

ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی هوا با استفاده از روش‌های AHP و ANP (مطالعه موردی: شهر تبریز)

بهروز سبحانی^۱ - دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

الهام شکرزاده فرد - دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

الناز پیروزی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۲/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۱

چکیده

امروزه انسان بعد از گذراندن مراحل مختلف توسعه، متوجه بحران‌های عظیم زیست‌محیطی در پیرامون خود می‌شود که یکی از آن، آلودگی هوای شهرها است که منشأ اصلی آن فعالیت‌های انسانی و در کنار آن عوامل محیطی است؛ بنابراین هدف تحقیق حاضر، ارزیابی و پهنه‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در شهر تبریز با استفاده از روش‌های ANP^۱ و AHP^۲ است. در این تحقیق از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی، عوامل مؤثر در افزایش آلودگی در شهر تبریز شناسایی شد و سپس لایه‌های اطلاعاتی شامل بارش، ارتفاع، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز صنعتی، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از راه‌های ارتباطی، ازدحام جمعیت، کاربری اراضی توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. هم‌چنین ارزش‌گذاری و استانداردسازی در محیط ادریسی با استفاده از مجموعه‌های فازی انجام شد، در نهایت با توجه به عوامل مؤثر در آلودگی هوای شهر تبریز و انجام مراحل مدل ANP و AHP، با استفاده از نرم‌افزارهای Expert choies و Super Decision به تعیین اهمیت معیارها پرداخته شد و نقشه نهایی پهنه‌بندی آلودگی هوا تهیه شد. با توجه به نقشه نهایی مدل ANP مناطق با آلودگی بسیار زیاد شامل مناطق شمالی و شمال‌غربی است و نتایج مدل AHP نشان می‌دهد، مناطق با خطر بسیار زیاد شامل کل مناطق مرکزی و مناطق شمالی‌غربی است. نتایج حاصل از این مطالعه، حاکی از پتانسیل بالای آلودگی در منطقه مورد مطالعه است؛ از این رو مناطق با احتمال خطر بسیار زیاد و زیاد، مناطقی هستند که باید تدابیر خاص و اقدامات مناسبی برای کاهش آلودگی آن به صورت جدی صورت بگیرد.

کلیدواژه‌ها: آلودگی هوا، پهنه‌بندی، شهر تبریز، AHP، ANP.

۱- مقدمه

از مهم‌ترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری و متعاقب آن آب‌وهوای شهری است و از مهم‌ترین مسائل در بررسی آب‌وهوا که تأثیر زیادی در سلامتی موجودات زنده یک منطقه دارد، مسئله آلودگی هواست (شکویی، ۱۳۸۵). آلودگی هوا به‌عنوان یکی از عمده‌ترین معضلات حال حاضر جهان در اثر رشد و توسعه بی‌رویه شهرها حادث شده است (بیگدلی، ۱۳۸۰). افزایش شدت شهرنشینی به ترافیک متراکم‌تر، ازدحام بیش‌ازحد و آلودگی بیشتر هوا منجر می‌شود (Berhani, 2001). هم‌چنین فعالیت‌های انسانی و فرایندهای زیست‌محیطی از منابع آلودگی هوا هستند که در این بین تغییرات فصلی و واکنش‌های شیمیایی بر افزایش غلظت آلاینده‌ها و آلودگی هوا کمک می‌کنند (wijerane and Bijker, 2006). 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 مراکز صنعتی مهم، از طرف دیگر استقرار صنایع در مسیر باد به‌عنوان یکی از هشت شهر آلوده کشور به شمار می‌رود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به این‌که فرایند سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در شهر تبریز مستلزم در نظر گرفتن معیارهای متعدد و چندگانه است، استفاده از مدل‌ها و فنون تحلیل چند معیاری می‌تواند یکی از مظاهر برجسته عینیت‌بخشی به استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در نظام پتانسیل‌سنجی آلاینده‌های شهری باشد. در این پژوهش سعی شده است در چهارچوب مدل AHP، ANP و منطق فازی تأثیر توأم مؤلفه‌های دخیل در تراکم آلودگی هوا مورد توجه قرار گرفته و در برآیند استفاده عملیاتی از روش‌های مذکور، مدل مناسبی در سطح‌بندی مناطق مختلف شهر تبریز به دست آید، و درجه‌بندی به لحاظ حاد بودن و خفیف بودن و تأثیر هر یک از این عوامل در آسیب‌رسانی به شهر تبریز، با استفاده از مدل‌های فوق‌مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. پژوهش‌های ارزنده‌ای، به‌ویژه در سال‌های اخیر با روش‌های مختلفی، به‌منظور بررسی و مطالعه آلودگی هوا در نواحی مختلف ایران و جهان، صورت گرفته است. برای مثال (شرعی پور و بیدختی، ۱۳۸۴) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی آلودگی هوای شهر تهران و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی به این نتیجه رسیدند که افزایش آلودگی ذره‌ای PM_{۱۰}، دید افقی را کاهش می‌دهد و در ماه‌های فصل بهار نمود بیشتری می‌یابد (کازمی و همکاران، ۱۳۹۳). با تحقیق بر روی آلودگی هوا و چالش‌های مدیریت شهری در کلان‌شهر مشهد، وضعیت آلودگی هوا را در ۵ ماه نخست سال ۱۳۹۳ بررسی کردند، طبق نتایج این تحقیق ایستگاه تقی‌آباد و ایستگاه خیام به ترتیب بیش‌ترین میزان آلودگی در سطح شهر مشهد ثبت شده است، که این ایستگاه‌ها در محدوده مرکزی شهر و در مسیر بالاترین رفت‌وآمد شهری قرار دارند. (زینالی و همکاران، ۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به پهنه‌بندی آلودگی هوا در شهر تبریز با استفاده از مدل ویکور پرداختند طبق نتایج به دست آمده از مدل سمت غرب، شمال غرب و مرکز شهر پهنه‌های آلودگی بیش‌تری دارد.

(Tor et al, 2015) با استفاده از مدل LUR (مدل رگرسیون کاربری اراضی) به نقش ترافیک و محیط صنعتی در کمک به ترکیبات آلی فرار محیط‌های شهری با آلودگی کم به این نتیجه رسیدند که، مدل‌سازی‌ها روش مؤثر در تخمین آلودگی هوا در مقیاس ریز هست، این تحقیقات هم‌چنین نشان می‌دهد نزدیکی به تقاطع و شبکه راه‌ها در افزایش آلودگی‌ها با مقیاس‌های بزرگ و ریز مؤثر است. (Davari and Balilan, 2014) در پژوهشی تحت عنوان افزایش آلودگی ناشی از اتومبیل در شهر تبریز و افزایش استفاده بیش‌تر از انرژی، عوامل تأثیرگذار بر میزان افزایش استفاده از اتومبیل شخصی در محدوده شهر تبریز مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که عمده‌ترین علت آلودگی هوای شهر تبریز استفاده از اتومبیل‌های شخصی در تبریز است. (Viliamz and Keraford, 2006) به بررسی منابع ایجاد آلودگی، ازن و به‌طورکلی علم آلودگی هوا و سلامت عمومی و هم‌چنین قانون‌مندی آلودگی هوا در کانادا و هم‌چنین تلاش‌های بین‌المللی در کاهش آلودگی هوا پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که وسایل نقلیه موتوری عامل اصلی در آلودگی هوا است. (Alem et al, 2007) به بررسی تأثیر عوامل تعیین‌کننده آلودگی محیط‌زیست از جمله رشد جمعیت کل، شدت انرژی و رشد جمعیت شهرنشینی بر آلودگی محیط‌زیست در پاکستان برای سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۱ پرداخته‌اند، نتایج تخمین مدل به روش یوهانسون-یوسیلیوس گویای این است که رشد جمعیت شهرنشینی دارای تأثیر مثبت بر آلودگی محیط‌زیست بوده است. در جمع‌بندی از سوابق پژوهشی می‌توان گفت که عوامل گوناگونی در مناطق مختلف بر حسب موقعیت جغرافیایی خاص آن منطقه یا عوامل انسانی موجود در آن باعث افزایش هواویزهای موجود در هوا و آلودگی‌ها می‌شوند، که بیش‌تر تحقیقات عوامل انسانی را بیش‌تر از عوامل طبیعی دخیل می‌داند، باوجوداین، خلأ پژوهش‌ها را می‌توان در استفاده از فنون تحلیل چند معیاری در پهنه‌بندی مناطق آلوده دید. بر همین اساس، تحقیق حاضر را می‌توان به‌عنوان گامی در جهت پرکردن خلأ مذکور در نظر گرفت که طی آن قابلیت مدل‌های ANP و AHP در پهنه‌بندی مناطق آلوده و دامنه ارزیابی حاصل از مدل‌های فوق در سطح‌بندی پتانسیل آلودگی هوای شهر تبریز مشخص می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی منطقه مورد مطالعه شامل (بارش، ارتفاع، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز صنعتی، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از راه‌های ارتباطی، ازدحام جمعیت، کاربری اراضی) با مطالعه منابع از طریق مطالعه کتابخانه‌ای (مرور مقالات و منابع مرتبط)، و مطالعات میدانی (مشاهده خودروهای فرسوده و پرمصرف، ساخت‌وساز بی‌رویه در سطح شهر، فعالیت واحدهای آجرپزی و آسفالت‌پزی اطراف شهر، کمبود فضای سبز و پارک‌های جنگلی و مراکز صنعتی مهم، مراجعه به سازمان‌های محیط‌زیست و آلودگی‌سنجی) شناسایی گردید. سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر معیار در محیط GIS تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی کارگاه‌های صنعتی، مناطق تجاری، فضای سبز، ازدحام جمعیت و شبکه ارتباطی با رقومی‌سازی از روی نقشه پایه شهر در مقیاس

۱:۱۰۰۰۰، به دست آمد. لایه‌های طبقات ارتفاعی با استفاده از خطوط منحنی میزان در محیط Arc map تهیه گردید. به منظور تهیه لایه اطلاعاتی کاربری از نقشه کاربری شهر تبریز استفاده شد. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به بارش از داده‌ها و آمارنامه‌های اقلیمی (با استفاده از داده‌های ایستگاه تبریز و ایستگاه‌های تبریز در بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۵) تهیه شد. سپس ارزش‌گذاری و استانداردسازی معیارها با استفاده از تابع عضویت فازی انجام گردید. در مرحله بعد وزن دهی معیارها با استفاده از دو روش ANP و AHP صورت گرفت.

۲-۱- تشریح روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد، علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید هم-چنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد (قدسی پور، ۱۳۸۴). با معلوم بودن اصول، روش AHP، به ترتیب شامل مراحل ذیل است:

۱- ایجاد سلسله‌مراتب AHP-۲- ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی ۳- محاسبه وزن‌های معیار ۴- محاسبه نرخ ناسازگاری ۵- مدل‌سازی فضایی و ترکیب لایه‌ها.

۲-۲- تشریح مدل ANP

روش ANP شکل توسعه‌یافته‌ای از روش AHP است که قادر است همبستگی و بازخوردهای موجود بین عناصر در یک تصمیم‌گیری را مدل‌سازی نموده و تمامی تأثیرات درونی اجزای مؤثر در تصمیم‌گیری را منظور و وارد محاسبات نماید لذا به‌واسطه این ویژگی این تکنیک متمایز و برتر از مدل‌های قبلی مربوطه می‌باشد. روش ANP دارای دو قسمت اصلی است که این دو قسمت را در یک فرایند ادغام می‌نماید، قسمت اول شامل دسته‌های مرکب از ملاک‌های کنترلی و زیر ملاک‌ها و نیز دسته جایگزین‌های داوطلب می‌باشد و قسمت دوم، شبکه‌ای از بردارها و کمان‌هاست که نشان دهنده وابستگی‌ها و همبستگی‌ها و نیز بازخوردهای موجود در سیستم تصمیم‌گیری می‌باشد. مدل ANP را می‌توان کامل‌ترین روش تصمیم‌گیری چند معیاره نامید که تاکنون ارائه شده است (رزمی، ۱۳۸۷: ۹۳۷؛ به نقل از مهدی زاده، ۱۳۹۰). روش ANP چهار مرحله دارد:

۱- تعیین معیارها و شاخص‌ها ۲- تعیین روابط و ارتباطات بین عناصر و خوشه‌ها: در این گام، مسأله تصمیم‌گیری به ساختار شبکه‌ای تجزیه می‌گردد. هر شبکه از مجموعه‌ای از خوشه‌ها تشکیل شده است که هر خوشه شامل مجموعه‌ای از عناصر می‌باشد، به طور کلی، دو نوع وابستگی اصلی در هر شبکه می‌تواند وجود داشته باشد: ۱-

وابستگی میان خوشه‌ها: به گونه‌ای که هر خوشه می‌تواند با خوشه دیگر در هر سطح تصمیم‌گیری دارای ارتباط متقابل و بازخوردی باشد. ۲- وابستگی میان عناصر خوشه‌ها: به گونه‌ای که هر عنصر در هر خوشه می‌تواند با تمامی عناصر موجود در دیگر خوشه‌ها وابستگی داخلی داشته باشد و حتی عناصر درون یک خوشه نیز می‌توانند با یک-دیگر وابستگی داشته باشند ۳- مقایسات زوجی بین عناصر و خوشه‌ها: ماتریس‌های مقایسات زوجی مشابه با روش AHP، زوج‌های عناصر تصمیم‌گیری در هر خوشه به نسبت اهمیت‌شان در جهت شرط‌های کنترلی آن‌ها مقایسه می‌شوند، خود خوشه‌ها نیز به نسبت سهم‌شان در هدف، مقایسات زوجی می‌شوند، از تصمیم‌گیرنده‌ها در مورد یک سری از مقایسات زوجی از دو عنصر یا دو خوشه بر حسب توزیع‌هایشان در معیارهای سطح بالایی مختص آن‌ها پاسخ دریافت می‌شود، به علاوه وابستگی‌های درونی بین عناصر یک خوشه نیز باید طوری جفتی مورد آزمون قرار گیرند و تأثیر هر عنصر بر روی عنصر دیگر توسط یک بردار ویژه نمایش داده شود، مقادیر اهمیتی مرتبط توسط ساعتی در بازه اعداد ۱ تا ۹ بیان شده است (جدول شماره ۱). به طوری که عدد ۱ مشخص‌کننده اهمیت مساوی بین دو عنصر و عدد ۹ مشخص‌کننده اهمیت فوق‌العاده بیشتر یک عنصر است، مقادیر متقابل نیز در مقایسات معکوس در نظر گرفته می‌شوند، همانند روش AHP مقایسات زوجی در ANP، توسط یک بستر ماتریسی بیان می‌شوند و یک بردار محلی می‌تواند به‌عنوان یک تخمین از اهمیت متناسب بین عناصر یا خوشه مشتق شود که توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

رابطه (۱)

به طوری که A : ماتریس مقایسات زوجی، W : بردار ویژه، بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس A می‌باشد (نجفی، ۱۳۸۹: ۶۷). در محاسبه نرخ ناسازگاری در ANP نیز، طبق گفته ساعتی: مقدار ناسازگاری اگر کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان به داده‌های مقایسات زوجی اعتماد کرد (دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹: ۸۱).

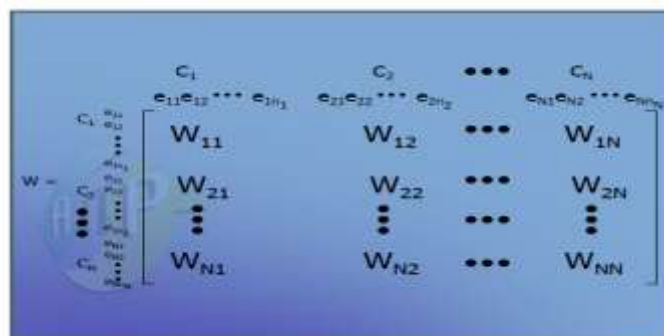
جدول ۱- طبقه‌بندی ارجحیت مقادیر وزن‌ها

مقدار عدد وزنی	توصیف زبانی ارجحیت طبقات
۹	کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۰.۲، ۰.۴، ۰.۶، ۰.۸	اولویت بین فواصل

۲-۳-۳- تشکیل سوپرماتریس:

۲-۳-۱- تشکیل سوپرماتریس اولیه یا غیر وزنی

عناصر ANP با یکدیگر در تعامل قرار دارند، این عناصر می‌توانند واحد تصمیم گیرنده، معیارها، زیرمعیارها، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند. وزن نسبی هر ماتریس براساس مقایسه زوجی شبیه روش AHP محاسبه می‌شود، وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند (سبک-بار و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳۴). قالب عمومی سوپرماتریس در (شکل شماره ۱) نشان داده شده است. در این تصویر، C_N نشاندهنده خوشه N ام، e_{Nn} عنصر n ام در خوشه N ام، W_{ij} ماتریس بلوک شامل وزن‌های نسبی بردارهای W تأثیر عناصر در خوشه i ام نسبت به خوشه j ام است. اگر خوشه i ام هیچ تأثیری بر خوشه i ام خودش نداشته باشد (حالت وابستگی داخلی)، W_{ij} صفر می‌شود، سوپرماتریس به دست آمده در این مرحله سوپرماتریس اولیه معرفی می‌شود.



شکل ۱- ساختار سوپرماتریس

۲-۳-۲- تشکیل سوپرماتریس وزنی

در واقع ستون‌های سوپرماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک است، بنابراین این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک باشد (متناسب با بردارهای ویژه‌ای که در هر ستون وجود دارند). برای آن که از عناصر ستون متناسب با وزن نسبی شان فاکتور گرفته شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود، در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود، این موضوع شبیه زنجیره مارکوف است که جمع احتمال همه وضعیت‌ها معادل است، ماتریس جدید، ماتریس وزنی یا ماتریس استوکاستیک گفته می‌شود (فرجی سبک‌بار و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳۵). سپس با استفاده از ضرایب نهایی مدل ANP و AHP، ضریب هر عنصر را به نقشه همان عنصر با استفاده از تابع

Raster Calculator ضرب شده و با ترکیب لایه‌های اطلاعاتی با هم، نقشه سطح‌بندی پتانسیل آلودگی هوا در قالب مدل‌های فوق تهیه گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی معیارهای مورد مطالعه

۳-۱-۱- توپوگرافی و ارتفاع

شهر تبریز به علت توپوگرافی خاص خود از طرف شمال به ناهمواری‌های کوه‌های سرخ فام عون بن علی، از طرف جنوب به پیش کوه‌های سه‌سهند، از غرب به دشت تبریز (استقرار کمر بند صنایع) و از شرق به کوه‌های ساری داغ و بیلان کوه محصور شده است؛ بنابراین این شهر مثل یک گودال در سه جهت شمال، شرق و جنوب به ارتفاعات و از سمت غرب به دشت تبریز محدود می‌شود که این عوامل به انتقال آلاینده‌ها بر روی این شهر و محصور شدن در آن‌جا منجر می‌گردد.

۳-۱-۲- کاربری اراضی

می‌توان ادعان داشت که ریشه‌ای‌ترین و مهم‌ترین ابزار کارائی و کنترل آلودگی شهرها و ترافیک شهری توجه اصولی به کمیت و کیفیت توزیع و ترکیب منطقی کاربری‌ها می‌باشد (مهندسین مشاور سبزینه راه، ۱۳۸۰). با توجه به نقشه کاربری با تلخیص کاربری‌ها، تنها به کاربری‌های که تأثیر زیادی در آلاینده‌گی مناطق آلوده دارند اکتفا می‌شود، بیش‌ترین پراکنش مربوط به منطقه ۸ و کم‌ترین آن، مربوط به منطقه ۱ و ۹ می‌باشد. 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) است.

۳-۱-۳- فاصله از راه‌های ارتباطی

از اقدامات مهم در آلودگی ترافیک درون شهری تبریز و در نتیجه آلودگی هوا، به‌ویژه در بخش مرکزی آن، تقویت کنارگذرها و مسیرهای کمربندی داخلی می‌باشد. به علت 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. در منطقه مرکزی شهر فضاهای ارتباطی با وجود اختصاص ۲۱/۶ درصد سطح بافت شهر نتوانسته‌اند قسمت‌های مختلف شهر (در طرف محدوده بافت قدیم) را به‌صورت منطقی و متعادل ارتباط برقرار نمایند (نیازی و محمدزاده، ۱۳۸۷)، و این بخش با جذب بیش از ۴۰ درصد کل سفرهای شهری بیش از هر قسمتی دیگر شاهد حرکات کند، راه‌بندان‌های طولانی، آلودگی هوا، صدا و تصادفات رانندگی می‌باشد.

۳-۱-۴- ازدحام جمعیت

جدا از آلودگی‌هایی که در تبریز ناشی از استقرار صنایع در آن می‌باشد درصد بیش تری 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 می‌باشد. پس، 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 حاشیه نشین ۱، ۶، ۷، ۸) با حجم بالای جمعیت علاوه بر این که در معرض انواع آلاینده‌های هوا قرار دارند، سبب تشدید آلودگی هوا می‌شوند.

۳-۱-۵- 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 (زنگی آبادی و رخشانی نسب، ۱۳۸۸، ۱۱۴). این در حالی است که قسمت مرکزی شهر تبریز از نظر فضای سبز، از سرانه مطلوبی برخوردار نیست، طبق نقشه فضای سبز مناطق ۸ و ۱ پراکنش پایین فضای سبز و مناطق ۹ و ۲ پراکنش بالا را دارند.

۳-۱-۶- فاصله از مراکز صنعتی

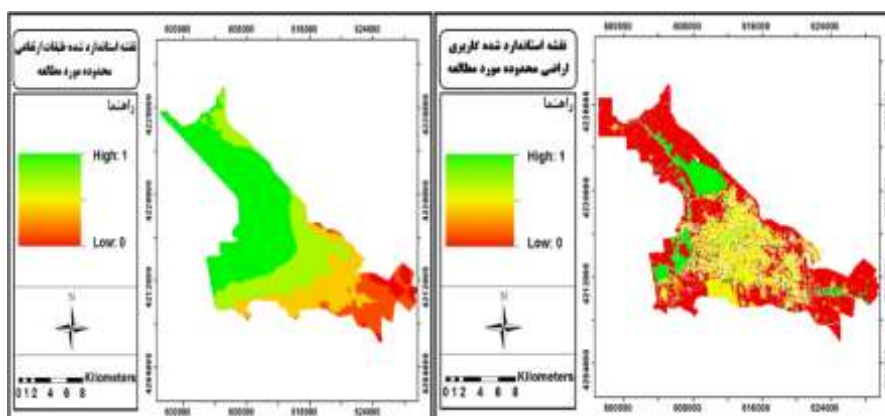
به دلیل تراکم وسائط نقلیه موتوری و تأسیسات و تجهیزات وابسته به آن در شهر تبریز، هم‌چنین مدیریت و کنترل غیر موثر و ناکافی، جزو آلوده‌ترین شهرهای کشور محسوب می‌شود. به موازات افزایش سریع تعداد وسائط نقلیه موتوری، عوارض زیست محیطی متعددی هم‌چون آلودگی هوا، گسستگی بافت را سبب شده، این وضع در نواحی جنوب غربی (محور صنعتی) و مرکزی شهر بیشتر بوده و در نتیجه به تخریب منابع و قابلیت‌های طبیعی و نیز بدمنظر شدن محیط فیزیکی شهر منجر گردیده است.

۳-۱-۷- فاصله از مراکز تجاری

بر اثر احتراق گاز بخاری‌ها و اجاق گاز آشپزخانه‌ها و بخاری‌ها انواعی از آلاینده‌ها را منتشر می‌کنند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به گاز CO ، NO ، NO_2 ، آلدئیدها، انواع گازهای آلی و ذرات معلق قابل تنفس اشاره کرد. تعداد خانوار شهر تبریز ۵۱۳۲۸۳ خانوار است، مصارف تجاری - خانگی با ۲۲/۵۹ درصد، وارونگی هوا و عوامل فرامنطقه‌ای از علل آلودگی هوای کلان‌شهر تبریز است (گزارش استانداری استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۰).

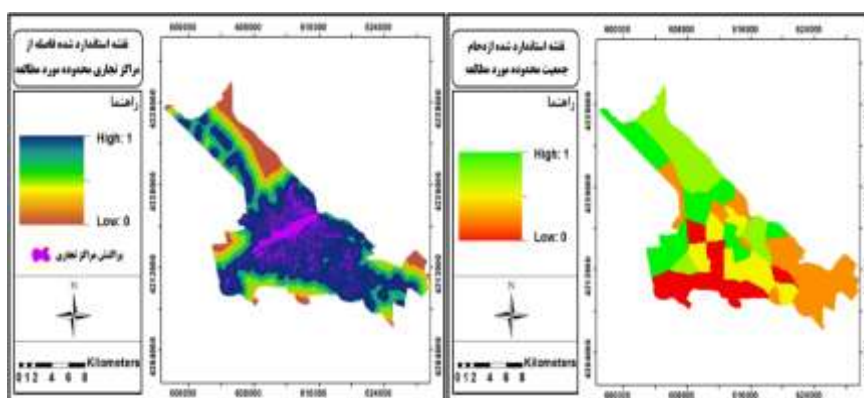
۳-۱-۸- بارش

آلودگی هوا در کلان‌شهرهایی چون تبریز می‌تواند در کاهش میزان بارندگی در فصول مختلف سال نقش بسزایی داشته باشد. مقدار این ذرات که منبع اصلی انتشار آن در هوا توسط خودروها، کارخانه‌ها هستند، در روزهای کاری هفته بیش‌تر از روزهای تعطیل است لذا ذرات ریز معلق در هوا که حاصل آلودگی هوا طی روزهای کاری است، «هسته» ابرهای فوقانی را تشکیل داده و نوعی حلقه بازخوردی به وجود می‌آورد که طی آن آلودگی‌های ایجادشده در هوا، مه درون جو را می‌راند و خود جای‌گزین آن شده و باعث کاهش میزان بارندگی می‌شود. که اثر آلودگی شهرهای پرجمعیت و آلوده، تا ده‌ها کیلومتر آن‌سوتر، در مسیر بادکشیده می‌شود و این آلودگی‌های صنعتی و شهری، می‌تواند بارش در ابرهای زودگذر و کم‌بار (کم‌عمق) را به کلی متوقف و سرکوب کند. باید گفت که آلودگی هوا نه‌تنها بر میزان بارش، بلکه بر نوع ابرهایی که در یک منطقه شکل می‌گیرد و نیز بر میزان رطوبت آن منطقه مؤثر است. اشکال ۲ تا ۹ نقشه‌ای استاندارد شده مربوط به هرک از معیارها را نشان می‌دهند.



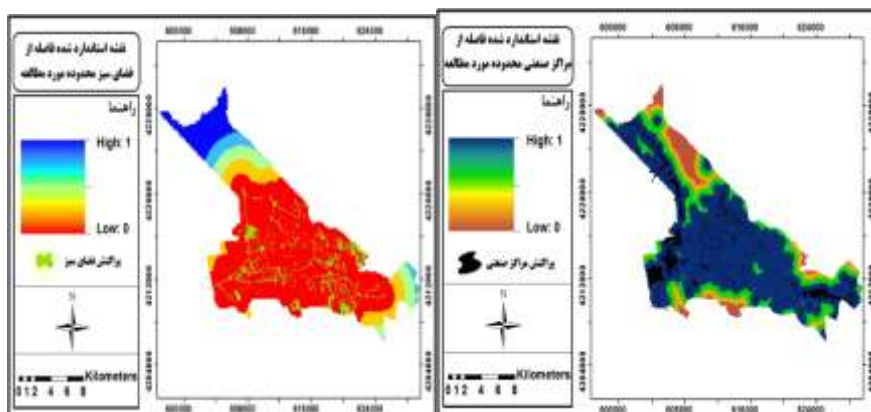
شکل ۲- نقشه استاندارد شده فازی طبقات ارتفاعی

شکل ۳- نقشه استاندارد شده فازی کاربری

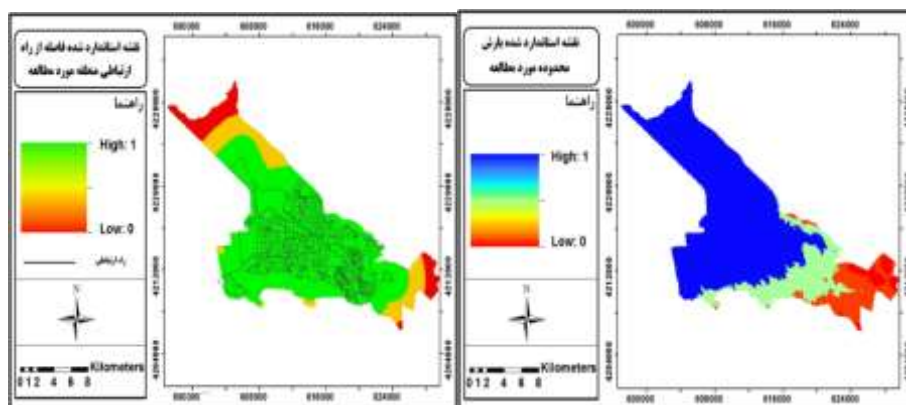


شکل ۴- نقشه استاندارد شده مراکز تجاری

شکل ۵- نقشه استاندارد شده فازی ازدحام



شکل ۶- نقشه استاندارد شده فازی فضای سبز شکل ۷- نقشه استاندارد شده مراکز صنعتی



شکل ۸- نقشه استاندارد شده فازی ارتباطی شکل ۹- نقشه سطوح همباران شهر تبریز

۳-۲- مدل ANP

۳-۲-۱- ساخت مدل ANP

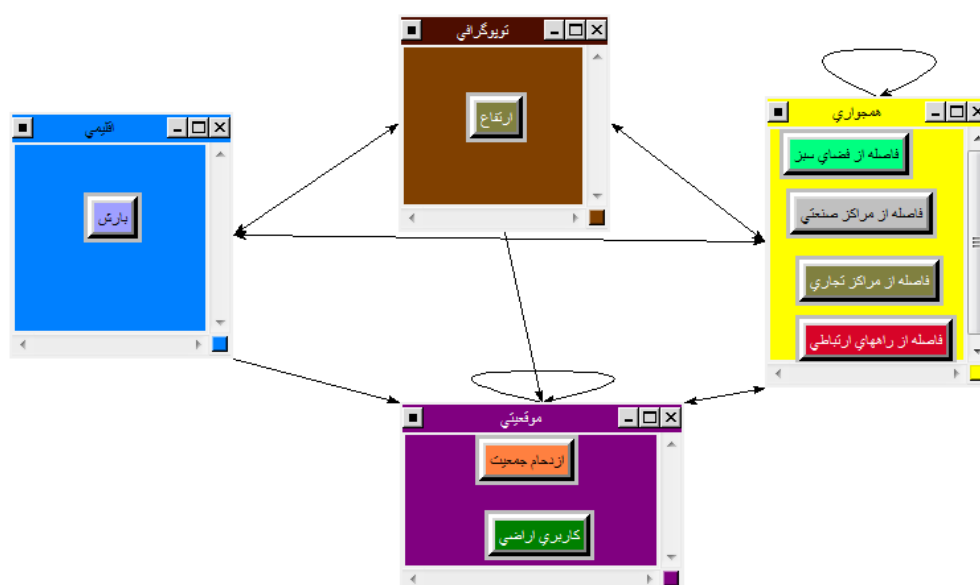
با توجه به مراحل مدل ANP اولین مرحله ساخت مدل و تهیه ماتریس روابط معیارها می باشد. در شکل شماره ۱۰، نمونه مدل را جهت پهنه بندی آلودگی، در نرم افزار Super Decisions نشان داده شده است و جدول شماره ۲ ماتریس روابط کل معیارها را نشان می دهد.

جدول ۲- ماتریس روابط کل معیارها

معیار	کاربری	راه ارتباطی	ازدحام	فضای سبز	تجاری	صنعتی	ارتفاع	بارش
کاربری	۰	۳	۲	۵	۲	۳	۲	۵
راه ارتباطی	۳	۰	۴	۴	۲	۲	۳	۴
ازدحام	۴	۳	۰	۴	۲	۲	۴	۳

ادامه جدول ۲

معیار	کاربری	راه ارتباطی	ازدحام	فضای سبز	تجاری	صنعتی	ارتفاع	بارش
فضای سبز	۱	۱	۲	۰	۳	۱	۳	۳
تجاری	۳	۲	۱	۳	۰	۲	۳	۲
صنعتی	۳	۲	۳	۵	۳	۰	۵	۵
ارتفاع	۲	۲	۱	۱	۳	۱	۰	۱
بارش	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۰



شکل ۱۰- نمای کلی از خوشه‌ها و عناصر برای بررسی پتانسیل آلاینده‌گی

سوپرماتریس وزنی مربوط به مدل در جدول شماره ۳ را نشان داده شده است. در مرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند، براساس ماتریس به دست آمده، بردار وزن عمومی مشخص می‌شود. ماتریسی که در نتیجه به توان رسیدن و ماتریس وزنی به دست می‌آید، ماتریس حدی می‌باشد.

جدول ۳- سوپرماتریس وزنی مربوط به مدل

خوشه‌ها و گروهها (معیارها و زیرمعیارها)	اقليمی		موقعیتی		همجواری				
	بارش	ارتفاع	ازدحام جمعیت	کاربری اراضی	فاصله از راههای ارتباطی	فاصله از فضای سبز	فاصله از مراکز تجاری	فاصله از مراکز صنعتی	
اقليمی	بارش	۰/۰۰	۰/۰۵۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰
توپوگرافی	ارتفاع	۰/۰۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸
موقعیتی	ازدحام	۰/۵۶۷	۰/۵۹۸	۰/۰۰	۰/۸۰۰	۰/۶۲۱	۰/۵۴۹	۰/۵۴۹	۰/۳۰۹
	کاربری	۰/۰۷۰	۰/۰۸۵	۰/۸۰۰	۰/۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۳۰۹
همجواری	فاصله راه	۰/۰۶۳	۰/۰۶۵	۰/۱۷۷	۰/۱۷۷	۰/۰۰	۰/۰۴۸	۰/۰۵۳	۰/۱۹۷
	فاصله سبز	۰/۰۲۸	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۲۸۹	۰/۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱
	فاصله تجاری	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰	۰/۰۱۳
	فاصله صنعتی	۰/۲۴۰	۰/۱۶۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۹۲	۰/۱۸۵	۰/۰۰

۳-۳- نتایج ماتریس خوشه‌ها

پس از محاسبه سوپرماتریس حدی، آخرین مرحله برای تعیین ارزش و ضریب نهایی عناصر، محاسبه نتایج ماتریس خوشه‌ها و نرمال سازی ضریب عناصر در سوپرماتریس حدی توسط ضریب خوشه‌ها می‌باشد، نتیجه مقایسات زوجی بین گروه‌ها که جدول اوزان گروه‌ها نامیده می‌شود، در جدول شماره ۴ آورده شده است.

جدول ۴- ماتریس اوزان گروه‌ها

خوشه‌ها و گروهها (معیارها و زیر معیارها)	اقليمی	توپوگرافی	موقعیتی	همجواری
اقليمی	۰/۰۰	۰/۰۵۶	۰/۰۰	۰/۰۹۰
توپوگرافی	۰/۰۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳۸
موقعیتی	۰/۶۲۷	۰/۶۸۴	۰/۸۰۰	۰/۶۱۸
همجواری	۰/۳۰۶	۰/۲۵۹	۰/۲۰۰	۰/۲۵۲

۳-۴- نتیجه نهایی عناصر

در مرحله آخر، ضرایب سوپرماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها نرمال شده و در نهایت، نتیجه نهایی عناصر و اولویت آن‌ها مشخص گردید. (جدول شماره ۵)، نتیجه نهایی مدل ANP را نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج نهایی مدل ANP جهت ارزیابی آلودگی هوا

معیارها	بارش	ارتفاع	فاصله از فضای سبز	فاصله از مراکز صنعتی	فاصله از مراکز تجاری	فاصله از راه‌های ارتباطی	ازدحام جمعیت	کاربری اراضی
وزن نهایی	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۷۳	۰/۰۶۲	۰/۰۰۴	۰/۶۵۹	۰/۵۳۹	۰/۴۶۰

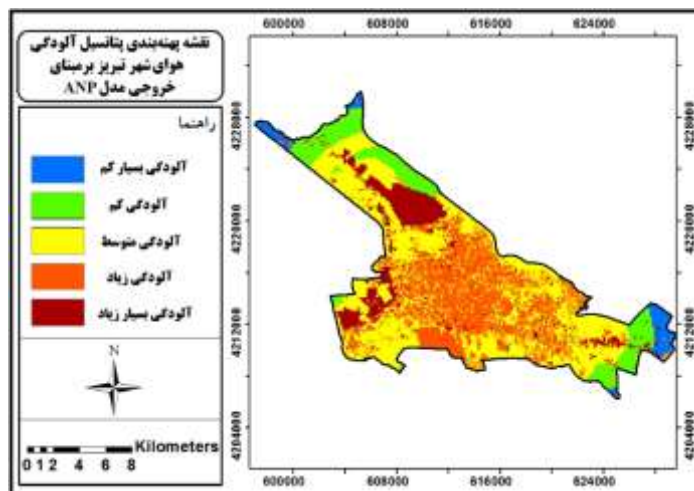
طبق نتایج مدل ANP، در بین عوامل، عامل راه‌های ارتباطی با ضریب ۰,۶۵۹، بیش‌ترین ارزش و اهمیت را برای ایجاد آلودگی دارا می‌باشد و بعد از آن، ازدحام جمعیت با ضریب ۰,۵۳۹، کاربری اراضی با ضریب ۰,۴۶۰، عناصر برتر و مهم تلقی می‌شوند. وزن‌های حاصل از روش AHP نیز در جدول شماره ۶ نمایش داده شده است. طبق نتایج مدل، به ترتیب معیارهای مراکز صنعتی، کاربری اراضی و ازدحام جمعیت بیشترین ارزش را به خود اختصاص دادند.

جدول ۶- وزن معیارهای به دست آمده در Expert choice

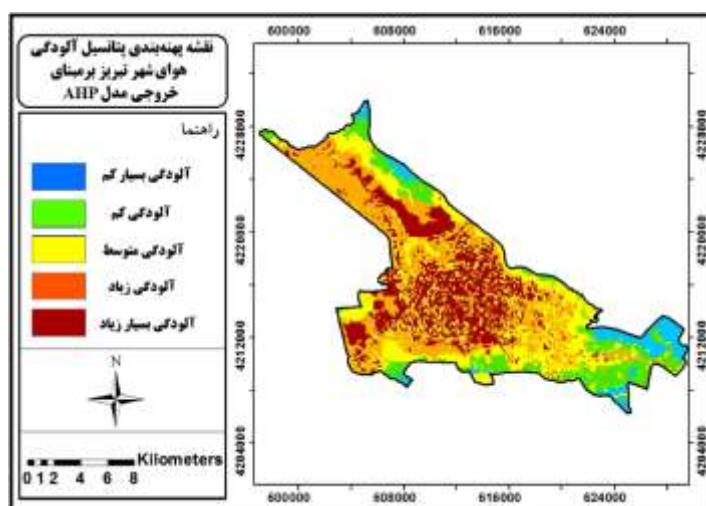
معیار	کاربری	فضای سبز	مراکز تجاری	مراکز صنعتی
وزن	۰,۱۵۶	۰,۱۱۴	۰,۱۲۷	۰,۱۶۸
معیار	راه ارتباطی	ازدحام جمعیت	ارتفاع	بارش
وزن	۰,۱۱۱	۰,۱۴۱	۰,۰۷۹	۰,۰۹۵

۳-۵- تهیه نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آلودگی

با توجه به وزن‌های حاصل از دو روش AHP و ANP و نقشه پهنه‌بندی، در نهایت، منطقه مورد مطالعه را به لحاظ میزان خطرپذیری به پنج گروه با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم طبقه بندی نمودیم (شکل شماره ۱۱). همان‌طور که نقشه بر مبنای خروجی ANP نشان می‌دهد، مناطق با آلودگی بسیار زیاد شامل مناطق شمالی و شمال‌غربی می‌باشد و مناطق با آلودگی زیاد شامل مناطق مرکزی شهر می‌باشد، مناطق کوچکی از جنوب و جنوب‌شرق با آلودگی کم می‌باشند، این در حالی است که، خروجی مدل AHP (شکل شماره ۱۲) نشان می‌دهد مناطق با خطر بسیار زیاد شامل کل مناطق مرکزی و مناطق شمالی غربی می‌باشد و منطقه با آلودگی زیاد شامل منطقه کوچکی از شمال و شمال‌غربی می‌باشد.



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آلودگی هوا بر مبنای خروجی مدل ANP



شکل ۱۲- نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آلودگی هوا بر مبنای خروجی مدل AHP

۴- جمع بندی

روند صنعتی شدن جوامع در قرن اخیر سبب بروز مشکلات زیادی از جمله پدیده آلودگی هوا شده است که این پدیده به دلیل عدم توانایی محیط در جذب آلاینده‌ها صورت می‌گیرد. در این پژوهش به مقایسه مدل‌های AHP و ANP در بررسی پتانسیل آلودگی در شهر تبریز، به‌عنوان روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته شد. در این تحقیق، از مدل ANP برای تجزیه و تحلیل اولیه روابط متقابل میان معیارها و وزن‌دهی فاکتورها با توجه به ضریب تأثیرگذاری‌شان استفاده شده است و مقایسه نتایج آن با خروجی مدل AHP بخش‌نهایی می‌باشد، در واقع این مدل جدید با ترکیب روش‌های مختلف، راه حل مؤثری را برای کمک به تصمیم‌گیری گروهی ارزیابی ارائه داد و از این

طریق وزن نهایی معیارها در قالب چندین روش به دست آمد، با توجه به نقشه نهایی مدل ANP مناطق با آلودگی بسیار زیاد شامل مناطق شمالی و شمال غربی می‌باشد، که دلیل آن وجود صنایع و کارخانه‌های شهر تبریز است که در این مناطق مستقر شدند، مناطق با آلودگی زیاد شامل مناطق مرکزی شهر می‌باشد منطقه‌ای که در طول روز با افزایش ترافیک و دود ناشی از ماشین‌ها آلاینده‌های موجود در هوای این مناطق، به اوج خود می‌رسد و شامل منطقه ۸ می‌باشد، 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. همان‌طور که نقشه سطوح ارتفاعی نیز نشان داد مناطق شمالی شهر تبریز شیب‌های تندی وجود دارد، که این موضوع در جنوب شهر نیز دیده می‌شود، قسمت‌های مرکزی و غربی شهر شیب چندانی برخوردار نبوده و هموار بوده که این عوامل به تشدید آلودگی‌ها در این مناطق دامن می‌زند، با توجه به نقشه ازدحام باید بگوییم که علی‌رغم اینکه جمعیت زیادی در قسمت‌های شمالی شهر سکونت دارند، ولی به جهت تمرکز اکثر کاربری‌های خدماتی، تجاری، در مرکز شهر ازدحام جمعیت در طول روز در مناطق مرکزی شهر، بیش‌تر شده و باعث افزایش ترافیک و تردد وسایل نقلیه، این قسمت از شهر از آلودگی بیش‌تری برخوردار می‌باشد، در حالی که نتایج مدل AHP نشان می‌دهد، مناطق با خطر بسیار زیاد شامل کل مناطق مرکزی و مناطق شمالی غربی می‌باشد و منطقه با آلودگی زیاد شامل منطقه کوچکی از شمال و شمال غربی می‌باشد، باید اذعان داشت که از بین عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی، عامل راه‌های ارتباطی با ضریب $0/659$ بیش‌ترین ارزش و اهمیت را برای ایجاد آلودگی دارا می‌باشد و بعد از آن، ازدحام جمعیت با ضریب $0/539$ کاربری ارضی با ضریب $0/460$ به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد آلودگی در منطقه می‌باشند و عامل بارش و ارتفاع با توجه به ضریب وزنی یک تأثیر چندانی بر آلودگی ندارند، در مورد عامل فضای سبز باید گفت که قسمت‌های شمال غرب و جنوب غرب، پراکنش پایین فضای سبز را دارند، بیش‌ترین پراکنش فضای سبز در قسمت‌های جنوبی می‌باشد که آلودگی آن نسبت به بقیه مناطق کم‌تر می‌باشد، پس با نتایجی که از این دو مدل به دست آمد باید بگوییم مدل ANP نسبت به مدل AHP به صورت دقیق و واقع بینانه روابط معیارها و ضریب تأثیرشان را لحاظ کرده و نتایج حاصل از خروجی مدل آن به هدف تحقیق نزدیک‌تر می‌باشد؛ بنابراین مقایسه تحقیق حاضر با مطالعات مشابه موضوعی نشان می‌دهد (نورزاده، ۱۳۸۶)، (فطرس و فتحی، ۱۳۸۹)، (ویلیامز و کرفورد، ۲۰۱۶) و بسیاری از پژوهش‌گران دیگر که در زمینه آلودگی در شهرها به بحث پرداختند ولی در هیچ‌کدام از آن‌ها مقایسه روابط معیارها و ضریب تأثیرشان لحاظ نمی‌شود که این دقت و کیفیت کار را کاهش می‌دهد و در بعضی از آن‌ها از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارائه بهتر نتایج استفاده چندانی نشده است، در کل می‌توان گفت: نتایج حاصل از این مطالعه، حاکی از پتانسیل بالای آلودگی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد، لذا مناطق با احتمال خطر بسیار زیاد و زیاد، مناطقی هستند که باید تدابیر خاص و اقدامات مناسبی برای کاهش آلودگی آن به صورت جدی صورت بگیرد، ارائه راه‌کارها و

تدابیر خاص ترافیکی، افزایش فضای سبز سطح شهری به ویژه در مناطق با آلودگی بالا می تواند تأثیر زیادی در کاهش آلودگی داشته باشد.

کتابنامه

- بیگدلی، آتوسا؛ ۱۳۸۰. تأثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران و بیماری سکت قلبی (دوره ۵ ساله ۱۹۹۰-۱۹۹۴). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال شانزدهم. شماره ۳. صفحه ۱۴۰-۱۲۶.
- دری، بهروز؛ حمزه‌ای، احسان؛ ۱۳۸۹. تعیین استراتژی پاسخ به ریسک در مدیریت ریسک به وسیله تکنیک (ANP) مطالعه موردی: پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی. دوره ۲. شماره ۴. صص ۹۲-۷۵.
- زنگی آبادی، علی؛ رخشانی نسب، حمیدرضا؛ ۱۳۸۸. تحلیل آماری - فضایی نماگرهای توسعه فضای سبز شهری (مطالعه موردی: مناطق شهری اصفهان). مجله محیط شناسی. سال سی و پنجم. شماره ۴۹. صص ۱۰۵-۱۱۶.
- زینالی، بتول؛ شکرزاده فرد، الهام؛ پیروزی، الناز؛ ۱۳۹۷. ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی هوا با استفاده از مدل ویکور. مجله مخاطرات محیط طبیعی. دوره ۷. شماره ۱۵. بهار ۱۳۹۷. صفحه ۸۸-۶۷.
- شرعی پور، زهرا؛ بیدختی، عباسعلی؛ ۱۳۸۴. بررسی آلودگی هوای شهر تهران و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی. اولین همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت. ۲۵-۱.
- شکویی، حسین؛ ۱۳۸۵. محیط زیست، شهری. انتشارات موسسه تحقیقات اجتماعی و علوم انسانی. تبریز. ۴۵ صفحه.
- فرجی سبک بار، حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کریم‌زاده، حسین؛ رحیمی، حسن؛ ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) مطالعه موردی: نواحی روستایی شهرستان قوچان. فصل‌نامه مدرس علوم انسانی. دوره ۱۴. شماره ۱. صص ۱۴۹-۱۲۷.
- فطرس، محمدحسن؛ فتحی، ابوذر؛ بی تا. شهرنشینی و آلودگی هوا در ایران. دانشگاه ابوعلی سینا همدان.
- کاظمی، خلیل‌الله؛ شاکری، مجتبی؛ رستگار، موسی؛ صیادی، سینا؛ ۱۳۹۳. آلودگی هوا و چالش‌های مدیریت شهری در کلان‌شهرها (کلانشهر مشهد). ششمین کنفرانس ملی برنامه ریزی و مدیریت شهری با تأکید بر مؤلفه‌های شهراسلامی.
- گزارش استانداری استان آذربایجان شرقی؛ ۱۳۹۰. تعداد خانوار استان آذربایجان شرقی به تفکیک شهرستان‌ها.
- مهدی زاده، جواد؛ ۱۳۹۱. تحلیل مخاطرات اقلیمی در شهر تبریز با استفاده از منطق فازی و مدل ANP پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا. دانشگاه محقق اردبیلی. اردبیل. ۱۵۲ صفحه.
- نورزاده، فرهاد؛ ۱۳۸۶. آلودگی و منابع آلاینده هوا در سطح شهر تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان.
- نیازی، حسن؛ محمدزاده، رحمت؛ ۱۳۸۹. بررسی عوارض زیست محیطی و انسانی ترافیک درون شهری تبریز. نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی (دانشگاه تبریز). صص ۱۹۱-۲۱۹.

- Alam, S., Fatima, A., 2007. Sustainable Development in Pakistan in the Context of Energy Consumption Demand and Environmental Degradation, *Journal of Asian Economics*, 18, pp.825- 837.
- Breheny, M., 2001. Densities and Sustainable Cities: the UK Experience. In: Echenique, M., Saint, A. *Cities for the New Millennium*. Spon Press, London, pp.39-51.
- Davari, H., Bolboliyan, L., 2014. Increased pollution from cars in Tabriz and increased use most of the energy, the National Conference of Architecture, Engineering and Physical Development.
- Tor H, o., Markey, j., Kathy, T., Lsaac N, L., 2015. Assessing traffic and industrial contributions to ambient nitrogen dioxide and volatile organic compounds in a low pollution urban environment, *Science of The Total Environment*, Volume 529, pp.149–157.
- Wijerane, I.K., Bijker, W., 2006. Mapping Dispersion of Urban Air Pollution with Remote Sensing, *ISPRS Technical Commission II Symposium*, Vienna, 12-14 July, PP125-130.
- Williams, T., Crawford, E., 2006. smog and Population Health: Science and Technology Division, 28 march.