز در ماه‌های تابستان است. آزن در سطح زمین زمانی انتشار می‌یابد که نور خورشید با هیدروکربن‌ها و دی‌اکسیدنیترژن ( $\text{NO}_2$ ) ترکیب شوند. این دو ترکیب به‌وسیله اتومبیل‌ها، کامیون‌ها، کارخانه‌ها و نیروگاه‌های تولید برق تولید می‌شوند و این آلاینده در جاهایی که گازوئیل، سوخت موتور دیزلی، نفت سفید احتراق می‌شوند، انتشار پیدا می‌کند. نواحی شهری همراه با ترافیک سنگین و جوامع صنعتی بزرگ، نواحی عمده با مسائل آزن هستند. وقتی درجه‌حرارت بالا باشد و باد به آرامی



شکل ۱۱. نقشه ازدحام جمعیت شهر تبریز

(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

## - سروصدا و لرزش

سروصدای ناهنجار ناشی از ترافیک همراه با سایر صداهای فرساینده، موجب مشکلات محیطی در سطح شهر تبریز می‌شود. صداهای ناشی از ترافیک وسائط نقلیه، بوق‌های تند به‌دنبال سرعت زیاد، اصطکاک لاستیک‌ها با سطح جاده، عدم‌رسیدگی فنی به وسیله نقلیه و سطح جاده و همچنین رانندگی غیراصولی افزایش می‌یابد. تولایی (۱۳۷۳) به نقل از شورت<sup>۱</sup> می‌نویسد: یک خیابان در یک شهر شلوغ معادل ۸۰ الی ۹۰ دسیبل<sup>۲</sup> آلودگی صدا تولید می‌کند. سکونت در چنین خیابانی به مدت ۱۵ سال متوالی، توان شنوایی فرد را به‌طور متوسط تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد. قرارگیری فرودگاه تبریز در جانب شمال غرب شهر و استقرار کاربری‌های مزاحم و غیرحساس در کنار کمربندی غرب شهر (قسمت‌های راه‌آهن) و نیز از بین رفتن حریم محله‌های مسکونی بافت قدیم از موارد بارز کاهش کیفیت محیط در اثر سروصدای بیش‌ازحد است. همچنین، با توجه به منابع اصلی سروصدا، ایستگاه واقع در باغ‌شمال (منطقه ۸) ایستگاه ترافیکی، ایستگاه آبرسان (منطقه ۲) ایستگاه ترافیکی- مسکونی و ایستگاه راسته‌کوچه (منطقه ۳) ایستگاه ترافیکی- تجاری دارای پراکنش بالای ارتباطی بوده که با توجه به استانداردهای ایجاد آلودگی صوتی این مناطق بیشترین آلودگی صوتی را دارند (جدول ۳).

جدول ۳. استانداردهای پیشنهادی برای ایران در مورد سروصدا و آلودگی ناشی از آن

| منابع اصلی سروصدا            | حداکثر سروصدای مجاز تولیدی (db) |
|------------------------------|---------------------------------|
| وسائط نقلیه عمومی و بارکش‌ها | ۹۰                              |
| اتومبیل‌های مسافربری         | ۸۴                              |
| موتورسیکلت‌ها                | ۸۵                              |

(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

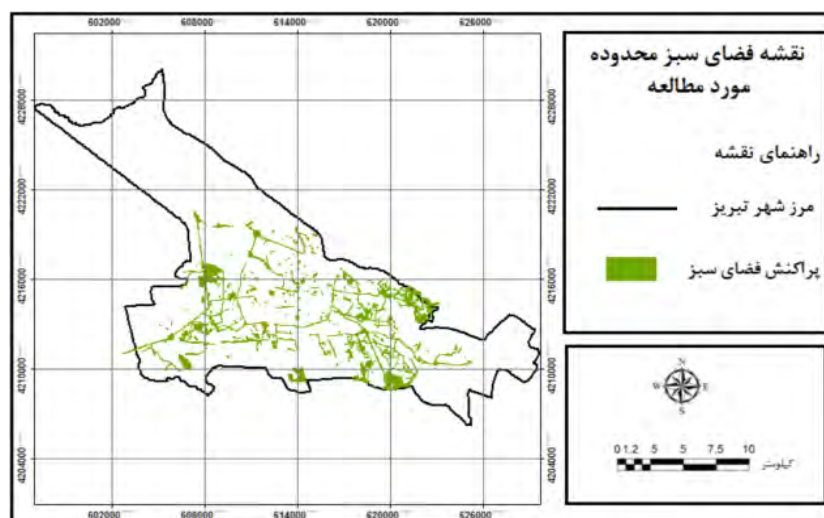
## - کمبود فضای سبز

فضای سبز به‌عنوان یکی از ابزارهای کاهش آلودگی هوا به شمار می‌آید و تأثیر انکارناپذیری بر کاهش مضرات ناشی از ورود آلاینده‌های هوا به داخل شهر دارد (زنگی‌آبادی و رخشانی‌نسب، ۱۳۸۸: ۱۱۴). این درحالی است که قسمت مرکزی شهر تبریز از نظر فضای سبز، از سرانه مطلوبی برخوردار نیست. شکل (۱۲) نقشه فضای سبز شهر تبریز را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (۴) نشان داده شده، مناطق ۸ و ۱ پراکنش پایین فضای سبز و مناطق ۹ و ۲ پراکنش بالا را دارند. براساس بررسی‌های به‌عمل آمده، فضای سبز تبریز اعم از پارک‌های عمومی، فضای سبز میدانی و رفوژها، حاشیه خیابان‌ها، انبوه‌کاری‌ها و فضای سبز اماکن دولتی و آموزشی و بهداشتی و دیگر مناطق سبز شهری، جمعاً مساحت فضای سبز شهر تبریز ۲۰۲۵۰۵۷۸ متر مربع می‌باشد که به‌لحاظ جمعیت ۱۴۱۴۴۲۵ نفر در سال ۱۳۹۰، سرانه فضای سبز با اعمال پارک‌های بزرگ شهری مانند ائل‌گلی، ائل‌باغی ۱۵/۱۲ متر مربع است (معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری تبریز، ۱۳۹۰: ۹۳).

جدول ۴. سرانه فضای سبز مناطق شهرداری تبریز (۱۳۹۰)

| منطقه    | مساحت فضای سبز (مترمربع) | سرانه فضای سبز (مترمربع بر نفر) |
|----------|--------------------------|---------------------------------|
| منطقه ۱  | ۶۷۰۰۰۰                   | ۴                               |
| منطقه ۲  | ۱۷۰۰۰۰۰                  | ۱۱                              |
| منطقه ۳  | ۱۷۴۲۵۴۲                  | ۹                               |
| منطقه ۴  | ۱۲۳۴۴۵۷                  | ۷                               |
| منطقه ۵  | ۱۵۵۸۴۴۰                  | ۹                               |
| منطقه ۶  | ۹۷۰۰۰۰                   | ۸                               |
| منطقه ۷  | ۸۰۰۰۰۰                   | ۱۰                              |
| منطقه ۸  | ۸۰۱۹۷                    | ۱                               |
| منطقه ۹  | ۱۰۴۳۰۰۰                  | ۲۹                              |
| منطقه ۱۰ | ۱۰۵۱۹۴۲                  | ۶                               |

(منبع: سالنامه آماری شهرداری تبریز، ۱۳۹۰)



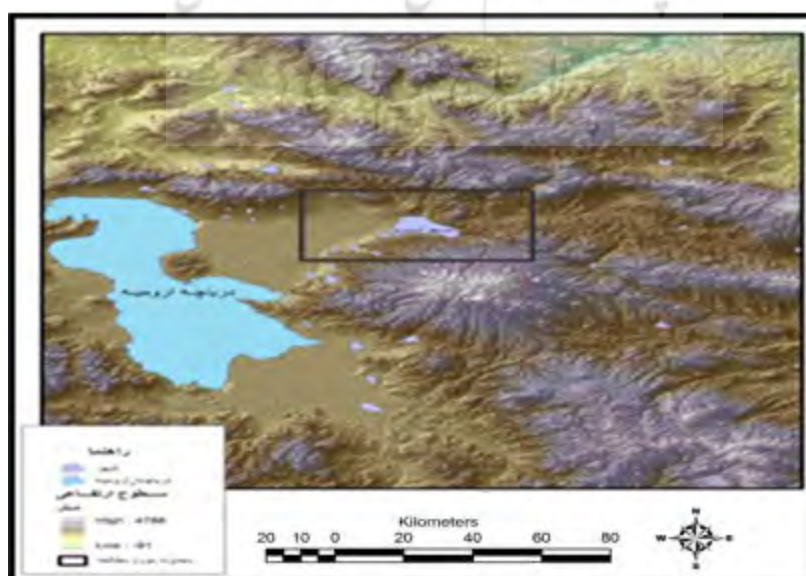
شکل ۱۲. نقشه فضای سبز شهر تبریز

(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

تبریز محدود می‌شود که این عوامل به انتقال آلاینده‌ها بر روی این شهر و محصور شدن در آنجا منجر می‌شود و با توجه به استقرار صنایع در جهت بادهای غالب، این شهر به یکی از هشت شهر آلوده کشور تبدیل شده است که عمدتاً ناشی از گسترش بی‌رویه شهر، رشد سریع شهرنشینی و پراکنش نامناسب کاربری‌های شهری است.

### - توپوگرافی و ارتفاع

شهر تبریز به علت توپوگرافی خاص خود از طرف شمال به ناهمواری‌های کوه‌های سرخ‌فام عون‌بن‌علی، از طرف جنوب به پیش‌کوه‌های سه‌پند، از غرب به دشت تبریز (استقرار کمربند صنایع) و از شرق به کوه‌های ساری داغ و بیلان کوه محصور شده است (شکل ۱۳)؛ بنابراین، این شهر مثل یک گودال در سه جهت شمال، شرق و جنوب به ارتفاعات و از سمت غرب به دشت



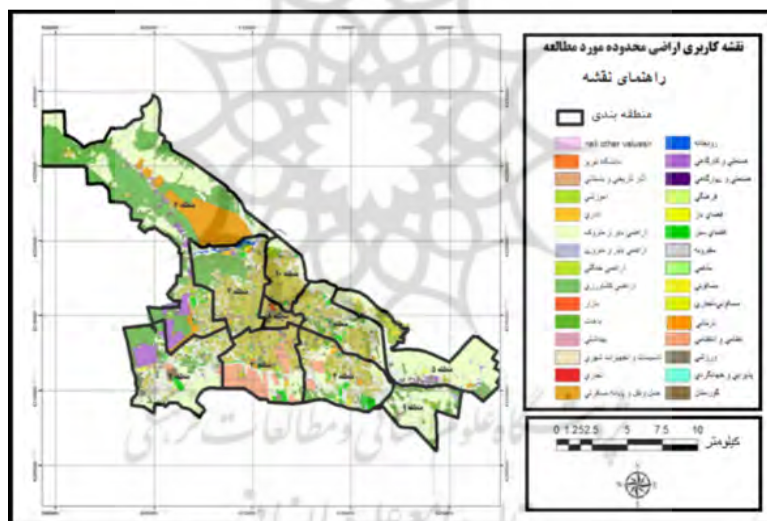
شکل ۱۳. نقشه توپوگرافی شهر تبریز

(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

### – کاربری اراضی

می‌توان اذعان داشت که ریشه‌ای‌ترین و مهم‌ترین ابزار کارایی و کنترل آلودگی شهرها و ترافیک شهری، توجه اصولی به کم و کیف توزیع و ترکیب منطقی کاربری‌ها می‌باشد. اگر به عملکرد، موقعیت و اندازه کاربری‌های مؤثر در تولید و جذب سفر نظیر مراکز تجاری، ورزشی و آموزشی شهر تبریز توجه شود، ملاحظه می‌شود که این کاربری‌ها از توزیع منطقی برخوردار نیستند؛ برای مثال قریب به اتفاق فضاهای تجاری، تفریحی، درمانی و همین‌طور آموزشی در قسمت مرکزی شهر تجمع یافته است. با وجود اینکه ضریب اتومبیل شهر در مقایسه با کشورهای پیشرفته بسیار کم می‌باشد، با وجود این سرانه سفر روزانه شهر تبریز با ۱,۳۸ سفر در

سطح شهرهای کشورهای صنعتی است (مهندسان مشاور سبزینه‌راه، ۱۳۸۰). با توجه به شکل (۱۴) با تلخیص کاربری‌ها، تنها به کاربری‌هایی که تأثیر زیادی در آلودگی مناطق آلوده دارند، اکتفا می‌شود. بیشترین پراکنش مربوط به منطقه ۸ و کمترین آن مربوط به منطقه ۱ و ۹ است. در این بین، بیشترین کاربری‌های منطقه ۸ خدماتی (آموزشی، فرهنگی، بهداشتی، اداری، تجاری) و ارتباطی و کمترین آن کاربری‌های مسکونی، فضای سبز می‌باشد. ازدحام این کاربری‌ها در این منطقه، به تشدید آلودگی‌ها دامن می‌زند. منطقه ۶ پراکنش بالای صنعتی، منطقه ۲ و ۳ (تجاری، آموزشی و تأسیسات و تجهیزات شهری) می‌باشد.



شکل ۱۴. نقشه کاربری اراضی شهر تبریز

(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

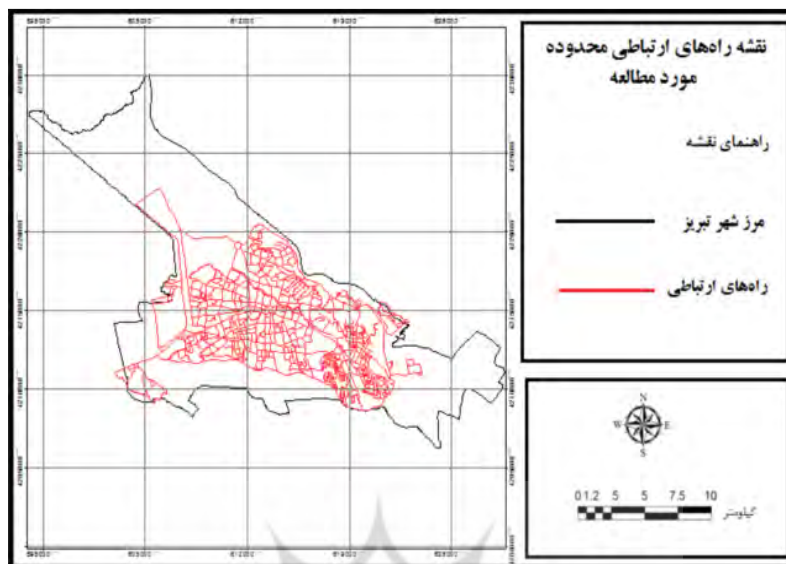
### – راه‌های ارتباطی

از اقدامات مهم در آلودگی ترافیک درون‌شهری تبریز و در نتیجه آلودگی هوا، به‌ویژه در بخش مرکزی آن، تقویت کنارگذرها و مسیرهای کمربندی داخلی است. به‌علت ضعف عملکردی این نوع مسیرها در شهر تبریز به‌ویژه کمربندی داخلی بخشی از ترافیک عبوری از داخل شهر گذشته و بدین ترتیب به میزان آلودگی می‌افزاید. همچنین، با توجه به ساختار محله‌بندی بافت قدیم شهر تبریز و نقش اجتماعی خیابان‌های آن،

قسمت مرکزی شهر بیشترین شبکه‌راه‌ها و تردد وسایل نقلیه را دارد و هرچه حرکت وسائط نقلیه سیال و بدون توقف‌های پی‌درپی صورت گیرد، میزان آلودگی‌های زیست‌محیطی چون هوا و صدا به‌دلیل عملکرد مناسب وسائط نقلیه موتوری کمتر می‌شود؛ اما در منطقه مرکزی شهر، فضاهای ارتباطی با وجود اختصاص ۲۱/۶ درصد سطح بافت شهر نتوانسته‌اند با قسمت‌های مختلف شهر (در طرف محدوده بافت قدیم) به‌صورت منطقی و متعادل ارتباط برقرار کنند

هر قسمتی شاهد حرکات کند، راه‌بندان‌های طولانی، آلودگی هوا، صدا و تصادفات رانندگی می‌باشد (شکل ۱۵).

(نیازی و محمدزاده، ۱۳۸۹: ۱۹۱) و این بخش با جذب بیش از ۴۰ درصد کل سفرهای شهری، بیش از



شکل ۱۵. نقشه راه‌های ارتباطی شهر تبریز  
(منبع: نویسندگان: ۱۳۹۳)

### حجم مبدأ و مقصد سفرها

از روش‌های کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی، تقلیل آمدوشد از طریق کاهش مبدأ و مقصد سفرهاست. نزدیک نمودن محل سکونت به محل کار، بهبود رفت و آمد قشرهای مختلف از جمله کارگران، دانش‌آموزان و دانشجویان، ایجاد محدودیت در پارک خودروهای مرکز شهر، ارائه تسهیلات کافی برای پارکینگ امن برای دوچرخه در مدارس، دانشگاه‌ها و گروه‌های اصلی، به‌کارگیری فناوری‌های جدید در ارائه خدمات عمومی، از جمله اقداماتی است که می‌تواند تعداد و طول سفرها را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش دهد که در نتیجه آن، آلودگی ناشی از حمل‌ونقل را کاهش دهد. به‌عنوان قاعده کلی، هرچه مسافت‌ها کوتاه‌تر باشد، احتمال انجام آن با پای پیاده، دوچرخه یا حمل‌ونقل عمومی بیشتر می‌شود؛ بنابراین باید تلاش شود بین مکان‌های زندگی و زیست، تسهیلاتی ایجاد شود که متناسب با آن آلودگی هوا کاهش یابد (نیازی و محمدزاده، ۱۳۸۹: ۱۹۱).

### وسائط نقلیه موتوری

شهر تبریز به دلیل تراکم وسائط نقلیه موتوری و تأسیسات و تجهیزات وابسته به آن در شهر و همچنین مدیریت و کنترل غیرمؤثر و ناکافی، جزء آلوده‌ترین شهرهای کشور شمرده می‌شود. به موازات افزایش سریع تعداد وسائط نقلیه موتوری، عوارض زیست‌محیطی متعددی همچون آلودگی هوا، گسستگی بافت را سبب شده است. این وضع در نواحی جنوب غربی (محور صنعتی) و مرکزی شهر بیشتر بوده و در نتیجه به تخریب منابع و قابلیت‌های طبیعی و نیز بدمنظر شدن محیط فیزیکی شهر منجر شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان آلودگی هوا در این شهر در نتیجه ازدیاد بی‌رویه وسائط نقلیه موتوری از جمله، افزایش سفرهای صورت‌گرفته در داخل شهر با تاکسی، اتوبوس و سواری شخصی و دود ناشی از آنها، روند صعودی داشته است (شکل ۱۶).



مقیاس، معیار کیفی در محیط Expert choice اندازه‌گیری و به معیار کمی تبدیل شد که نتایج آن برای تک‌تک معیارهای موردنظر در هر یک از مناطق جداگانه ارزش‌گذاری شده است و معیارهای مورد بررسی پس از تکمیل به صورت ماتریس  $10 \times 10$  ( $X_{ij}$ ) از طریق رابطه (۱) استاندارد شده و ماتریس R را تشکیل می‌دهند (جدول ۵).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i^m x_{ij}^2}}$$

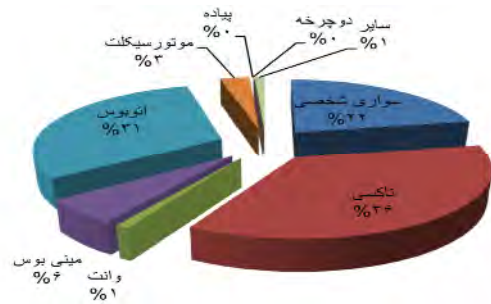
### معیارهای مورد استفاده در پژوهش

معیارهایی که در این پژوهش استفاده شده‌اند به شرح زیر می‌باشند: X1- باد، X2- اینورژن، X3- دما، X4- ازدحام جمعیت، X5- سروصدا و لرزش، X6- فضای سبز، X7- توپوگرافی، X8- کاربری اراضی، X9- راه‌های ارتباطی، X10- حجم مبدأ و مقصد سفرها.

جدول ۵. ماتریس R: بی‌مقیاس‌سازی معیارها

| منطقه    | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>8</sub> | X <sub>9</sub> | X <sub>10</sub> |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| منطقه ۱  | ۰/۲۸           | ۰/۲۷۸          | ۰/۰۶۲          | ۰/۲۷۹          | ۰/۲۲۶          | ۰/۲۳۴          | ۰/۲۳۱          | ۰/۳۵۷          | ۰/۳۲۹          | ۰/۳۰۴           |
| منطقه ۲  | ۰/۳۵۲          | ۰/۴۰۳          | ۰/۱۲۹          | ۰/۳۷۸          | ۰/۴۵۹          | ۰/۰۹۵          | ۰/۳۲۴          | ۰/۳۹           | ۰/۵۰۴          | ۰/۴۵۲           |
| منطقه ۳  | ۰/۳۹           | ۰/۴۷۱          | ۰/۰۹۳          | ۰/۳۰۳          | ۰/۴۳۸          | ۰/۱۱۹          | ۰/۲۹           | ۰/۲۹۹          | ۰/۲۳۵          | ۰/۳۶            |
| منطقه ۴  | ۰/۳۰۵          | ۰/۳۱۴          | ۰/۰۶۹          | ۰/۲۴۴          | ۰/۳۲۶          | ۰/۱            | ۰/۲۳۴          | ۰/۳۵۷          | ۰/۳۷۴          | ۰/۳۳۸           |
| منطقه ۵  | ۰/۱۶۳          | ۰/۱۶۳          | ۰/۰۶           | ۰/۲۰۱          | ۰/۱۸۵          | ۰/۰۹۸          | ۰/۳۳           | ۰/۲۶۲          | ۰/۲۳           | ۰/۲۶۳           |
| منطقه ۶  | ۰/۴۵۷          | ۰/۴۲۳          | ۰/۰۸۵          | ۰/۱۴۲          | ۰/۱۸۷          | ۰/۱۴۷          | ۰/۶۰۲          | ۰/۳۴           | ۰/۲۵۹          | ۰/۲۳۴           |
| منطقه ۷  | ۰/۴۰۵          | ۰/۲۵۳          | ۰/۱۵۲          | ۰/۱۵۹          | ۰/۱۸           | ۰/۰۶۴          | ۰/۴۲۵          | ۰/۳۲۱          | ۰/۲۳۸          | ۰/۲۰۹           |
| منطقه ۸  | ۰/۳۸۲          | ۰/۴۷۱          | ۰/۱۷۲          | ۰/۵            | ۰/۴۶۳          | ۰/۲۴۲          | ۰/۲۵           | ۰/۴۰۵          | ۰/۴۱۶          | ۰/۴۰۶           |
| منطقه ۹  | ۰/۰۷۷          | ۰/۱۶۸          | ۰/۰۶۱          | ۰/۲۴۴          | ۰/۱            | ۰/۰۴۶          | ۰/۱۱۵          | ۰/۲۰۶          | ۰/۱۱۳          | ۰/۱۳۶           |
| منطقه ۱۰ | ۰/۱۶۳          | ۰/۱۹۶          | ۰/۰۶۲          | ۰/۴۷۲          | ۰/۳۵           | ۰/۲۰۷          | ۰/۲۰۸          | ۰/۲۵۷          | ۰/۲۸۸          | ۰/۱۹            |

(منبع: نگارندگان، ۱۴۹۳)



شکل ۱۶. نمودار درصد سفرهای موتوری انجام‌شده به تفکیک نوع وسیله نقلیه

(منبع: مطالعات جامع حمل‌ونقل تبریز، ۱۳۹۰)

### مرحله عملیاتی تکنیک ELECTRE در

#### سطح‌بندی آلاینده‌ها

با توجه به معیارهای موردنظر برای ارزیابی و سطح‌بندی مناطق ده‌گانه، از ویژگی‌های کیفی به صورت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد در نظر گرفته شده است. برای تبدیل شاخص‌های کیفی به کمی و قرار دادن آن‌ها در ماتریس ارزیابی از «مقیاس دو قطبی فاصله‌ای» یا «جدول ضرایب اهمیت نسبی معیارها» استفاده شد. براساس این

از روش Expert choice استفاده شده است جدول (۶).

سپس برای بیان اهمیت نسبی معیارها لازم بود که وزن نسبی آنها تعیین شود. بدین منظور در این تحقیق

جدول ۶. وزن معیارهای به‌دست آمده در Expert chice

| معیار | باد      | اینورژن   | دما    | ازدحام | سروصدا          |
|-------|----------|-----------|--------|--------|-----------------|
| وزن   | ۰/۰۵۲    | ۰/۰۸۶     | ۰/۰۶۸  | ۰/۱۵۰  | ۰/۱۰۲           |
| معیار | فضای سبز | توپوگرافی | کاربری | راه‌ها | مبدأ و مقصد سفر |
| وزن   | ۰/۰۹۱    | ۰/۰۷۲     | ۰/۱۳۸  | ۰/۱۰۹  | ۰/۱۳۲           |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

در مرحله بعد، اقدام به تشکیل ماتریس (V) می‌شود. معیار در اوزان مربوط به همان معیار است (جدول ۷).

در واقع ماتریس (V) حاصل ضرب مقادیر استاندارد هر

جدول ۷. ماتریس (V): حاصل ضرب مقادیر استاندارد هر معیار در اوزان مربوط

| منطقه    | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>8</sub> | X <sub>9</sub> | X <sub>10</sub> |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| منطقه ۱  | ۰/۰۱۵          | ۰/۰۲۴          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۴۲          | ۰/۰۲۳          | ۰/۰۲۲          | ۰/۰۱۷          | ۰/۰۴۶          | ۰/۰۳۶          | ۰/۰۴۱           |
| منطقه ۲  | ۰/۰۱۸          | ۰/۰۳۵          | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۵۷          | ۰/۰۴۷          | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۱۷          | ۰/۰۵۳          | ۰/۰۵۴          | ۰/۰۰۶           |
| منطقه ۳  | ۰/۰۰۲          | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۰۷          | ۰/۰۵۴          | ۰/۰۴۵          | ۰/۰۱۱          | ۰/۰۲۱          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۲۶          | ۰/۰۴۸           |
| منطقه ۴  | ۰/۰۱۶          | ۰/۰۲۷          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۳۷          | ۰/۰۳۷          | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۱۶          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۴۵           |
| منطقه ۵  | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۱۴          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۱۹          | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۲۵          | ۰/۰۳۷          | ۰/۰۲۶          | ۰/۰۳۶           |
| منطقه ۶  | ۰/۰۲۴          | ۰/۰۳۷          | ۰/۰۰۶          | ۰/۰۲۲          | ۰/۰۰۲          | ۰/۰۱۴          | ۰/۰۴۴          | ۰/۰۴۷          | ۰/۰۲۹          | ۰/۰۳۱           |
| منطقه ۷  | ۰/۰۲۱          | ۰/۰۲۲          | ۰/۰۱۱          | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۱۹          | ۰/۰۰۶          | ۰/۰۰۳          | ۰/۰۴۵          | ۰/۰۲۶          | ۰/۰۲۸           |
| منطقه ۸  | ۰/۰۰۲          | ۰/۰۰۴          | ۰/۰۱۲          | ۰/۰۷۵          | ۰/۰۴۸          | ۰/۰۲۳          | ۰/۰۱۸          | ۰/۰۵۶          | ۰/۰۴۶          | ۰/۰۶۴           |
| منطقه ۹  | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۱۵          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۳۴          | ۰/۰۱۱          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۲۹          | ۰/۰۱۳          | ۰/۰۱۸           |
| منطقه ۱۰ | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۱۷          | ۰/۰۰۵          | ۰/۰۰۷          | ۰/۰۳۶          | ۰/۰۱۹          | ۰/۰۱۵          | ۰/۰۳۹          | ۰/۰۳۲          | ۰/۰۲۶           |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

|                  |                 |                  |                  |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| C <sub>1,2</sub> | ۲,۳,۴,۵,۶,۷,۸,۹ | C <sub>3,4</sub> | ۲,۶,۹            |
| C <sub>1,3</sub> | ۱,۳,۴,۵,۶,۷,۱۰  | C <sub>3,5</sub> | ۱,۲,۶,۷,۸,۹      |
| C <sub>1,4</sub> | ۵,۶,۱۰          | C <sub>4,1</sub> | ۱,۳,۴,۷,۸,۹      |
| C <sub>1,5</sub> | ۱,۲,۶,۷         | C <sub>4,2</sub> | ۲,۳,۴,۵,۶,۷,۸    |
| C <sub>2,1</sub> | ۱,۷,۱۰          | C <sub>4,3</sub> | ۱,۳,۴,۵,۷,۸,۹,۱۰ |
| C <sub>2,3</sub> | ۱,۷,۱۰          | C <sub>4,5</sub> | ۱,۳,۶,۷,۸        |
| C <sub>2,4</sub> | ۱,۶,۱۰          | C <sub>5,1</sub> | ۲,۳,۴,۵,۷,۸      |

پس از این مراحل، به تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف می‌پردازیم، به نحوی که گزینه‌های مختلف نسبت به همدیگر مقایسه شده و مجموعه معیارهای موافق و مخالف به‌دست می‌آید. با توجه به اینکه معیارهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۰ از نوع منفی (مقدار کمتر = ارزش بیشتر) است؛ نمونه‌های از مجموعه معیارهای موافق و مخالف عبارت‌اند از: جدول (۸) و (۹).

جدول ۸. مجموعه معیارهای موافق (Concordance)

|                  |               |                  |                |
|------------------|---------------|------------------|----------------|
| D <sub>1,2</sub> | ۱,۱۰          | D <sub>3,4</sub> | ۱,۳,۴,۵,۷,۸,۱۰ |
| D <sub>1,3</sub> | ۲,۸,۹         | D <sub>3,5</sub> | ۳,۴,۵,۱۰       |
| D <sub>1,4</sub> | ۱,۲,۳,۴,۷,۸,۹ | D <sub>4,1</sub> | ۲,۵,۶,۱۰       |
| D <sub>1,5</sub> | ۳,۴,۵,۸,۹,۱۰  | D <sub>4,2</sub> | ۱,۹,۱۰         |
| D <sub>2,1</sub> | ۲,۳,۴,۵,۶,۸,۹ | D <sub>4,3</sub> | ۲,۶            |
| D <sub>2,3</sub> | ۲,۳,۴,۵,۶,۸,۹ | D <sub>4,5</sub> | ۲,۴,۵,۹,۱۰     |
| D <sub>2,4</sub> | ۲,۳,۴,۵,۷,۸,۹ | D <sub>5,1</sub> | ۱,۶,۷          |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

## تشکیل ماتریس توافق

مقدار این شاخص از جمع وزن معیارهایی که در مجموعه موافق وجود دارد، به‌دست می‌آید؛ به‌عنوان مثال، مجموعه موافق بین گزینه‌های ۴، ۱ عبارت‌اند از: ۵، ۶، ۱۰. وزن این معیار موافق که از مدل Expert choice به‌دست آمد عبارت‌اند از: ۰/۱۰۲، ۰/۰۹۱، ۰/۱۳۲. با جمع این اوزان ماتریس توافق برای گزینه‌های ۴، ۱ مساوی با ۰/۳۲۵ است. سایر محاسبات ماتریس توافق در جدول (۱۰) آمده است.

جدول ۹. مجموعه معیارهای مخالف (Discordance)

جدول ۱۰. ماتریس موافق در نواحی مورد مطالعه

| منطقه | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>8</sub> | X <sub>9</sub> | X <sub>10</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| ۱     |                | ۰/۸۱۶          | ۰/۶۶۷          | ۰/۳۲۵          | ۰/۳۰۱          | ۰/۳۱۷          | ۰/۱۵۹          | ۰/۱۶۹۱         | ۰/۳۴۳          | ۰/۴۵۱           |
| ۲     | ۰/۲۵۶          |                | ۰/۲۵۶          | ۰/۲۷۵          | ۰/۳۴۷          | ۰/۲۰۴          | ۰/۲۸۶          | ۰/۱۸۰۵         | ۰/۱۸۴          | ۰/۴۵۲           |
| ۳     | ۰/۱۵۹          | ۰/۶۰۶          |                | ۰/۲۸۶          | ۰/۵۴۸          | ۰/۲۹۶          | ۰/۲۹۴          | ۰/۹۰۹          | ۰/۲۲۹          | ۰/۲۴۷           |
| ۴     | ۰/۵۸۹          | ۰/۷۰۷          | ۰/۷۳۱          |                | ۰/۴۲۱          | ۰/۳۶۴          | ۰/۳۴۹          | ۰/۸۲۳          | ۰/۵۷۱          | ۰/۲۵۸           |
| ۵     | ۰/۷۸۵          | ۰/۷۴۴          | ۰/۶۹۹          | ۰/۶۰۶          |                | ۰/۴۸۸          | ۰/۸۱۶          | ۰/۶۹۹          | ۰/۳۹۵          | ۰/۵۶۷           |
| ۶     | ۰/۷۵۵          | ۰/۵۷۲          | ۰/۵۷۲          | ۰/۲۶           | ۰/۳۵۴          |                | ۰/۳۱۳          | ۰/۶۱۳          | ۰/۵۶۳          | ۰/۴۶۳           |
| ۷     | ۰/۸۴۱          | ۰/۷۰۶          | ۰/۶۱۷          | ۰/۷۰۳          | ۰/۴۶۷          | ۰/۶۸۷          |                | ۰/۸۴۱          | ۰/۳۶۵          | ۰/۴۸۵           |
| ۸     | ۰/۱۷۷          | ۰/۲۸۶          | ۰/۳۰۱          | ۰/۱۷۷          | ۰/۳۰۱          | ۰/۲۴۹          | ۰/۱۷۷          |                | ۰/۲۲۹          | ۰/۲۲۹           |
| ۹     | ۰/۸۵۷          | ۰/۷۲۵          | ۰/۷۷۱          | ۰/۷۱۹          | ۰/۷۰۷          | ۰/۵۱۹          | ۰/۶۳۵          | ۰/۸۵۷          |                | ۰/۶۲۱           |
| ۱۰    | ۰/۷۵۵          | ۰/۸۱۹          | ۰/۷۵۳          | ۰/۸۴۶          | ۰/۴۱۵          | ۰/۷۳۷          | ۰/۶۶۵          | ۰/۷۷۱          | ۰/۳۶۱          |                 |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

### تعیین ماتریس مخالف

مقایسه گزینه‌ها در ماتریس موافق بیشتر از آستانه موافقت باشد، مقدار ۱ و اگر کمتر از آستانه موافقت باشد، مقدار صفر را به خود اختصاص می‌دهد.

ماتریس مخالف یا عدم توافق به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود.

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in D_{ki}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in \sum A} |v_{kj} - v_{ej}|}$$

رابطه (۶): 
$$\bar{C} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{e=1, e \neq k}^m c_{ke}}{m(m-1)}$$

به‌عنوان مثال، مجموعه مخالف بین گزینه‌های ۲، ۳ عبارت‌اند از: ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۹.

درواقع آستانه موافق با توجه به فرمول عبارت است از: 
$$\bar{C} = \frac{47,02}{90} = 0.522$$

۴۲/۰۲ جمع کل ماتریس موافق و M تعداد گزینه‌ها است؛ در نتیجه مقدار آستانه برابر با ۰/۵۲۲ می‌باشد. مقادیری که در ماتریس موافق بیشتر از این مقدار هستند ۱ و کمتر از آن صفر است (جدول ۱۱).

### تشکیل ماتریس موافق مؤثر

در این مرحله، یک مقدار معین برای شاخص موافق مؤثر مشخص می‌شود که آن را آستانه موافقت می‌نامند و با  $\bar{C}$  نشان داده می‌شود. اگر مقدار موجود در

جدول ۱۱. ماتریس تسلط موافق در نواحی مورد مطالعه

| منطقه | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>8</sub> | X <sub>9</sub> | X <sub>10</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| ۱     |                | ۱              | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۱              | ۰              | ۰               |
| ۲     | ۰              |                | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۱              | ۰              | ۱               |
| ۳     | ۰              | ۰              |                | ۱              | ۰              | ۱              | ۰              | ۱              | ۰              | ۰               |
| ۴     | ۱              | ۱              | ۱              |                | ۰              | ۰              | ۰              | ۱              | ۱              | ۰               |
| ۵     | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              |                | ۰              | ۰              | ۱              | ۰              | ۱               |
| ۶     | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۰              |                | ۰              | ۱              | ۱              | ۰               |
| ۷     | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۰              | ۰              |                | ۱              | ۰              | ۰               |
| ۸     | ۱              | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              |                | ۰              | ۱               |
| ۹     | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              |                | ۰               |
| ۱۰    | ۱              | ۱              | ۱              | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۱              | ۱              |                 |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

است. مقادیری که در ماتریس مخالف کمتر از این مقدار هستند، ۱ و بزرگتر از آن صفر است.

### تشکیل ماتریس تسلط نهایی

ماتریس تسلط نهایی از ضرب تک‌تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق در ماتریس تسلط حاصل می‌شود. در جدول (۱۲) این ماتریس نشان داده شده است.

### تشکیل ماتریس مخالف مؤثر

ماتریس مخالف مؤثر مانند ماتریس موافق مؤثر تشکیل می‌شود. ابتدا باید آستانه مخالف  $\bar{d}$  تعیین شود. اگر مقدار موجود در مقایسه گزینه‌ها در ماتریس مخالف، کمتر از آستانه مخالف باشد، مقدار ۱ و اگر بیشتر از آستانه مخالف باشد، مقدار صفر را به خود اختصاص می‌دهد. مقدار آستانه مخالف برای تشکیل ماتریس تسلط مخالف عبارت است از:  $\bar{d} = \frac{2628.77}{90} = 29.2$  جمع کل ماتریس مخالف و  $M$  تعداد گزینه‌ها می‌باشد؛ در نتیجه مقدار آستانه برابر با  $29/2$

جدول ۱۲. ماتریس تسلط نهایی در نواحی مورد مطالعه

| منطقه | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>8</sub> | X <sub>9</sub> | X <sub>10</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| ۱     | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۲     | ۰              | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۳     | ۰              | ۰              | ۱              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۴     | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۵     | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۶     | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۷     | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۸     | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۹     | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |
| ۱۰    | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰              | ۰               |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

جدول ۱۳. تعداد مسلط و مغلوب شدن گزینه‌ها و انتخاب

بهترین گزینه

| منطقه | برد | باخت | جواب نهایی |
|-------|-----|------|------------|
| ۱     | ۲   | ۲    | ۰          |
| ۲     | ۴   | ۱    | ۳          |
| ۳     | ۳   | ۱    | ۲          |
| ۴     | ۲   | ۱    | ۱          |
| ۵     | ۲   | ۱    | ۱          |
| ۶     | ۴   | ۰    | ۴          |
| ۷     | ۳   | ۲    | ۱          |
| ۸     | ۴   | ۱    | ۳          |
| ۹     | ۱   | ۲    | -۱         |
| ۱۰    | ۴   | ۲    | ۲          |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

### حذف کردن گزینه‌های با رضایت کمتر و انتخاب

#### بهترین گزینه

ماتریس تسلط نهایی ترجیحات جزئی گزینه‌ها را بیان می‌کند. گزینه‌ای باید انتخاب شود که بیشتر از آن که مغلوب شود، تسلط داشته باشد. از این نظر می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد. براساس این ماتریس تعداد دفعاتی که هر گزینه تسلط داشته و تعداد دفعاتی که بر آن غلبه داشته، محاسبه شده و در جدول (۱۳) نشان داده شده است

شدند. جدول (۱۴) وضعیت نهایی تعداد گزینه‌های برد و باخت را طبق وضعیت نهایی مؤلفه‌ها در مناطق ده‌گانه نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه منطقه ۹ امتیاز منفی به خود اختصاص داده است، از میان گزینه‌های مطلوب مورد بررسی کنار گذاشته می‌شود و مناطق ۶، ۸، ۲، ۱۰، ۳، ۷، ۵، ۴، ۱ به ترتیب به‌عنوان مناطق آلوده معرفی

جدول ۱۴. تعداد مسلط و مغلوب شدن گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه

| نام منطقه | وضعیت نهایی طبق مدل | بررسی و مقایسه مؤلفه‌های دخیل در حصول به رتبه نهایی  |
|-----------|---------------------|--|
| ۱         |                     | وضعیت بردها: در منطقه یک، ۲ برد وجود دارد.<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه یک ۲ باخت وجود دارد. |
| ۲         |                     | وضعیت بردها: در منطقه دو، ۴ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه دو، ۱ باخت                      |
| ۳         |                     | وضعیت بردها: در منطقه سه، ۳ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه سه، ۱ باخت                      |
| ۴         |                     | وضعیت بردها: در منطقه چهار، ۲ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه چهار، ۱ باخت                  |
| ۵         |                     | وضعیت بردها: در منطقه پنج، ۲ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه پنج، ۱ باخت                    |
| ۶         |                     | وضعیت بردها: در منطقه شش، ۴ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه شش، ۰ باخت                      |
| ۷         |                     | وضعیت بردها: در منطقه هفت، ۳ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه هفت، ۲ باخت                    |
| ۸         |                     | وضعیت بردها: در منطقه هشت، ۴ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه هشت، ۱ باخت                    |
| ۹         |                     | وضعیت بردها: در منطقه نه، ۱ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه نه، ۲ باخت                      |
| ۱۰        |                     | وضعیت بردها: در منطقه ده، ۴ برد<br>وضعیت باخت‌ها: در منطقه ده، ۲ باخت                      |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳)

جغرافیایی و توپوگرافی خاص خود، چندین بار در سال وارونگی داشته، همچنین با توجه به اهمیت آلودگی هوا در روزهای سرد سال، به بررسی روزهایی با شرایط وارونگی دمای ضعیف، متوسط، شدید و بسیار شدید در فصل پاییز و زمستان پرداخته شد. نتایج نشان داد، میانگین تعداد روزهای توأم با وارونگی، بیشتر مربوط به فصل پاییز و زمستان است. همجواری شهر در نزدیکی به صنایع در دو محور غربی و شرقی و استقرار آنها در جهت بادهای غالب شهر، موجب غلظت آلاینده‌های هوا به‌ویژه در محدوده مرکزی شهر شده است.

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به مباحث مطرح شده در خصوص آلودگی هوا و عوامل تشدیدکننده آن در مناطق دهگانه شهر تبریز، مجموعه مطالعاتی انجام گرفت. بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد، ایستگاه‌های واقع در مرکز شهر و مناطق با حجم بالای جمعیت و صنایع، درصد بیشتری از آلودگی هوا را به خود اختصاص دادند که این به دلیل ترافیک بالا و دود ناشی از صنایع در این مناطق است. بررسی نمودارهای تغییرات دما با ارتفاع شکل (۹) و (۱۰) نشان می‌دهد، شهر تبریز به دلیل شرایط

معیارهای دخیل در آلاینده‌گی (۱۰ معیار منتخب) در ده منطقه شهرداری شهر تبریز در قالب مدل الکترون مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت رتبه‌بندی شدند که در این بین مناطق ۲، ۸، ۶ به ترتیب بیشترین رتبه را به لحاظ آلودگی به خود اختصاص دادند. با توجه به مطالب مطرح‌شده در این پژوهش، کوشش شد پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در شهر تبریز در قالب مدل الکترون ارزیابی و در نهایت رتبه‌بندی شود.

### منابع

ترابی، سیمای؛ ذوالفقاری، حسن؛ زاهدی، مجید (۱۳۷۸). «بررسی تأثیرات عوامل اقلیمی در تشکیل هسته آلوده شمال غرب تبریز». مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی منطقه‌ای تغییر اقلیم، ۱۳ و ۱۴ آبان، سازمان هواشناسی کشور، صص ۲۴۲-۲۴۷.

تولایی، سیمین (۱۳۷۳). شهر و پیامدهای زیست‌محیطی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی دانشگاه اصفهان، شماره ۳۳، صص ۱۱۷-۱۰۰.

حجازی‌زاده، زهرا؛ مقیمی، شوکت (۱۳۸۲). میکروکلیماتولوژی مقدماتی. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور. چاپ اول، ۲۸۰ص.

خلیل‌وند، محبوبه (۱۳۸۹). مکان‌یابی دفن زباله شهر مرودشت با استفاده از پارامترهای اقلیمی در محیط GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی. دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۱۹ص.

رحیمی، اکبر (۱۳۸۵). تحلیل آلودگی‌های هوایی ناشی از مکان‌یابی نامناسب مراکز صنعتی در شهر تبریز با استفاده از شبکه‌های عصبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه تبریز، ۱۸۹ص.

زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. نشریه هنرهای زیبا، تهران، شماره ۱۰، صص ۲۱-۱۳.

زنگی‌آبادی، علی؛ رخسانی‌نسب، حمیدرضا (۱۳۸۸). تحلیل آماری - فضایی نماگرهای توسعه فضای سبز شهری (مطالعه موردی: مناطق شهری اصفهان). مجله محیط‌شناسی، سال سی و پنجم، شماره ۴۹، صص ۱۰۵-۱۱۶.

شکری‌فیروزجاه، پری (۱۳۹۰). تأثیر پراکنش فضایی کاربری‌های شهری تبریز بر آلودگی هوا. پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دانشگاه پیام نور تهران، سال دوم، شماره سوم، صص ۸۲-۷۶.

تمرکز ۲۰ درصد از کاربری‌های شهری در محدوده مرکزی شهر تبریز که ۱/۶ درصد از مساحت شهر و ۲/۱ درصد از کل جمعیت شهر در آن ساکن می‌باشند (شکل ۱۴)؛ به دلیل دارا بودن ۱/۷ درصد از شبکه ارتباطی شهر، تردد حجم انبوه خودروهای شخصی و عمومی و ازدحام جمعیت در طول روز، منجر به ترافیک سنگین و در نتیجه افزایش آلاینده‌های هوا شده است؛ به طوری که در بین ایستگاه‌های موجود در شهر تبریز، ایستگاه مرکزی شهر از غلظت بالای آلاینده‌های CO، NO<sub>2</sub> و O<sub>3</sub> برخوردار هستند. این در حالی است که مساحت فضای سبز در قسمت مرکزی شهر ۸۰۱۹۷ مترمربع می‌باشد که با توجه به آلودگی بالا در این منطقه، از شهر، سرانه فضای سبز آن بسیار پایین می‌باشد که این عوامل به افزایش هرچه بیشتر آلودگی هوا دامن می‌زند (شکل ۱۲).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق، گرچه توپوگرافی خاص تبریز، به‌خصوص جایگزینی کوه‌های عینال و زینال در سمت شمال شرقی، یکی از عوامل اصلی در شدت‌بخشیدن به آلودگی هوا می‌باشد و در فصل سرد سال از عوامل اصلی در وارونگی هوا در تبریز به‌شمار می‌آید (رحیمی، ۱۳۸۵: ۷۷)؛ ولی گسترش بی‌رویه شهر، رشد سریع جمعیت در طی چند دهه اخیر، نبود ساماندهی سیستم حمل‌ونقل و ترافیک شهری، نبود تکنولوژی مدرن ساخت خودرو در کشور و کمبود فضای سبز، از عوامل عمده آلودگی هوای شهر به‌خصوص در قسمت مرکزی آن به‌شمار می‌روند. مقایسه نتایج دیگر پژوهش‌ها در این زمینه نشان می‌دهد، پراکنش نادرست کاربری‌های شهر تبریز و نحوه توزیع نادرست آن (شکری‌فیروزجاه، ۱۳۹۰: ۷۶) بر غلظت آلودگی هوا می‌افزاید. با توجه به افزایش آلودگی‌ها در شهرهای بزرگ، تأثیر عوامل انسانی (ازدحام جمعیت، معابر نامناسب، ترافیک سنگین و ...) بیشتر از عوامل طبیعی می‌باشد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۹). بر این اساس، توجه ویژه به عوامل انسانی می‌تواند موجب کاهش آلودگی هوا در منطقه مرکزی تبریز شود. در مجموع، در پژوهش حاضر تمام

مهندسين مشاوره سبزینه راه (۱۳۸۰). مطالعات امکان‌سنجی قطار شهری تبریز بزرگ، سیستم حمل‌ونقل همگانی سریع تبریز. تبریز: شهرداری تبریز، ۲۸۴ص.

مؤمنی، منصور (۱۳۸۷). مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم، ۳۶۰ص.

میرفخرالدینی، حیدر (۱۳۸۹). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر بهبود کیفیت خدمات بهداشتی و درمانی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)، مطالعه موردی: مراکز بهداشتی و درمانی یزد. مجله مدیریت سلامت. تهران، شماره ۴۳، صص ۶۲-۵۱.

نورزاده، فرهاد (۱۳۸۶). بررسی آلودگی و منابع آلاینده هوا در سطح شهر تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان، ۲۲۱ص.

نیازی، حسن؛ محمدزاده، رحمت (۱۳۸۹). بررسی عوارض زیست‌محیطی و انسانی ترافیک درون شهری تبریز، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، شماره ۳۴، صص ۲۱۶-۱۹۱.

Abdulkareem, A.S., (2005). "Urban Air Pollution Evaluation by Computer Simulations: A Case Study of Petroleum Refining Company Nigeria, Leonardo Journal of Sciences, ISSN 1583-0233, p.17-28.

Brito, A., Almeida, A., Mota, C. (2010). A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating utility theory. European journal of operational research. 200. 812-821.

Gouveia, C., Cerdeira, R., Garcia J.M, Nogueira M. and Coelho L. M.R, (2002). "Numerical Modeling for studying the Impact of urban Air Pollution in Natural Reserves around Setubal City' International, 6p.

Roy, B., (1990). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, Reading in multiple criteria decision aid, C.A. Bana e Costa, ed. Springer-Verlag, Beling. p 155-156.

Roy, B., (1991). "The Outranking Approach and the Foundation of ELECTRE Methods". Theory and Decision. pp 49-73.

Tille, M., Dumont, A. G., (2003). " Methods of Multicriteria Decisions Analysis Within the Road Projects like an Element of the Sustainability". 3rd Swiss Transport Research Conference. Pp. 19-21.

کاربرد روش ELECTRE در سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا ...

شکویی، حسین (۱۳۸۵). محیط زیست شهری. تبریز: انتشارات مؤسسه تحقیقات اجتماعی و علوم انسانی.

شمس‌الدینی، نرگس؛ عرب‌زاده، سمیرا؛ زارع، رضوان؛ صفایی، فاطمه (۱۳۹۱). آلودگی هوا و اثرات آن، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست، صص ۳۵-۵۴.

صفوی، سیدیحیی؛ علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۸، صص ۹۹-۱۱۲.

عطائی، محمد (۱۳۸۷). انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا-سیمان با استفاده از روش الکترون. نشریه بین‌المللی علوم مهندسی، تهران، شماره ۹، جلد ۱۹، صص ۶۳-۵۵.

قربانی، رسول؛ حسین‌زاده‌دلیر، کریم؛ شکری فیروزجاه، پری (۱۳۹۱). بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر تبریز براساس مؤلفه‌های اصلی. نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، صص ۸۹-۱۰۸.

قربانی‌سالخورد، رضوان؛ مباحثی، محمدرضا؛ رحیم‌زادگان، مجید (۱۳۸۹). توانایی داده‌های سنجنده مودیس در تحلیل‌های کیفی و کمی کیفیت هوا در مناطق شهری، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۴-۳، صص ۷۴-۶۱.

کریمی، محسن (۱۳۴۸). بررسی نقش رودخانه زاینده‌رود و پارک‌های اطراف آن در کاهش آلودگی هوای اصفهان، دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک.

مالچفسکی، یاچک (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌چندمعیاری. ترجمه اکبر پرهیزگار و عطا غفاری‌گیلانده. تهران: انتشارات سمت، چاپ چهارم، ۵۹۸ص.

محمدی، حسین (۱۳۸۵). ارتباط عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوای تهران با مرگ‌ومیرهای ناشی از بیماری‌های قلبی (۱۹۹۹-۲۰۰۳). مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، شماره ۵۸، صص ۶۶-۴۷.

محمدی، حسین (۱۳۹۰). آب‌وهواشناسی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول، ۱۹۴ص.

معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری تبریز (۱۳۹۰). آمارنامه شهرداری کلان‌شهر تبریز. چاپ اول، ۱۶۱ص

معروف، محمدصادق؛ نائینی، امین؛ موسوی، محمود (۱۳۸۱). بررسی پتانسیل تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی ناشی از صنایع در مشهد. نشریه نیوار، شماره ۴۵-۴۴، صص ۴۴-۳۱.

مهندسان مشاور زیستا، ۱۳۸۵، طرح تفصیلی تبریز، جمع‌بندی مطالعات وضع موجود، شهرداری تبریز، ۸۳ص



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی