

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۲۹

صفحات: ۸۸ - ۶۷

## ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی هوا با استفاده از مدل VIKOR (مطالعه موردی: شهر تبریز)

بتول زینالی<sup>۱\*</sup>، الهام شکرزاده فرد<sup>۲</sup>، الناز پیروزی<sup>۳</sup>

### چکیده

مسئله آلودگی هوا اگر یکی از حادثترین مسائل ناشی از تمدن ماشینی نباشد بدون شک از بغرنج‌ترین آن‌ها است چرا که هوا در همه جا گسترده است و در شبانه روز مصرف می‌شود. تجمع اکثر مردم در مناطق شهری و توقع استاندارد بالای زندگی با حداقل قیمت بدون توجه به محیط زیست، باعث افزایش غلظت آلودگی هوا در حد خطرناک و قابل توجه گردیده است. در حال حاضر رشد شهرها، مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه، منجر به شهرنشینی همراه با ضایعات زیست محیطی می‌شود. برای دستیابی به توسعه‌ای پایدار در شهرها، کاهش و کنترل آلودگی هوا می‌تواند از اهمیت فراوانی برخوردار باشد. در این تحقیق از هشت عامل: ازدحام جمعیت، بارش، طبقات ارتفاعی، فاصله از راه ارتباطی، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از مراکز صنعتی، کاربری اراضی به عنوان عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی هوا استفاده شده است. سپس لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. ارزش‌گذاری و استاندارد سازی نقشه‌های معیار به صورت توأم با استفاده از روش فازی انجام شد. جهت وزن‌دهی عوامل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید. نقشه پهنه‌بندی آلودگی هوا در محیط Idrisi و با استفاده از روش Vikor تهیه شد. طبق نتایج به دست آمده از مدل، جهت غرب، شمال غرب و مرکز شهر پهنه‌های آلودگی بیش‌تری دارد. بنابراین ضریب سازگاری در این مطالعه کم‌تر از ۰٫۱ بوده، همچنین با توجه به نتایج مطالعه، کارایی استفاده از تابع عضویت در مجموعه‌های فازی و مدل ویکور در پهنه‌بندی آلودگی هوا در شهر تبریز مورد تأیید قرار گرفت که با توجه به آن، استفاده از فنون تحلیل چند معیاری علاوه بر افزایش دقت، افزایش سرعت انجام کار، تنوع و کیفیت بهتر ارائه نتایج می‌گردد.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، شهر تبریز، پهنه‌بندی، مدل VIKOR.

zeynali.b@uma.ac.ir

ta\_elham.shokrzadeh@gmail.com

piroozelnaz@yahoo.com

<sup>۱</sup>- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup>- کارشناس ارشد آب و هواشناسی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۳</sup>- دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولیک، دانشگاه محقق اردبیلی

## مقدمه

ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کشور در سنوات گذشته یکی از میراث‌های ناخوشایندی است که در ابعاد و گستره وسیعی محیط زیست شهری کشور بویژه شهرهای بزرگ را متأثر نموده است. در شهرهای بزرگ تعداد روزهای همراه با گرد و غبار و آلودگی ۲٫۵ برابر بیش‌تر از تعداد همین روزها در اطراف شهر است (عسگری، ۱۳۴۸). آلودگی هوا بعنوان یکی از عمده‌ترین معضلات حال حاضر جهان در اثر رشد و توسعه بی‌رویه شهرها حادث شده است که بدون شک استقرار نامناسب و تمرکز کاربری‌های خدماتی و صنعتی در شهرهای بزرگ یکی از دلایل عمده افزایش آلودگی هوا می‌باشد. در افزایش غلظت آلودگی هوای شهرها عوامل گوناگونی مؤثر می‌باشند که در این بین عوامل مختلف جوی در انتشار و پراکندگی آلودگی‌ها نقش عمده‌ای دارند (بیگدلی، ۱۳۸۰). هم‌چنین فعالیت‌های انسانی و فرایندهای زیست محیطی از منابع آلودگی هوا هستند که در این بین تغییرات فصلی و واکنش‌های شیمیایی بر افزایش غلظت آلاینده‌ها و آلودگی هوا کمک می‌کنند (ویجرنه و بیجکر، ۲۰۰۶). افزایش شدت شهرنشینی به ترافیک متراکم‌تر، ازدحام بیش از حد و آلودگی بیش‌تر هوا منجر می‌شود (برهنی، ۲۰۰۱). در شهر تبریز به موازات افزایش سریع تعداد وسائط نقلیه موتوری، عوارض زیست محیطی متعددی هم‌چون آلودگی هوا، سروصدا، بروز تصادفات، تخریب بافت ساختمان‌ها بروز نموده است و این وضع در نواحی جنوب غربی (محور صنعتی) و مرکزی شهر بیش‌تر بوده است، در نتیجه به تخریب منابع و قابلیت‌های طبیعی و نیز بدمنظر شدن محیط فیزیکی شهر منجر گردیده است. (نیازی و محمدزاده، ۱۳۸۹). این مسأله در شهر تبریز به واسطه وجود منابع آلاینده متحرک و ثابت مانند خودروهای فرسوده و پرمصرف، ساخت و ساز بی‌رویه در سطح شهر، فعالیت واحدهای آجرپزی و آسفالت پزی اطراف شهر، کمبود فضای سبز و پارک‌های جنگلی و مراکز صنعتی مهم، از طرف دیگر استقرار صنایع در مسیر باد به عنوان یکی از هشت شهر آلوده کشور به شمار می‌رود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱). 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 زیست محیطی شهر تبریز را مسأله 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. 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 عینیت بخشی به استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در نظام پتانسیل سنجی آلاینده‌های شهری باشد. در تحقیق حاضر سعی شده است با انتخاب شهر تبریز با تاکید بر مناطق ده‌گانه آن، به عنوان محدوده مورد مطالعه، کاربرد مدل ویکور<sup>۱</sup> به عنوان یکی از فنون برجسته تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) در سطح بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در سطح شهر تبریز و آرایه الگوی مناسب در طرح و اولویت‌بندی مطلوبیت مکانی، مورد آزمون قرار گیرد. با توجه به این‌که آلودگی‌ها در شهرها و در حد فاصل کانون‌های ثقل جمعیتی (شهرها) صورت می‌گیرد، مستلزم دید منطقه‌ای است، بر همین اساس در تحقیق حاضر، مقیاس جغرافیایی

<sup>۱</sup>- Vikor

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 (کم-تر از ۸۵ نفر در هر هکتار) می‌باشد (آمارنامه شهرداری کلان‌شهر تبریز، ۱۳۹۰).

پژوهش‌های ارزنده‌ای، به ویژه در سال‌های اخیر با روش‌های مختلفی، به منظور بررسی و مطالعه آلودگی هوا در نواحی مختلف ایران و جهان، صورت گرفته است. برای مثال، عبدالکریم<sup>۱</sup> (۲۰۰۵)، در کشور نیجریه در بررسی آلودگی هوا، به این نتیجه رسیده که رشد صنعت نفت در کشور موجب افزایش انفجاری جمعیت شهرنشین شده است و شهرهای این کشور را با چالش‌های زیست محیطی جدیدی از جمله آلودگی هوا مواجه نمود و این آلاینده‌ها به وسیله عوامل مختلفی چون درجه حرارت، سرعت باد و رطوبت در فواصل ۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰، ۱۰۰ متری انتشار می‌ابند. ویلیامز و کرافورد<sup>۲</sup> (۲۰۰۶)، به بررسی منابع ایجاد آلودگی هوا پرداختند، که در آن از ن و به طور کلی علم آلودگی هوا و سلامت عمومی و همچنین قانون‌مندی آلودگی هوا در کانادا و همچنین تلاش‌های بین‌المللی در کاهش آلودگی هوا تاکید شده بود و به این نتیجه رسیدند که وسایل نقلیه موتوری عامل اصلی در آلودگی هوا می‌باشد. عالم و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر عوامل تعیین‌کننده آلودگی محیط زیست از جمله رشد جمعیت کل، شدت انرژی و رشد جمعیت شهرنشینی بر آلودگی محیط زیست در پاکستان برای سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۱ پرداخته‌اند، نتایج تخمین مدل به روش یوهانسون-یوسیلیوس گویای این است که رشد جمعیت شهرنشین دارای تأثیر مثبت بر آلودگی محیط زیست بوده است. اون جان و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) پژوهشی که با استفاده از شش معیار آلاینده هوا در ۳۱ شهرستان مرکز چین در طول ۲۰۱۳-۲۰۱۴ انجام شده است، طبق نتایج، غلظت سالانه PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>10</sub> بیش از استاندارد کیفیت هوا می‌باشد، میزان SO<sub>2</sub>، CO، PM<sub>10</sub> در شهرستان‌های واقع در منطقه شمالی بیش‌تر از مناطق غرب و جنوب شرق بوده است، روزهایی که آلودگی کم‌تر مشاهده شده در زمستان بوده، اما روز آلودگی بالا در منطقه جنوب شرق در طول پاییز و منطقه غرب در طول بهار بوده است، PM<sub>2.5</sub> بیش‌ترین آلوده‌کننده در چین و به دنبال آن O<sub>3</sub> و PM<sub>10</sub> می‌باشد. در ایران احمدی و حبیبی (۱۳۸۷)، در پژوهشی تحت عنوان توسعه پایدار شهری با تاکید بر حرکت پیاده در آسیا به بررسی آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه پرداخته‌اند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> با افزایش استفاده از وسایل نقلیه موتوری در بخش حمل و نقل افزایش یافته است. محمدی (۱۳۹۰)، در بررسی آلودگی هوای شهرها نشان داد که: آلودگی هوا در سطح شهرها نتیجه ۳ عامل عمده، موقعیت طبیعی شهر، منابع آلاینده و شرایط جوی و اقلیمی است. دمای شهرهای آلوده نیز به دلایل مختلف از جمله مصرف بالای انرژی و همچنین در دام افتادن آلودگی‌های موجود در سطح شهر و به علت وارونگی دما و ایجاد جزیره گرمایی شهر، در مقایسه با دمای حومه، خود افزایشی را نشان داده است، به طوری که هر چه رشد شهری و افزایش جمعیت آن همراه با مصرف بالای انرژی بیش‌تر باشد، این اختلاف

<sup>1</sup>- Abdol karim

<sup>2</sup>- Wilyamz & Keraford

<sup>3</sup>- Alem et al.

<sup>4</sup>- Un gana et al.

دما اهمیت بیش‌تری دارد و اغلب بیشینه آن در مراکز شهری دیده می‌شود. شکرزاده فرد (۱۳۹۳)، با استفاده از روش الکترا<sup>۱</sup> آلودگی هوای شهر تبریز را در مناطق ده‌گانه آن رتبه بندی کرد که نتایج تحقیق نشان داد بیش‌ترین آلودگی در مناطق ۶ و ۸ تبریز بوده، که این آلودگی ناشی از موقعیت صنایع و قرارگیری منطقه ۸ در مرکز شهر بوده که بیش‌ترین رفت و آمد اتومبیل‌ها در طول روز در این منطقه صورت می‌گیرد. 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 عامل انسانی را بیش‌تر از عوامل طبیعی دخیل می‌داند، با وجود این، خلاء پژوهش‌ها را می‌توان در استفاده از فنون تحلیل چند معیاری در پهنه‌بندی مناطق آلوده دید. بر همین اساس، تحقیق حاضر را می‌توان به عنوان گامی در جهت پرکردن خلاء مذکور در نظر گرفت که طی آن قابلیت‌های مدل ویکور در پهنه‌بندی مناطق آلوده و دامنه‌ی ارزشی حاصل از مدل‌های فوق در سطح‌بندی پتانسیل آلودگی هوای شهر تبریز مشخص می‌شود.

## داده‌ها و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا عوامل مؤثر در آلودگی هوای شهر تبریز (شامل: کاربری اراضی، فاصله از مراکز صنعتی، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از فضای سبز، فاصله از راه ارتباطی، طبقات ارتفاعی، بارش، ازدحام جمعیت) شناسایی شد. بدین منظور، داده‌هایی که در تحقیق حاضر به کار گرفته شده‌اند، مشتمل بر گزارش‌ها، آمار، جداول و آرشیوهای اطلاعاتی مربوط به معیارها هستند که در تعیین مطلوبیت و عدم مطلوبیت مناطق در آلودگی هوا به کار گرفته شدند. 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 بدست آمده است. معیارهای انتخابی مطابق با جدول (۱) می‌باشد. یک معیار<sup>۲</sup>، استاندارد برای قضاوت و یا قاعده‌ای برای آزمون میزان مطلوبیت گزینه‌های تصمیم‌گیری به حساب می‌آید و از نقشه‌هایی که معرف تغییرات صورت وضعیت و مقادیر معیار در فضای جغرافیایی هستند تحت عنوان نقشه‌های معیار یاد می‌شود (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۱۵۵). در ماتریس معیارهای ارزیابی، هر  $z_j$  معرف صورت وضعیت پیکسل  $i$  (سلول تشکیل دهنده نقشه رستری از محدوده مورد مطالعه) است که به ازاء وضعیت ثبت شده از معیار  $(z_j)$ ، تعیین شده است. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر معیار با رقوم‌سازی در محیط GIS تهیه شد. بدین منظور، از نقشه پایه شهر در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰، نقشه رقومی شده کاربری‌های شهری در وضعیت موجود و نقشه رقومی شده کارگاه‌های صنعتی، مناطق تجاری، فضای سبز، ازدحام جمعیت و شبکه ارتباطی به عنوان مواد پایه استفاده شد و با استخراج لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از معیارهای مطرح در سطح‌بندی آلودگی هوا از روی نقشه‌های رقومی شده،

<sup>۱</sup>- ELECTRE

<sup>۲</sup>- Criterion

لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در فرآیند تحلیل آماده شدند. هم‌چنین جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به بارش از داده‌ها و آمارنامه‌های اقلیمی و گزارش‌های مربوط به منشاء آلودگی شهر تبریز استفاده شد.

جدول ۱: ماتریس معیارهای مطرح در آلاینده‌ی هوای شهر تبریز

معیار پیکسل	ازدحام جمعیت	بارش	طبقات ارتفاعی	فاصله از راه ارتباطی	فاصله از فضای سبز	فاصله از مراکز تجاری	فاصله از مراکز صنعتی	کاربری اراضی
پیکسل ۱	x11	X12	X13	X14	X15	...	...	X1n
پیکسل ۲	X21	x22	X23	X24	X25	...	...	X2n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
پیکسل m	Xm1	Xm2	Xm3	Xm4	Xm5	...	...	Xmn

ارزش‌گذاری و استانداردسازی دامنه تغییرات قالب‌بندی مجدد ارزش‌ها در چارچوب صورت وضعیت مترتب بر عضویت در مجموعه را نیز می‌توان به عنوان وجهی از فرایند استانداردسازی معیارهای ارزیابی تلقی کرد ثبت شده از معیارها: (مالچفسکی<sup>۱</sup>، ۱۳۸۵). در این تحقیق ارزش‌گذاری و استانداردسازی معیارها رابه صورت توأم با استفاده از تابع عضویت در مجموعه‌های فازی استفاده شده است. در تحقیق حاضر با استفاده از امکاناتی که در تابع فازی<sup>۲</sup> از نرم افزار IDRISI Kilimanjaro وجود دارد برای استانداردسازی نقشه‌هایی که به صورت نقشه‌های معیار تهیه شده‌اند به تناسب، از توابع عضویت Sigmoidal و linear استفاده شده و قالب‌هایی چون عضویت افزایشی به صورت یکنواخت، کاهشی به صورت یکنواخت و سایمتریک مورد نظر بوده است.

در تحقیق حاضر برای تعیین وزن معیارها، از روش مقایسه‌ای دو بدو که در ذیل روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده به عمل آمد. در این روش، تا اندازه زیادی از پیچیدگی مفهومی مطرح در تصمیم‌گیری کاسته می‌شود، زیرا در هر زمان معین تنها دو مؤلفه، مورد توجه قرار می‌گیرند. یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین اهمیت معیارها و زیر معیارها می‌باشد. به عبارت دیگر در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها، مقدار سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است. چون وقتی که اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شوند، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس سنج‌ای را باید یافت که میزان ناهماهنگی‌ها را مشخص سازد چنانچه مقدار ضریب سازگاری<sup>۳</sup> CR مساوی یا کوچکتر از ۰/۱ باشد نشان دهنده این است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها رعایت شده است

<sup>1</sup>- Malchefski

<sup>2</sup>- FUZZY

<sup>3</sup>- Consistency Index

(مالچفسکی<sup>۱</sup>، ۱۳۸۵). محاسبه ضریب پایداری در کار تحقیقی حاضر نشان داد که این ضریب در مطالعه حاضر کم‌تر از ۰/۱ و در حد قابل قبول می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲: 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

### تشریح مدل ویکور

این روش مبتنی بر برنامه ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است (چن و وانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹). در شرایطی که فرد تصمیم گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری‌های یک مسأله در زمان شروع و طراحی آن نیست، این روش می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری مطرح شود (عطائی، ۱۳۸۹). اگر در یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره،  $m$  معیار و  $n$  گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از این روش، مراحل الگوریتم پیاده سازی فازی ویکور دارای گام‌های زیر است (آپروچ و تزنگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶).

مرحله اول: اولین قدم در ارزیابی چند معیاری، تعریف معیارها و ایجاد ماتریس به صورت (رابطه ۱) است.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{22} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

مرحله دوم: استاندارد سازی ماتریس تصمیم می‌باشد (رابطه ۲).

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \dots & \dots \\ f_{m1} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مرحله سوم: تعیین بردار وزن معیار است. در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، برداری به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود.

<sup>۱</sup>- Malchefeski

<sup>۲</sup>- Chen & Wang

<sup>۳</sup>- Opricovic & Tzeng

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad \text{رابطه (۳)}$$

مرحله چهارم: تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار می‌باشد. بهترین مقدار  $(f_j^*)$  و بدترین مقدار  $(f_j^-)$  برای معیارها به ترتیب از روابط (۴ و ۵) محاسبه می‌شوند. در این مطالعه بهترین مقدار برای معیارها با توجه به نقشه استاندارد شده فازی ۲۵۵ و بدترین مقدار صفر در نظر گرفته شد.

$$f_j^* = \max_i f_{ij} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$f_j^- = \min_i f_{ij} \quad \text{رابطه (۵)}$$

مرحله پنجم: محاسبه مقدار سودمندی یا حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R) می‌باشد. در این مرحله مقدار S با توجه به رابطه (۶) و R با توجه به رابطه (۷) محاسبه می‌شوند:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$R_i = \max \left\{ w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که  $w_j$  مقدار وزن مواد برای معیار  $f_{ij}$  هر نقشه معیار می‌باشد.

مرحله ششم: محاسبه شاخص VIKOR (مقدار Q) می‌باشد. مقدار Q با توجه به رابطه (۸) محاسبه می‌شود:

$$Q_i = v \left[ \frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - v) \left[ \frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad \text{رابطه (۸)}$$

در معادله فوق  $S^- = \min S_i$ ,  $S^* = \max S_i$ ,  $R^- = \min R_i$ ,  $R^* = \max R_i$  می‌باشد.

مرحله هفتم: مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر R، S و Q است. در این مرحله با توجه به مقادیر R، S و Q گزینه‌ها در سه گروه از کوچک‌تر به بزرگ‌تر مرتب می‌شوند و در آخر گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که در هر سه گروه به عنوان گزینه برتر شناخته شود.

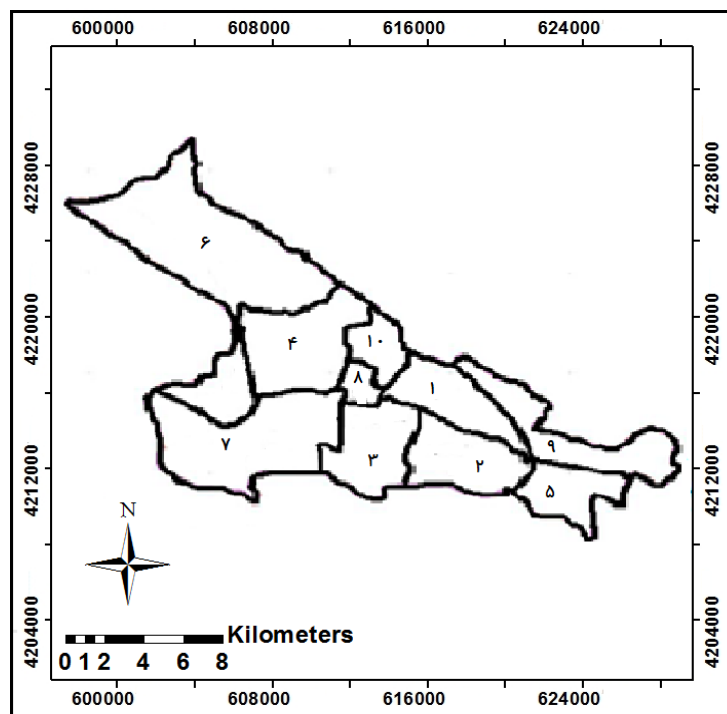
در نهایت می‌توان گفت بر اساس روش ویکور، بهترین گزینه، گزینه‌ای است که به طور همزمان، نزدیک‌ترین واحد به نقطه‌ی ایده‌آل و دورترین واحد از نقطه متصف به شرایط نامطلوب باشد. از امتیازهای مهم این روش آن است که به طور همزمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده کرد. با این حال لازم است در این مدل هنگام محاسبات ریاضی، تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمی باشند و در صورت کیفی بودن نسبت داده شده به معیارها، می‌باید آن‌ها را به مقادیر کمی تبدیل کرد. یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های روش‌های مبتنی بر فاصله از نقطه‌ی ایده‌آل در این است که به تناسب گستردگی معیارهای در نظر گرفته شده، رتبه‌بندی و اطلاعات قابل توجهی را در مورد فاصله نسبی هر گزینه نسبت به نقطه‌ی ایده‌آل در اختیار کاربر قرار می‌دهد. بنابراین معضل

منتج از پیش فرض استقلال گزینه‌ها که در روش‌هایی چون AHP وجود دارد، مرتفع می‌شود. زیرا هر گزینه (پیکسل) در کلیت خود و در ماحصل ارزش‌های منبعث از مجموعه صفات، یک صورت وضعیت کسب می‌کند که با صورت وضعیت ایده‌آل مقایسه می‌شود. مثال ملموس‌تر این قضیه را می‌توان در رابطه با شخصیت یک فرد مطرح کرد که می‌تواند با یک شخصیت ایده‌آل مقایسه شود. در این شرایط با ماحصل مجموعه‌ای از صفات مختلف که در قالب یک شخصیت عینیت یافته روبرو هست و شخصیت به صورت یک کل با شخصیت ایده‌آل به منزله‌ی یک کل مقایسه می‌شود. بنابراین وابستگی متقابل پیچیده در بین صفات معضلی ایجاد نمی‌کند.

### نتایج و بحث

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 بشرح ذیل طبقه‌بندی نمود:

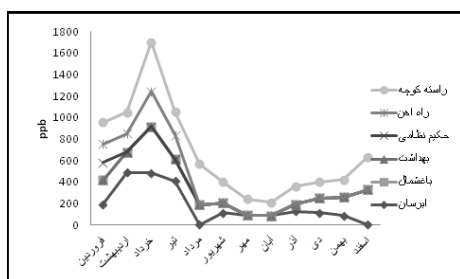
- ۱- ایستگاه آبرسان (مستقر در اداره کل): ایستگاه ترافیکی / مسکونی بوده که متأثر از تردد خودروها می‌باشد.
- ۲- ایستگاه میدان نماز (مستقر در اول راسته کوچه): ایستگاهی که در مرکز شهر واقع گردیده و ایستگاهی ترافیکی / تجاری محسوب می‌گردد.
- ۳- ایستگاه حکیم نظامی (مستقر در میدان حکیم نظامی): ایستگاهی مسکونی / تجاری است.
- ۴- ایستگاه باغ‌شمال (مستقر در چهار راه باغ‌شمال): ایستگاه ترافیکی محسوب می‌گردد.
- ۵- راه آهن (مستقر در محوطه اداره کل راه آهن): بعنوان ایستگاهی مسکونی / صنعتی می‌توان از آن نام برد.
- ۶- ایستگاه بهداشت (مستقر در محوطه مرکز بهداشت استان): بعنوان ایستگاهی مسکونی می‌توان از آن نام برد (گزارش مرکز پایش آلودگی هوا، ۱۳۸۷). شکل (۱)، موقعیت ایستگاه‌های آلودگی را نشان می‌دهد.



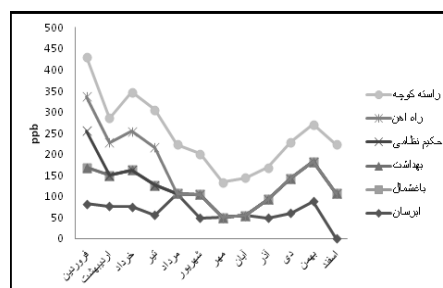
شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های آلودگی هوا در شهر تبریز

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌های مختلف در طول سال ۹۱ را برحسب نوع پارامتر آلاینده هوا مورد بحث قرار می‌دهیم: 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 ۲ و ۳). 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. در اکثر ماه‌ها تمامی ایستگاه‌ها از نظر آلاینده‌ی ذرات در شرایط ناسالم، براساس شاخص آلودگی هوا (PSI) قرار دارند، بطوری‌که در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر در ایستگاه‌های راه آهن، آبرسان، راسته کوچ به شرایط اضطراری رسیده است. همان‌طوری‌که شکل (۵ و ۴) نشان می‌دهد تغییرات میانگین ماهانه غلظت CO در ایستگاه‌های پایش نشان دهنده‌ی این است که اکثر ایستگاه‌ها در شرایط ناسالم قرار دارند. بطوری‌که در ماه‌های آذر، دی، شهریور در ایستگاه‌های آبرسان و باغ‌شمال، راه آهن آلودگی بیش از استاندارد مجاز می‌باشد. بیش‌ترین میزان منوکسید کربن 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 می‌گردد. شکل (۷ و ۶) تجزیه و تحلیل آمار و مقایسه میانگین و غلظت بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته SO<sub>2</sub> ایستگاه‌های مختلف شهر با شاخص آلودگی هوا حاکی از آنست 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>

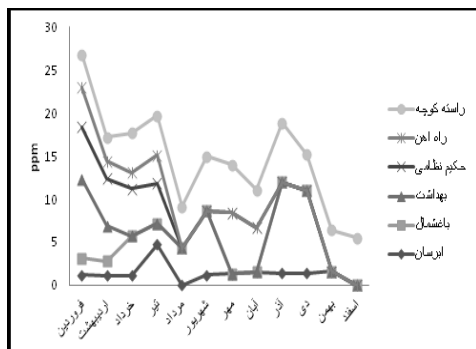
در ایستگاه‌های موجود حاکی از آنست که تنها ایستگاه راسته کوچه در تیر ماه در شرایط ناسالمی قرار داشته و این شاید به دلیل ترافیک بالا در محدوده ی بازار باشد. در بقیه ایستگاه‌ها مشکل خاصی از لحاظ آلودگی نبوده است شکل (۹و۸). بررسی آمار تغییرات میانگین ماهانه و بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته غلظت NO<sub>2</sub> و مقایسه آن با شاخص آلودگی هوا (PSI) آلاینده‌گی خاص نسبت به NO<sub>2</sub> در طول سال ۹۱ نشان نمی‌دهد. (شکل ۱۰ و ۱۱) بررسی آمار ماه-های پایش سال ۹۱ در خصوص O<sub>3</sub> نشان می‌دهد که مقادیر میانگین ماهانه در مقایسه با شاخص استاندارد (PSI) در شرایط سالم می‌باشد. اگرچه بیش‌ترین میزان ماهانه در ایستگاه میدان نماز به حد غیر مجاز نزدیک‌تر می‌شود.



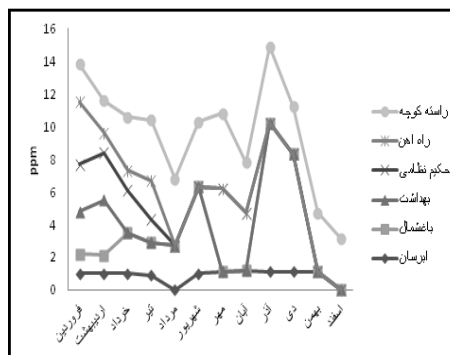
شکل ۳: نمودار تغییرات ماهانه بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته



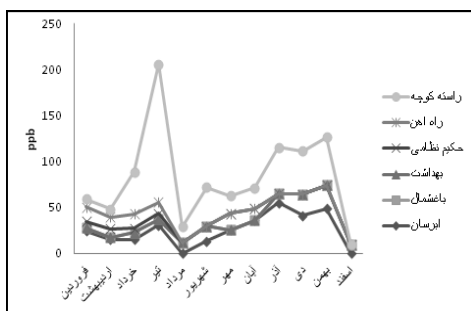
شکل ۲: نمودار تغییرات میانگین ماهانه



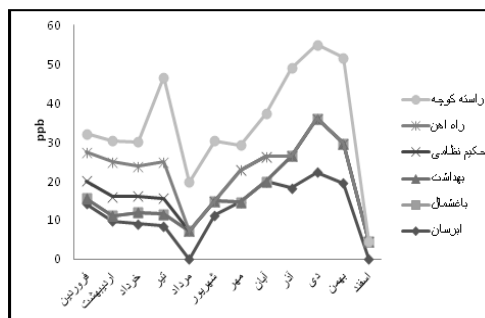
شکل ۵: نمودار تغییرات ماهانه بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته غلظت



شکل ۴: نمودار تغییرات میانگین ماهانه غلظت



شکل ۷: نمودار تغییرات ماهانه بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته

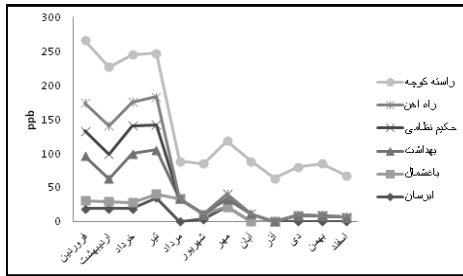


شکل ۶: نمودار تغییرات میانگین ماهانه غلظت

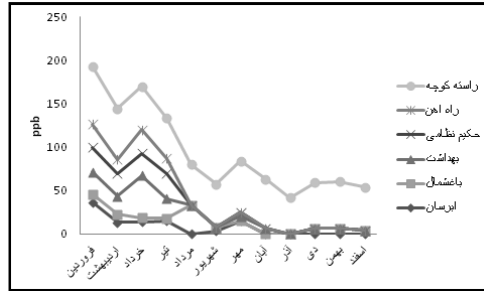
نام  
آلاینده  
Pm10

Co

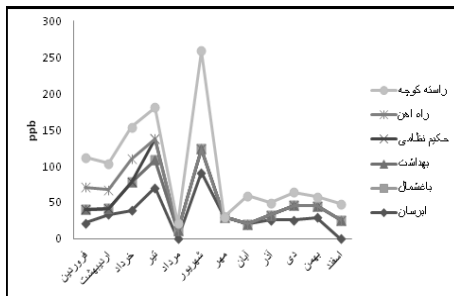
So2



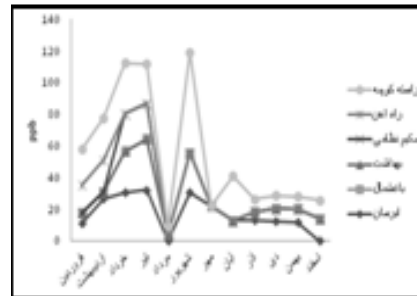
شکل ۹: نمودار تغییرات ماهانه بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته



شکل ۸: نمودار تغییرات میانگین ماهانه غلظت

NO<sub>2</sub>

شکل ۱۱: نمودار تغییرات ماهانه بیش‌ترین میزان ۲۴ ساعته غلظت



شکل ۱۰: نمودار تغییرات میانگین ماهانه غلظت

O<sub>3</sub>

### بررسی معیارهای مورد مطالعه

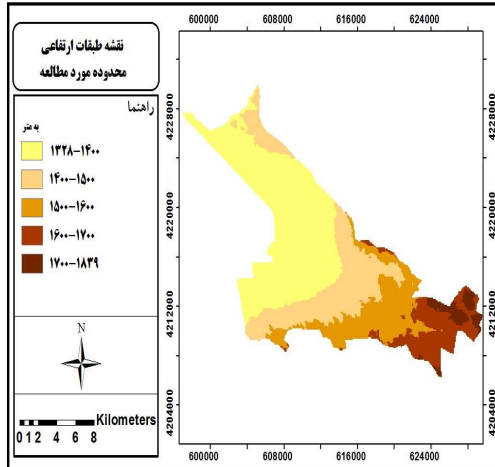
**توپوگرافی و ارتفاع:** شهر تبریز به علت توپوگرافی خاص خود از طرف شمال به ناهمواری‌های کوه‌های سرخ فام عون بن علی، از طرف جنوب به پیش کوه‌های سهند، از غرب به دشت تبریز (استقرار کمربند صنایع) و از شرق به کوه‌های ساری داغ و بیلان کوه محصور شده است (شکل ۱۲). بنابراین این شهر مثل یک گودال در سه جهت شمال، 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.

**کاربری اراضی:** می‌توان اذعان داشت که ریشه‌ای‌ترین و مهم‌ترین ابزار کرائی و کنترل آلودگی شهرها و ترافیک شهری توجه اصولی به کمیت و کیفیت توزیع و ترکیب منطقی کاربری‌ها می‌باشد. (مهندسين مشاور سبزینه راه، ۱۳۸۰). با توجه به شکل (۱۳) 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 ۳ و ۲ (تجاری، آموزشی و تأسیسات و تجهیزات شهری) می‌باشد.

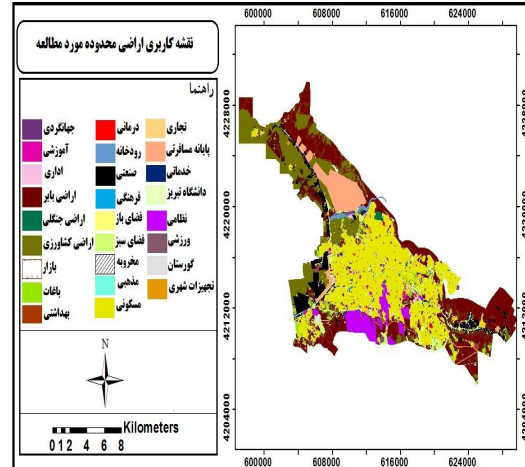
**فاصله از راه‌های ارتباطی:** از اقدامات مهم در آلودگی ترافیک درون شهری تبریز و در نتیجه آلودگی هوا، به ویژه در بخش مرکزی آن، تقویت کنارگذرها و مسیرهای کمربندی داخلی می‌باشد. به علت ضعف عملکردی این نوع مسیرها

در شهر تبریز به ویژه 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 به صورت 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. (شکل ۱۴).

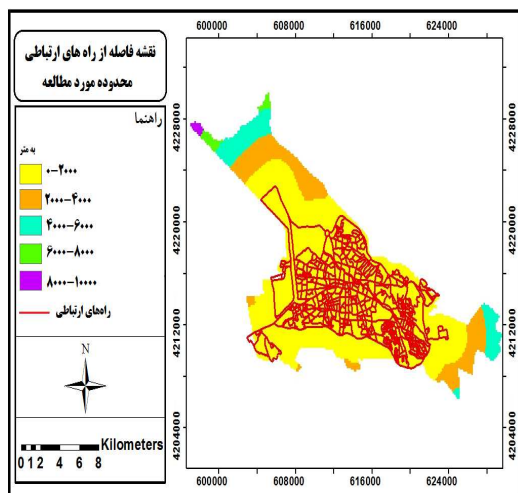
**تراکم جمعیت:** جدا از آلودگی‌هایی که در تبریز ناشی از استقرار صنایع در آن می‌باشد درصد بیش‌تری از آلودگی‌ها را مناطقی شامل می‌شود که در مرکز شهر قرار دارند زیرا این مرکز جمعیت زیادی را در طول ساعات روز به سمت خود جذب می‌کند که بار ترافیکی سنگینی را ایجاد می‌کند و این مسئله همراه با سایر عوامل سبب تشدید آلودگی هوای این مناطق از شهر می‌شوند که از جمله این مناطق، منطقه ۸ شهرداری می‌باشد. پس، با توجه به بررسی انجام شده در خصوص حجم جمعیت و تاثیر آن بر آلودگی‌ها، می‌توان گفت: ساکنان مناطق مرکزی شهر و مناطق همجوار (مناطق حاشیه نشین ۴،۶،۷،۸) با حجم بالای جمعیت علاوه بر این‌که در معرض انواع آلاینده‌های هوا قرار دارند، سبب تشدید آلودگی هوا می‌شوند (شکل ۱۵).



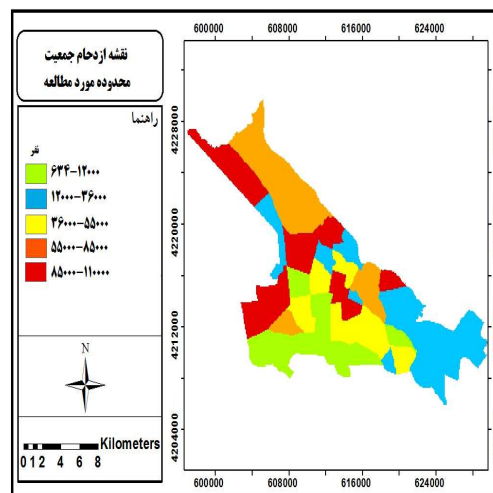
شکل ۱۳: نقشه سطوح ارتفاعی شهر تبریز



شکل ۱۴: نقشه کاربری اراضی شهر تبریز



شکل ۱۵: نقشه راه‌های ارتباطی شهر تبریز



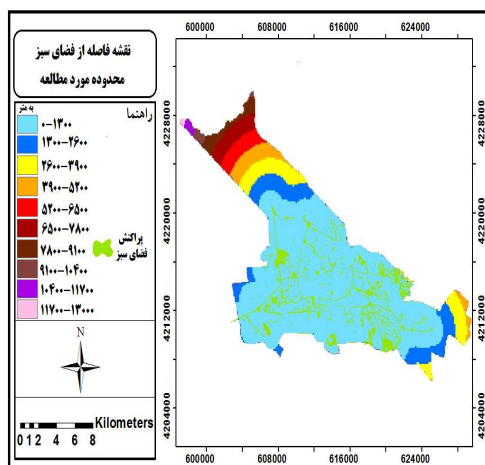
شکل ۱۴: نقشه ازدحام جمعیت شهر تبریز

**فضای سبز:** فضای سبز به عنوان 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، شکل (۱۶) نقشه فضای سبز شهر تبریز را نشان می‌دهد. مناطق ۸ و ۱ پراکنش پایین فضای سبز و مناطق ۹ و ۲ پراکنش بالا را دارند. براساس بررسی‌های به عمل آمده فضای سبز تبریز، اعم از پارک‌های عمومی، فضای سبز میادین، حاشیه خیابان‌ها، انبوه کاری‌ها 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 به لحاظ جمعیت ۱۴۱۴۴۲۵ نفر در سال ۱۳۹۰، سرانه فضای سبز با اعمال پارک‌های بزرگ شهری مانند ائل گلی، ائل باغی ۱۵/۱۲ متر مربع می‌باشد (سالنامه آماری شهرداری تبریز، ۱۳۹۰).

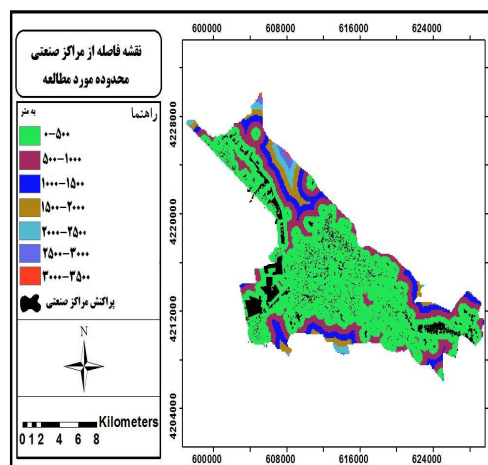
**فاصله از مراکز صنعتی:** به دلیل تراکم وسائط نقلیه موتوری و تأسیسات و تجهیزات وابسته به آن در شهر تبریز، هم‌چنین مدیریت و کنترل غیر موثر و ناکافی، جزو آلوده‌ترین شهرهای کشور محسوب می‌شود. به موازات افزایش سریع تعداد وسائط نقلیه موتوری، عوارض زیست محیطی متعددی هم‌چون آلودگی هوا، گسستگی بافت را سبب شده، این وضع در نواحی جنوب غربی (محور صنعتی) و مرکزی شهر بیشتر بوده و در نتیجه به تخریب منابع و قابلیت‌های طبیعی و نیز بد منظر شدن محیط فیزیکی شهر منجر گردیده است شکل (۱۷).

**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 (استاندارد آذربایجان شرقی، ۱۳۹۰) شکل (۱۸).

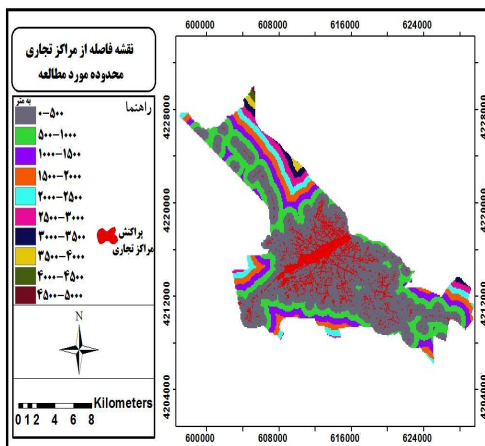
بارش: آلودگی هوا در کلان‌شهرهایی چون تبریز می‌تواند در کاهش میزان بارندگی در فصول مختلف سال نقش بسزایی داشته باشد. مقدار این ذرات که منبع اصلی انتشار آن در هوا توسط خودروها، کارخانه‌ها هستند، در روزهای کاری هفته بیش‌تر از روزهای تعطیل است لذا ذرات ریز معلق در هوا که حاصل آلودگی هوا طی روزهای کاری است، «هسته» ابرهای فوقانی را تشکیل داده و نوعی حلقه بازخوردی به وجود می‌آورد که طی آن آلودگی‌های ایجاد شده 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 باد کشیده 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 نه تنها بر میزان بارش، بلکه بر نوع ابرهایی که در یک منطقه شکل می‌گیرد و نیز بر میزان رطوبت آن منطقه موثر است. شکل (۱۹).



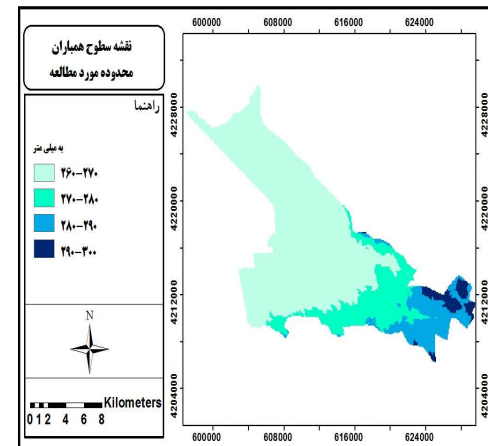
شکل ۱۷: نقشه فاصله از فضای سبز شهر تبریز



شکل ۱۶: نقشه فاصله از مراکز صنعتی شهر تبریز

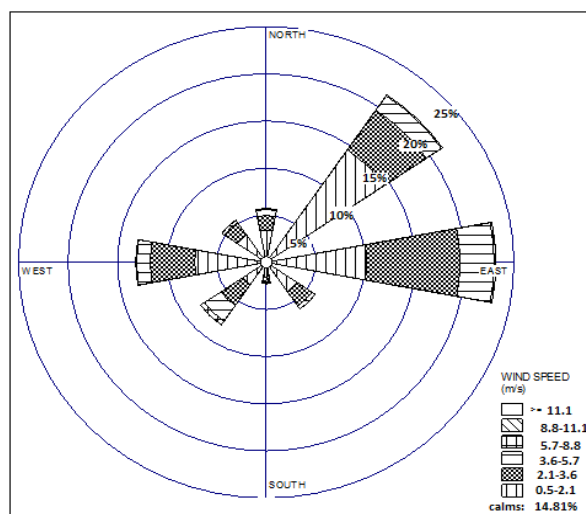


شکل ۱۹: نقشه فاصله از مراکز تجاری شهر تبریز



شکل ۱۸: نقشه سطوح همباران شهر تبریز

باد: عنصر اقلیمی باد، عامل اصلی انتشار و پخش ریزگردها و آلاینده‌های صنعتی به شهر است. اگر باد به طور مداوم در یک جهت بوزد (باد غالب)، پدیده‌های مذکور (فرسایش‌های غالب) در آن جهت انتقال می‌یابد (خلیل‌وند، ۱۳۸۹). برای نشان دادن جهت جریان در فصول مختلف، گلباد سالانه (سال ۹۱)، این شهر رسم گردیده (شکل ۲۰)، جهت باد غالب در منطقه شمال شرقی و شرقی می‌باشد که ۱۴٫۸۱ درصد بادها آرام و ۸۵٫۱۹ درصد بادها دارای سمت و سرعت می‌باشد که با توجه به نتایج پژوهش در خصوص تاثیرگذاری سرعت باد بر آلودگی شهر تبریز، می‌توان گفت: بهترین محل برای ایجاد صنایع آلوده کننده در اطراف شهرها، ناحیه پشت به باد آنهاست، پس با توجه به این که 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 این که بادهای غالب فصول سرد سال غربی و جنوب غربی می‌باشد و با سرعت بیشتر، آلاینده‌های انتشار یافته صنایع محور غربی (منطقه ۷) را به طرف مرکز شهر هدایت می‌کند و در نتیجه موجب افزایش غلظت آلودگی هوا در طول سال در بافت مرکزی و تاریخی شهر می‌گردد.

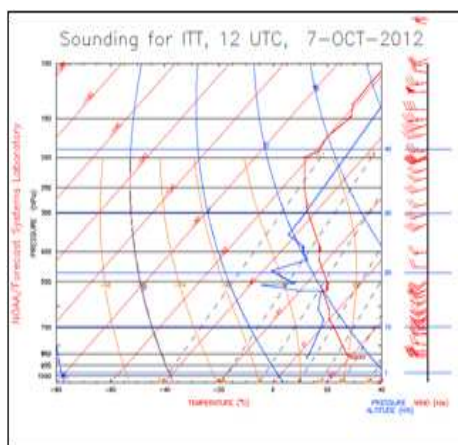


شکل ۲۰: گلباد سالانه شهر تبریز (۱۳۹۱)

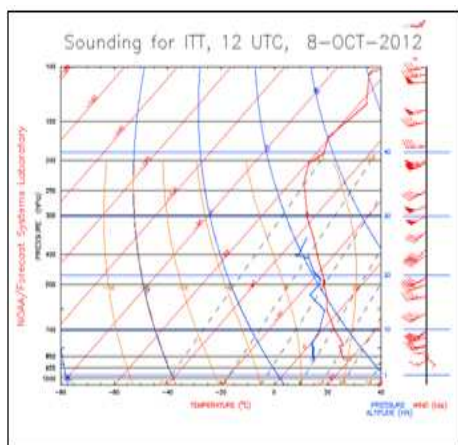
وارونگی دمایی (اینورژن): وقوع اینورژن در شهر تبریز به دلیل شرایط توپوگرافی و استقرار توده‌های پرفشار که در فصول سرد از عرض‌های بالاتر به این منطقه می‌آیند، شرایط جغرافیایی و غیره متاثر می‌گردد. برای نشان دادن وارونگی هوا و وقوع آن در شهر تبریز، نمودارهای تغییرات دما با ارتفاع<sup>۱</sup>، سال ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفتند،

<sup>۱</sup>- Skew-T

براساس نتایج آن شدت وارونگی ها در دوره سرد سال بیش تر از دوره گرم سال است. که در اینجا به دلیل کثرت نمودارها، از دو نمودار که وارونگی در آن توأم با آلودگی و تشکیل مه دود بوده را انتخاب کردیم. شکل (۲۱) وارونگی دما در سطح ۹۰۰ هکتوپاسکال وجود دارد، عمق وارونگی در این روز حدود ۸۰۰ متر است. افزایش دما ۲۰ درجه به ازای 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 می باشد. از سطح ۵۰۰ تا ۵۵۰ هکتوپاسکال وارونگی دیگری وجود دارد که روند افزایش دما در آن ۱۰ درجه می باشد. از سطح ۴۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال دما به تدریج کاهش پیدا می کند. شکل (۲۲) در سطح ۹۰۰ هکتوپاسکال وارونگی دما وجود دارد به تدریج دما کاهش پیدا کرده دوباره در سطح ۷۵۰ هکتوپاسکال دما افزایش پیدا می کند. یعنی در ارتفاع ۲۰۰۰ متری دما ۱۰ درجه افزایش پیدا می کند. و از ارتفاع ۷۰۰ هکتوپاسکال تا ۲۰۰ هکتوپاسکال دما کاهش می کند.



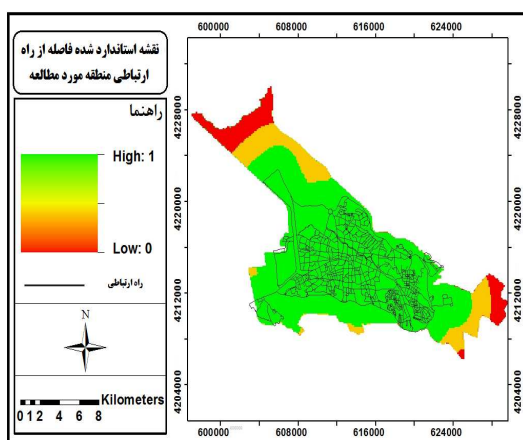
شکل ۲۱: نمودار تغییرات دما با ارتفاع شهر تبریز (۷ مهر ۱۳۹۱)



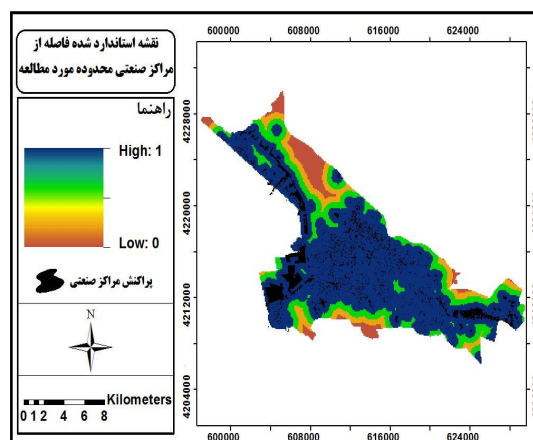
شکل ۲۲: نمودار تغییرات دما با ارتفاع شهر تبریز (۸ مهر ۱۳۹۱)

### ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های معیار

از آن جایی که در اندازه‌گیری معیارها دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا لازم است که معیارها قبل از ترکیب با یکدیگر استاندارد گردد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۷). استاندارد نمودن داده‌ها به معنی همسان کردن دامنه تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنه مشخص دیگر (مانند ۰ الی ۲۵۵) است. (آشور، ۱۳۹۰). در این مطالعه، مرحله مربوط به ارزش‌گذاری و استانداردسازی به صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی در نظر گرفته شده است. ارزش عضویت یا درجه تعلق در یک مجموعه فازی را می‌توان با شماره‌ای که دامنه آن بین مقادیری چون ۰ تا ۱ قرار دارد، تعیین کرد. درجه بالای ارزش عضویت یک عنصر به معنای نسبت بالای تعلق آن به مجموعه می‌باشد (افروز، ۱۳۹۰). در تحقیق حاضر با استفاده از امکاناتی که در تابع فازی<sup>۱</sup> از نرم افزار IDRISI Kilimanjaro وجود دارد. برای استانداردسازی نقشه‌هایی که به صورت نقشه‌های معیار تهیه شده‌اند به تناسب، از توابع عضویت Sigmoidal و linear و در قالب‌هایی چون افزایشی به صورت یکنواخت، کاهشی به صورت یکنواخت و سایمتریک استفاده به عمل آمده است. در رابطه با هر معیار، دامنه‌ای از مقادیر در نظر گرفته شده است که اگر مقادیر ثبت شده از معیار در پیکسل‌ها بیشتر یا کمتر از مقادیر تعیین شده در دامنه باشد به منزله درجه عضویت صفر در دامنه تعیین شده تلقی می‌گردد و در نتیجه میزان مطلوبیت برابر با صفر می‌شود. از سوی دیگر اگر مقادیر اندازه‌گیری شده از معیار در پیکسل‌ها با درجه کامل عضویت در دامنه تعیین شده منطبق باشد، به معنای مطلوبیت حداکثر در آن معیار است. سایر سطوح مطلوبیت نیز در حد فاصل درجه عضویت صفر و درجه عضویت حداکثر (۲۵۵) قرار دارد. اشکال ۲۳ تا ۳۰ نمایش‌گر نمونه‌هایی از نقشه‌های استاندارد شده فازی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی پتانسیل آلودگی هوای شهر تبریز می‌باشد. (به دلیل محدودیت صفحه از آوردن تمام نقشه‌های استاندارد شده فازی اجتناب شد).

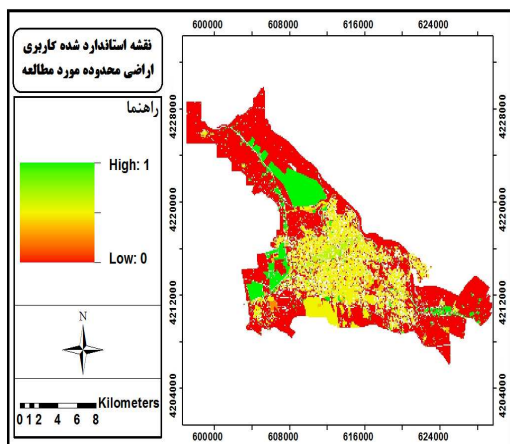


شکل ۲۴: نقشه استاندارد شده فازی فاصله از راه ارتباطی

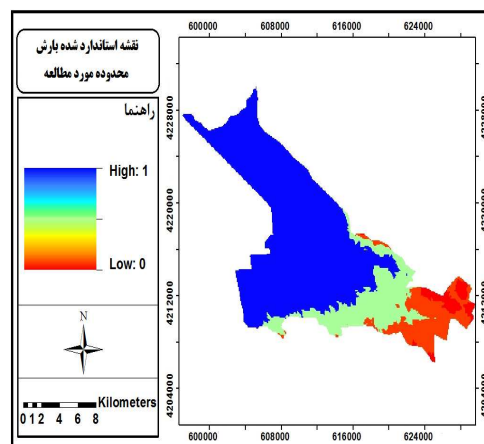


شکل ۲۳: نقشه استاندارد شده فازی فاصله از مراکز صنعتی

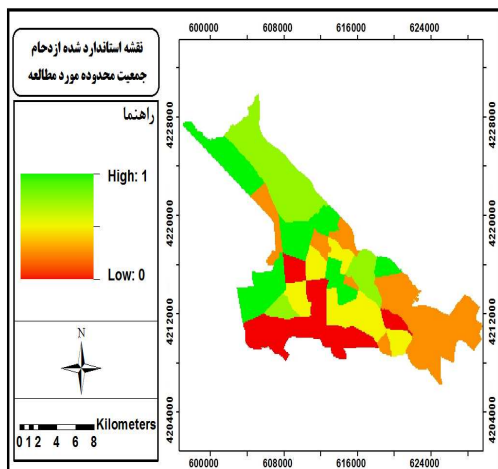
<sup>۱</sup> -FUZZY



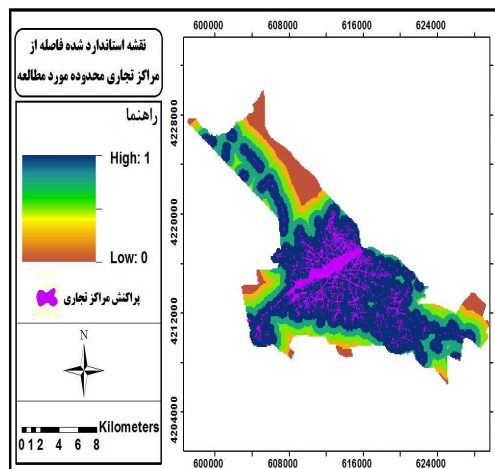
شکل ۲۶: نقشه استاندارد شده فازی کاربری اراضی



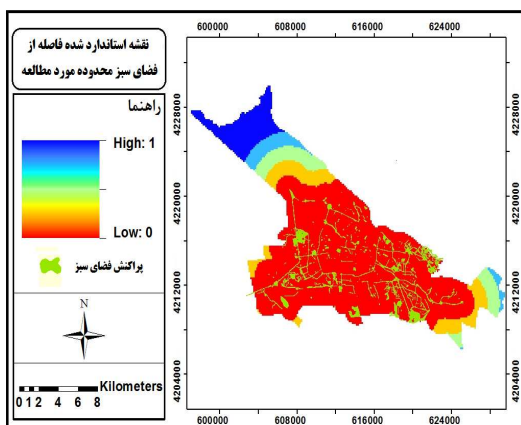
شکل ۲۵: نقشه استاندارد شده فازی بارش



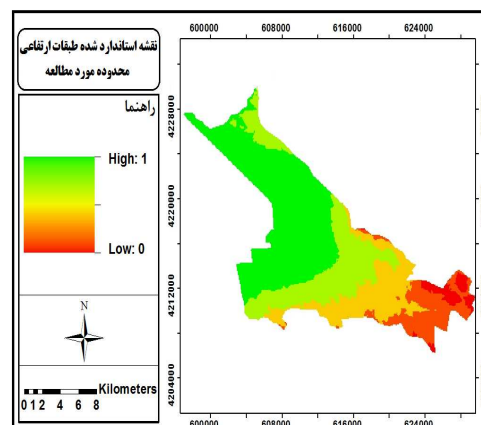
شکل ۲۸: نقشه استاندارد شده فازی ازدحام جمعیت



شکل ۲۷: نقشه استاندارد شده فازی مراکز تجاری



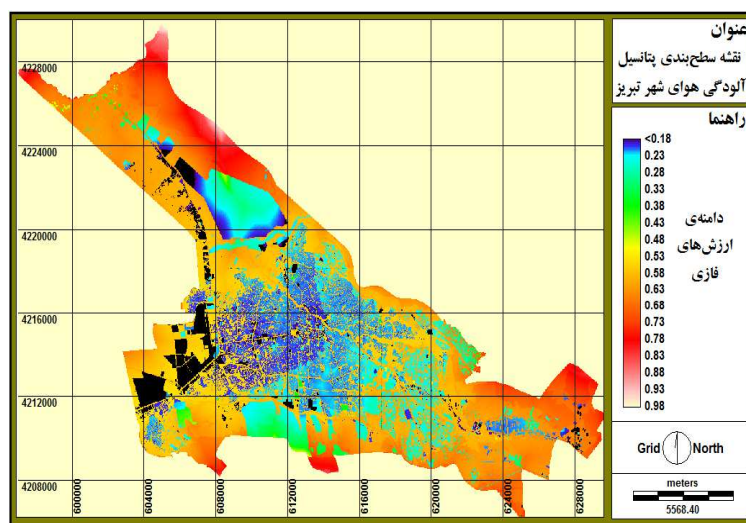
شکل ۳۰: نقشه استاندارد شده فازی فضای سبز



شکل ۲۹: نقشه استاندارد شده فازی طبقات ارتفاعی

### خروجی حاصل از بکارگیری مدل ویکور

با توجه به عوامل مؤثر در آلودگی هوای شهر تبریز و انجام مراحل مدل ویکور، نقشه سطح‌بندی پتانسیل آلودگی هوا شکل (۳۱) به دست آمد. دامنه‌ی ارزشی حاصل از مدل در سطح‌بندی پتانسیل آلودگی هوای شهر تبریز بین ۰/۱۸ و ۰/۹۸ می‌باشد که دارای ماهیت فازی می‌باشند و هرچه مقدار ارزش یک پیکسل به سمت عدد ۰/۱۸ نزدیک باشد، بیانگر میزان آلودگی بیشتر می‌باشد و هرچه میزان مقدار ارزش دریافت پیکسلی به سمت ۰/۹۸ میل نماید گویای پتانسیل کم‌تر آن پیکسل جهت آلودگی هوا است.



شکل ۳۱: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آلودگی هوا در شهر تبریز با استفاده از مدل ویکور

### نتیجه‌گیری

آلاینده هوا، به هر جسم خارجی یا عاملی گفته می‌شود که بر روی موجودات زنده یا محیط آن‌ها، آثار زیان‌بار داشته و نسبت معمولی مواد تشکیل دهنده هوا را تغییر دهد. این مواد می‌توانند به صورت مایع، جامد، گاز و یا مخلوطی از آن‌ها باشند. در این پژوهش سعی شد، در چهارچوب مدل ویکور که به عنوان یکی از فنون برجسته تحلیل چند معیاری محسوب می‌شود، تاثیر مولفه‌های دخیل در شکل‌گیری پتانسیل آلودگی مورد توجه قرار گیرد و در برابری استفاده عملیاتی از روش مذکور در محیط GIS و IDRISI، به ارائه چارچوب قاعده‌مندی در تعیین و پهنه‌بندی پتانسیل آلودگی هوا در شهر تبریز اقدام شود. با توجه نقشه نهایی، مناطق پرخطر (آلودگی زیاد)، (دامنه‌ی ارزشی متمایل به سمت ۰/۱۸)، به طور عمده در قسمت مرکزی و شمال غربی منطقه مطالعاتی قرار دارند و هر چه به مناطق شرقی نزدیک (دامنه‌ی ارزشی متمایل به سمت ۰/۹۸) می‌شویم، از میزان پتانسیل آلودگی در منطقه کاسته می‌شود. هم‌چنین، بنابر نتایج حاصل از مطالعه، از بین عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی منطقه، عامل مراکز صنعتی با

ضریب وزنی (۰/۱۶۸)، کاربری با ضریب وزنی (۰/۱۵۶) و ازدحام جمعیت با وزن (۰/۱۴۱)، به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد آلودگی در منطقه می‌باشند. با توجه به مباحث مطرح شده در خصوص آلودگی هوا و عوامل تشدید کننده آن در مناطق ده‌گانه شهر تبریز، هم‌جواری شهر در نزدیکی به صنایع در دو محور غربی و شرقی و استقرار آن‌ها در جهت بادهای غالب شهر موجب غلظت آلاینده‌های هوا به ویژه در محدوده مرکزی شهر شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد پراکنش نادرست کاربری‌های شهر تبریز و نحوه توزیع نادرست آن بر غلظت آلودگی هوا می‌افزاید و با توجه به افزایش آلودگی‌ها در شهرهای بزرگ، تأثیر عوامل انسانی (ازدحام جمعیت، معابر نامناسب، ترافیک سنگین) بیش‌تر از عوامل طبیعی می‌باشد. هم‌چنین، با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق گسترش بی‌رویه شهر، رشد سریع جمعیت در طی چند دهه اخیر، عدم ساماندهی سیستم حمل و نقل و ترافیک شهری، عدم وجود تکنولوژی مدرن ساخت خودرو در کشور و کمبود فضای سبز از عوامل عمده آلودگی هوای شهر به خصوص در قسمت مرکزی آن به شمار می‌روند.

## منابع

- آمارنامه شهرداری کلان شهر تبریز، (۱۳۹۰) معاونت برنامه ریزی و توسعه، چاپ اول.
- آشور، حدیثه، (۱۳۹۰)، بررسی و تحلیل تناسب و جاذبه های شهرک صنعتی آمل در مکان‌گزینی واحدهای صنعتی، استاد راهنما: عطاغفاری گیلانده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
- افروز، بهنوش (۱۳۹۰)، آرایه الگوی مناسب در سطح‌بندی عملکرد مدیریت شهری در بسترسازی برای توسعه کارآفرینی (مطالعه موردی شهری اردبیل)، استاد راهنما: عطاغفاری گیلانده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
- احمدی، ملیحه، حبیب، فراح، (۱۳۸۷)، اجرای توسعه پایدار شهری در آسیا، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۳، دوره ۱۰، صص ۱۳-۱۰.
- بیگدلی، آتوسا، (۱۳۸۰)، تأثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران بر بیماری سکنه قلبی، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۶، شماره ۳، صص ۱۴۰-۱۲۶.
- خلیل‌وند، محبوبه، (۱۳۸۹)، مکان‌یابی دفن زباله شهر مرودشت با استفاده از پارامترهای اقلیمی در محیط GIS، استاد راهنما: عطاغفاری گیلانده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- 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.
- شکرزاده فرد، الهام، (۱۳۹۳)، کاربرد روش الکترون در سطح بندی پتانسیل تراکم آلاینده های هوا در شهر تبریز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، اردبیل.
- عسگری، حسین، (۱۳۴۸)، تأثیر شهرهای بزرگ بر روی آب و هوای خود، نشریه هواشناسی کشور.
- عطایی، محمد، (۱۳۸۹)، تصمیم‌گیری چند معیاره، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۳۴۸ صفحه.
- قربانی، رسول، حسین‌زاده دلیر، کریم و پری شکر فیروزجاه، (۱۳۹۱)، بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر تبریز براساس مولفه های اصلی، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی (دانشگاه تبریز)، صص ۸۹-۱۰۸.
- محمدی، حسین، (۱۳۹۰)، آب و هواشناسی شهری، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۹۲ صفحه.
- مهندسان مشاور زیست‌آ، (۱۳۸۵)، طرح تفصیلی تبریز، جمع بندی مطالعات وضع موجود، شهرداری تبریز.
- مالچفسکی، یاچک، (۱۳۸۵)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه اکبر پرهیزگار و عطاغفاری گیلانده، تهران، انتشارات سمت، چاپ اول، ۵۹۷ صفحه..

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.

Abdulkareem, A.S, (2005), "Urban Air Pollution Evaluation by Computer Simlation: A Case Study of Petroleum Refining Company Nigeria, Leonardo Journal of Sciences, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Vol. 6, pp 17-28.

Alam, S., Fatima, A., Butt, (2007), " Sustainable Development in Pakistan in the Context of Energy Consumption Demand and Environmental Degradation", Journal of Asian Economics, Vol 18, pp.825- 837.

Breheny, M (2001) Densities, and sustainable cities: the UK experience, in Echenique, M. and Saint, A. (eds.) Cities for the New Millennium. London: Spon, pp 39-51.

Chen, L.Y., Wang, T.C., 2009. Optimizing partners choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR, International Journal of Production Economics, Vol 120, pp 233-242

Neumayer, E., Cole, M.(2004). " Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution", Population and Environment, Vol. 26(1), pp.5-21.

Wijerane, I.K. and Bijker, W.,(2006), Mapping Dispersion of Urban Air Pollution with Remote Sensing, ISPRS Technical Commission II Symposium, Vienna, 12-14 July, pp 125- 130.

Williams, T. Crawford, Erica, (2006), smog and Population Health: Science and Technology Division, 28 March, pp 1-18.

Yungang , W., Qi, Y., Jianlin, H., Hongliang, Z. (2014). Spatial and temporal variations of six criteria air pollutants in 31 provincial capital cities in China during 2013-2014, Environment International, Vol 73, PP. 413-422.

## Evaluation and Zonation of Air Pollution by using Vikor (Case Study: Tabriz)

Batool Zeinali<sup>\*1</sup>, Elham Shokrzadeh fard<sup>2</sup>, Elnaz Piroozi<sup>3</sup>

Received: 2016-10-22

Accepted: 2017-07-20

### Abstract

If air pollution issue is not one of the acutest problems caused by mechanized civilization, undoubtedly it is one of the most complicated ones because air is spread everywhere and is being used in 24 hours. Gathering of most of the people in urban areas and high standard of living expectation with minimum price without any attention to the environment has caused to increase of air pollution density in dangerous and noticeable level. Now the growth of cities especially in developing countries causes urbanization and environmental waste. To reach a sustainable development in cities, reduction and control of air pollution can be very important. In this research 8 factors: overcrowding, precipitation, DEM (digital elevation model), distance from connecting roads, distance from green space, distance from CBD (central business district), distance from industrial centers and land use have been used as effective factors in air pollution. The information layers have been prepared in GIS (geographic information system). The evaluation and normalization of the criteria maps were done simultaneously using the fuzzy method. The analytical hierarchy process was used to weigh the factors. The air pollution zonation map was prepared in the environment of Edisi and using the Vikor method. According to The results obtained from the model, the direction of West, North- west and The Central Part of The city has the most pollution zonation. In addition, according to the results of the study for preparing the air pollution zonation map in Tabriz, the usage efficiency of the membership function in the fuzzy steps and Vikor model have been approved, and according to which, using the multi variate analysis techniques lead to increased attention and speed of the work as well as the better quality and variety in the results of the study.

**Keywords:** Air pollution, Tabriz, Zoning, Model Vikor.

<sup>1\*</sup>- Assistant professor of climatology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

<sup>2</sup>- M.Sc. of urban climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>3</sup>- PhD Student of Geomorphology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran