مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۰۵

صفحات: ۱۷۲ - ۱۵۱

تحلیل فضایی مؤلفه های تاثیرگذار بر آلودگی هوای شهر تبریز

هوشنگ سرور*[۱]، مرضیه اسمعیل پور[۲]، منصور خیری زاده[۳]، مهتاب امرایی[۴]

چکیده

کلان‌شهر تبریز به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر در شمال غرب کشور در دهه‌های اخیر با رشد فزاینده جمعیت و توسعه انواع سازه‌های صنعتی، تجاری، خدماتی و مسکونی روبرو بوده است. توسعه فزاینده به‌موازات عدم رعایت معیارهای برنامه‌ریزی کاربری زمین‌ها زمینه افزایش آلودگی هوا در سطح شهر شده است. این پژوهش برای آگاهی از عوامل ایجادکننده آلودگی هوا در سطح شهر تبریز انجام‌گرفته است. روش تحقیق توصیفی و تحلیلی و نوع اطلاعات اسنادی- کتابخانه‌ای می‌باشد. در این راستا از هشت شاخص تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، تراکم تقاطع‌ها، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، تراکم صنایع، تراکم فضاهای سبز، فاصله از صنایع و ارتفاع به‌عنوان متغیرهای مستقل و شاخص غلظت دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته و همچنین جریان باد به‌عنوان یک عامل انتشاردهنده استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از دو روش رگرسیون حداقل مربعات و رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده گردید. نتایج حاصل از روش حداقل مربعات معمولی نشان می‌دهد که رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته معنادار بوده به‌طوری‌که با افزایش تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، تراکم تقاطع‌ها، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس و تراکم صنایع غلظت دی‌اکسید نیتروژن افزایش می‌یابد. درواقع بین این متغیرها و غلظت دی‌اکسید نیتروژن همبستگی مستقیمی وجود دارد. در مقابل، با افزایش ارتفاع و افزایش فاصله از صنایع غلظت آلاینده یادشده کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده وجود همبستگی معکوس بین این دو متغیر و متغیر وابسته دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج مدل رگرسیون جغرافیایی متغیرهای موردبررسی ۶۲ درصد از آلودگی هوای شهر تبریز را تبیین می‌کنند.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، رگرسیون حداقل مربعات، رگرسیون وزنی جغرافیایی، شهر تبریز.

۱ - استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه(نویسنده مسئول) sarvarh@maragheh.ac.ir

۲ - استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه s.esmaeilpour@gmail.com

۳ - دکتری ژئومورفولوژی، مدرس گروه جغرافیا،دانشگاه مراغه m_kheirizadeh@yahoo.com

۴ - دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه amraie1372@yahoo.com

مقدمه

آلودگی یکی از چندین اثر جانبی زیان‌آور استفاده عظیم از انرژی در دنیای صنعتی امروز است. ازآنجایی‌که منابع تولید آلودگی در نواحی جغرافیایی به‌صورت یکسان توزیع نگردیده و تاحدودی در شهرها متمرکز هستند؛ بنابراین تولید آلودگی نیز تمرکز فضایی دارد و این خود از بین بردن آنها را حادتر می‌نماید (وهاب زاده،۱۳۸۳). آلودگی هوا از زمانی که اولین آتش روشن شد، وجود داشته است. با وجوداینکه جنبه‌های مختلف آلودگی در زمان‌های مختلف وجود داشته است، بسیاری از ما آلودگی هوا را به‌عنوان مسأله‌ای در نظر می‌گیریم که پیامد جهان مدرن است. تأثیر آلودگی هوا بر محیط جهانی یک مسأله اثبات‌شده است. در بسیاری از کشورها که به دنبال رشد اقتصادی هستند سطح قابل قبولی از آلودگی هوا از بین رفته است (Abhishek, 2010). صحبت از آلودگی هوا در حقیقت گفتگویی است درباره بسیاری از مواد و ترکیب‌های که از منابع گوناگون طبیعی و بخصوص ساخته دست بشر و فعالیت آدمی وارد هوا می‌شود و باعث دگرگونی خواص فیزیکی و شیمیایی جوی می‌گردد. پیشرفت صنایع و فناوری، توسعه شهری، افزایش و تراکم جمعیت، وسایط نقلیه موتوری، ازدیاد مصرف فراورده‌های نفتی و در بعضی موارد، شرایط خاص اقلیمی و جغرافیایی منطقه باعث افزایش آلودگی هوا می‌گردد (خراسانی و همکاران،۱۳۸۱).

آلودگی یکی از معضل‌های عمده زیست‌محیطی در شهرها، بخصوص شهرهای بزرگ به شمار می‌رود که عوامل مختلفی در تشدید آن تأثیرگذار می‌باشد (قربانی و همکاران،۱۳۹۰). امروزه آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل‌شده است؛ به‌گونه‌ای که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدام‌های درون مرزهای خود، ساماندهی آلودگی را در حوزه بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند. ازجمله مصادیق آلودگی، آلودگی هواست که با توجه به ماهیت آن شیوع بیشتری داشته و در اکثر مناطق جهان کم‌وبیش محسوس می‌باشد (پژویان و مرادحاصل،۱۳۸۶). منظور از آلودگی هوا عبارت است از وجود و یا پخش یک یا چند آلوده‌کننده اعم از جامد، مایع، گاز، تشعشع پرتوزا و غیر پرتوزا در هوای آزاد به مقدار مدتی که کیفیت آن را طوری تغییر دهد که برای انسان و یا سایر موجودهای زنده و یا گیاهان و یا آثار و بناها زیان‌آور باشد (جعفرزاده، ۱۳۸۴). درواقع، پدیده آلودگی هوا و بالا رفتن غلظت آلاینده‌ها از حد مجاز تعیین‌شده به‌وسیله سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1] در شهرهای بزرگ، از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی کلان‌شهرهای امروزی است که سلامت انسان‌ها را تهدید می‌نماید. با رشد تکنولوژی و خروج آلاینده‌ها از منابع ثابت و صنعتی در شهرها، منابع آلاینده متحرک در بخش حمل‌ونقل شهری به‌عنوان چالش اصلی در راستای آلودگی کلان‌شهرها مطرح است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵). آلاینده‌های گازی موجود در جو طیف وسیعی دارند و منبع انتشار آنها طبیعی و یا ناشی از فعالیت‌های بشر است. به‌طورمعمول آلاینده‌های گازی به سه دسته کلی شامل: الف) آلاینده‌های اولیه از قبیل دی‌اکسید سولفورها (SO_2)[2]، اکسیدهای نیتروژن (NO_2)[3] و هیدروکربن‌ها (HC)[4]؛ ب)

1- World Health Organization
2- Sulfur Dioxide
3- Nitrogen Dioxide
4- Hydrocarbon

آلاینده‌های ثانویه نظیر ازن (O_3)[۱] و پراکسی‌استیل نیترات (PAN)[۲]؛ و ج) آلاینده‌های سمی از قبیل آزبست، بریلیوم، جیوه، ارسنیک، کادمیوم، بنزن، پلوتونیوم و منگنز تقسیم می‌شوند (عطایی و هاشمی نصب، ۱۳۹۰).

شهر تبریز به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای کشور، در چند دهه اخیر شاهد رشد فزاینده‌ای به اطراف خود بوده است که این نوع رشد و توسعه متناسب با سنجه‌های پایداری شهری نبوده و در حال حاضر با مسائل و ناپایداری‌هایی مواجه است که می‌توان از آلودگی هوا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین این ناپایداری نام برد (شکری فیروزجاه، ۱۳۹۰). آلودگی هوای تبریز همانند آلودگی سایر شهرهای بزرگ از مجموعه‌ای عوامل طبیعی، اقلیمی، انسانی و صنعتی متأثر می-گردد (عابدینی و همکاران،۱۳۹۱). در این پژوهش با توجه به اهمیت دی‌اکسید نیتروژن به بررسی این آلاینده در شهر تبریز پرداخته شده است. این گاز ترکیبی از نیتروزن و اکسیژن بوده و از فراوان‌ترین گازهای موجود در جو به شمار می‌آید. میزان اندکی از این گاز نیز، نظیر متان، تأثیر بسیار زیادی دارد. یک مولکول از این گاز بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ برابر گاز کربنیک اثر گرمایی دارد. مدت ماندگاری این گاز در جو ۱۵۰ سال است که بسیار بیشتر از سایر گازهای گلخانه‌ای است. اکسید نیتروژن موجود در جو با غلظتی معادل ۳۱۶ جزء در میلیارد، ۴۰ درصد بیش از مقدار آن پیش از انقلاب صنعتی است و این براثر فعالیت‌هایی نظیر سوزاندن سوخت‌های فسیلی و چوب به‌ویژه استفاده از کودهای ازته می‌باشد. زمانی که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی در مزارع وارد فرایند نیتروژن دهی خرد زیستمندان خاک می‌شود یا در آب نفوذ می‌کند، به‌صورت دی‌اکسید نیتروژن درمی‌آید (جواهریان و زمانی، ۱۳۹۴). انتشار NO_2 علاوه بر تشکیل باران‌های اسیدی و تخریب لایه ازن، سبب تشکیل ازن در لایه پایینی جو شده که خود عامل اولیه و اصلی آلودگی هوای شهرها است (سلیمانی، ۱۳۹۳).

درمجموع آلودگی هوا در تمام جهان به‌عنوان یکی از بحرانی‌ترین مسائلی است که امروزه توجه بسیاری از متخصصان آب‌وهوا و حتی مردم عادی را به خود جلب کرده است بنابراین در این زمینه تلاش شده که در قالب مقاله‌های پژوهشی و کتب مختلف و سمینارهای جهانی و منطقه‌ای به بررسی این بحران و در برخی موارد به ارائه راه حل‌هایی برای مقابله با آن پرداخته شود. در ادامه به تعدادی از این تجربه‌های داخلی و خارجی و روش کار و نتیجه این بررسی‌ها اشاره می‌شود.

آروین (۱۳۹۷) از آمار روزانه ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرن ثبت‌شده در ۷ ایستگاه پایش آلودگی هوا در اصفهان در بازه زمانی ۹۵-۹۱ استفاده کرد و تأثیر آلودگی هوا بر سلامتی انسان را موردبررسی قرار داد. نتایج خودهمبستگی بین داده‌ها نشان داد که داده‌ها به‌طورکامل تصادفی هستند. وی جهت بررسی بهتر کیفیت هوای این شهر، نقشه‌های توزیع ذرات معلق را برای شرایط مناسب، ناسالم و ناسالم برای گروه‌های حساس ترسیم کرد که نشان‌دهنده فراوانی کمتر تعداد روزهای مناسب در شرق و جنوب غرب شهر می‌باشد. صفوی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به بررسی و توصیف کیفیت هوای شهر تبریز بر اساس پارامترهای سنجش آلودگی هوا در فصول مختلف و

5- Ozone
6- Peroxyacetyl Nitrate

ارزیابی مشکلات پیشرو پرداختند. در این تحقیق با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی و اطلاعات پنج ایستگاه پایش آلودگی هوا در تبریز نقشه‌های پراکنش ترسیم و آنالیز فضایی انجام شد. نتایج نشان داد که دو عامل مهم آلودگی شهر تبریز ذرات معلق و مونوکسید کربن هست و بیشترین وقایع آلودگی مربوط به فصل‌های سرد سال می‌باشد. زارع فرد (۱۳۹۳)، به بررسی تأثیر حمل‌ونقل عمومی قطار شهری بر کاهش آلودگی هوا در شهر شیراز پرداخته و به این نتایج دست یافت که توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی با قطار شهری در کلان‌شهرها موجب کاهش آلودگی هوا، مصرف سوخت و ترافیک می‌شود. اکبری و صمدزادگان (۱۳۹۴)، الگوهای هم‌مکانی آلودگی هوا و عوامل پویا و ثابت مؤثر بر آن را در بخشی از شهر تهران استخراج کردند. بررسی الگوی به‌دست‌آمده، نخست نشان‌دهنده کارایی الگوی استخراج‌شده و عملکرد مدل بود و دوم بیانگر این موضوع بود که الگوهای استخراجی حول آلودگی‌های متوسط به بالا رخ داد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل نشان داد که الگوهای غالب به سمت منطقه مرکزی موردمطالعه گرایش دارند. محمدی و همکارن (۱۳۹۷)، به بررسی آلاینده‌های دی‌اکسید نیتروژن، مونوکسید کربن و ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرن با استفاده از رگرسیون اراضی (LUR)[1] در شهر تهران پرداختند. هدف این تحقیق پیش‌بینی تمرکز این آلاینده‌ها در تهران با استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی در سال ۲۰۱۰ بوده، در این پژوهش متغیرهای مستقلی مثل مساحت کاربری اراضی، طول شبکه‌ی معابر و متغیرهای هواشناسی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی آلاینده‌های فوق استفاده و نتایج نشانگر دقت زیاد این مدل در پیش‌بینی سه آلاینده‌ی موردنظر، به‌ویژه در فصول گرم است. زو و تل (۲۰۰۵) در تحقیقی به ارزیابی تأثیرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوا در تیانجین (چین) پرداختند. آنها با استفاده از داده‌های غلظت آلاینده‌ها و جمعیت در سال ۲۰۰۳، هزینه‌های اقتصادی و اثرات آلودگی هوا را بر روی سلامت انسان در تیانجین موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان از هزینه‌های بهداشتی قابل‌توجه در ارتباط با آلودگی هوا در تیانجین می‌باشد و همچنین هزینه‌های اقتصادی تخمین زده‌شده ۱/۱ میلیارد یعنی ۳/۷ درصد از تولید ناخالص تیانجین را شامل می‌شود. رابینسون و همکاران (۲۰۱۳) پژوهشی با عنوان افزایش دقت نگاشت آلودگی دی‌اکسید نیتروژن با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی و زمین‌آمار انجام داده‌اند. در این پژوهش سه روش ژئواستاتیکی (زمین‌آماری) برای تولید نقشه‌های غلظت دی‌اکسید نیتروژن در بریتانیا موردسنجش قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR)[2] دقیق‌ترین پیش‌بینی را انجام داد. کوپوس و دینگر (۲۰۱۷)، به بررسی دی‌اکسید گوگرد موجود در فضای باز در استانبول پرداختند. با توجه به اندازه‌گیری‌ها، میزان دی‌اکسید گوگرد پایین‌تر از سطح توصیه‌شده توسط دولت ترکیه بود. نتایج همچنین نشان داد که درجه حرارت در مقایسه با سرعت باد و رطوبت تأثیر قابل‌توجهی بر دی‌اکسید گوگرد دارد و نیز مشاهده‌شده که غلظت دی‌اکسید گوگرد در زمستان در مقایسه با سایر فصل‌ها افزایش‌یافته است. شیائوپینگ و زژو (۲۰۱۸)، به بررسی عوامل جغرافیایی تعیین‌کننده‌ی ویژگی‌های فضایی و زمانی کیفیت هوای شهری در چین پرداختند. در این بررسی بر اساس شاخص‌های کیفیت هوای روزانه (AQI)[3]، ویژگی‌های فضایی کیفیت هوا در مناطق مختلف چین بررسی

1- Land Use Regression
2- Geographically Weighted Regression
3- Air Quality Index

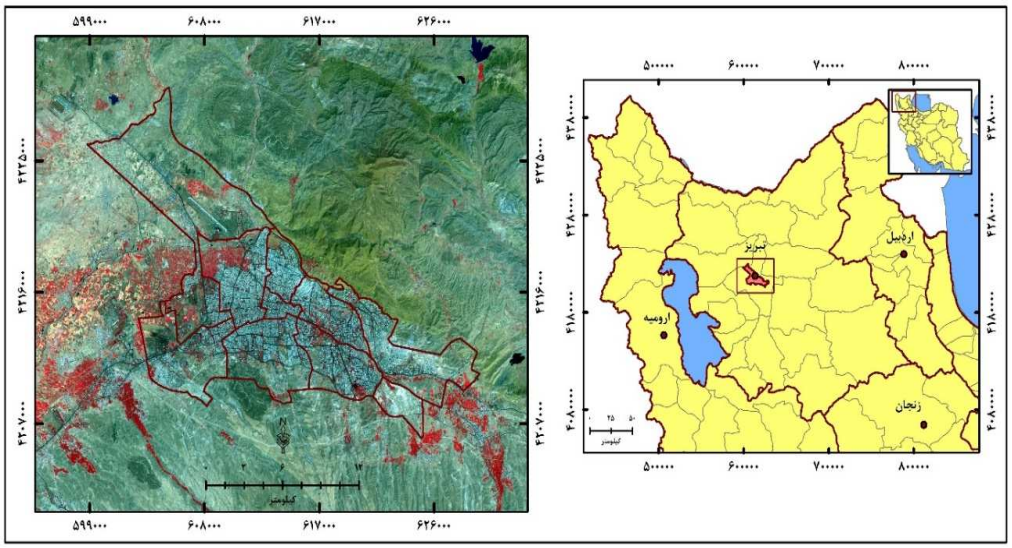
گردید. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل جغرافیایی نشان می‌دهند که عوامل حاکم بر شاخص کیفیت هوای روزانه در مکان‌های شهری به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است. تغییرات توپوگرافی و هواشناسی در مناطق شهری ممکن است منجر به تغییرات در زمان‌بندی غلظت آلاینده‌ها شود. همچنین عوامل انسانی همچون صنایع و ساختارهای شهری همانند عوامل طبیعی تأثیر قابل‌توجهی به کیفیت هوای شهری دارند.

با توجه به افزایش آلودگی در شهرها به‌ویژه کلان‌شهرها هدف این پژوهش علاوه بر تعیین مؤلفه‌های مهم در ایجاد آلودگی، مشخص نمودن سهم هریک از عوامل با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی در سطح شهر تبریز می‌باشد.

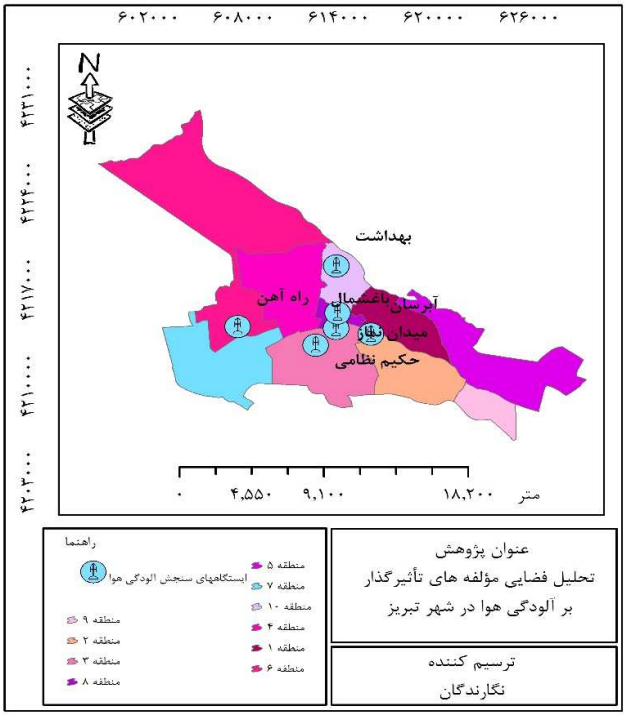
داده‌ها

الف. محدوده موردمطالعه

شهر تبریز به‌عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی و بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران در مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است (شکل ۱). بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان تبریز ۱۷۷۳۰۳۳ نفر و جمعیت مرکز این شهرستان ۱۵۵۸۶۹۳ نفر برآورد شده است (سازمان برنامه‌وبودجه استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۶). در حال حاضر شهر تبریز به‌عنوان دومین قطب صنعتی کشور محسوب می‌شود. مهم‌ترین صنایع و واحدهای آلاینده شهر تبریز در غرب شهر (پالایشگاه، پتروشیمی، نیروگاه)، غرب شهر- کجا آباد (کوره‌های آجرپزی)، اتوبان کسایی- ترمینال تبریز، گورستان‌های پراکنده داخل شهر، جنوب غرب (شهرک صنعتی تبریز ۴) و اول جاده اسپیران پراکنده شده‌اند (طرح‌های توسعه و عمران شهر تبریز جلد دوم، ۱۳۸۵: ۲۲). علاوه بر این، افزایش جمعیت و تراکم وسایط نقلیه موجب افزایش آلودگی هوای شهر شده است. جو شهر تبریز به دلیل کمبود تهویه طبیعی، پایین بودن سرعت باد و پایداری اتمسفر با وارونگی دما مواجه می‌شود و با آغاز دوره سرد سال اغلب روزهای آن با آلودگی هوا همراه است (عقلمند، ۱۳۹۳). اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تبریز توسط اداره کل محیط‌زیست استان آذربایجان شرقی و از طریق شش ایستگاه پایه سنجش آلودگی هوا شامل ایستگاه آب‌رسان (ایستگاه ترافیکی- مسکونی)، ایستگاه میدان نماز (ترافیکی- تجاری)، ایستگاه حکیم نظامی (مسکونی- تجاری)، ایستگاه باغ شمال (ایستگاه ترافیکی)، ایستگاه راه‌آهن (ایستگاه مسکونی- صنعتی) و ایستگاه بهداشت صورت می‌پذیرد (شکل ۲).



شکل ۱: موقعیت اداری- سیاسی شهر تبریز در شمال غرب ایران



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در شهر تبریز

ب. روش تحقیق

در پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی فضایی آلودگی هوای شهر تبریز از هشت متغیر مستقل استفاده گردید. این متغیرها عبارت‌اند از: ارتفاع، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، تراکم صنایع، تراکم تقاطع‌ها، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، تراکم فضاهای سبز و فاصله از صنایع بزرگ آلوده‌ساز. با این توضیح که توزیع ارتفاعات در سطح شهر تبریز از روی تصاویر ماهواره‌ای DEM منطقه باقدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر مربوط به ماهواره ALOS-PALSAR تهیه گردید. داده‌های طرح جامع شهر تبریز (۱۳۹۵) مبنای محاسبات سایر متغیرهای مستقل تحقیق به شمار می‌آیند. همچنین، غلظت دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته پژوهش و معرف مناسب آلودگی هوای شهر مورداستفاده قرار گرفت. در این رابطه، داده‌ها و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای شهر از طریق سازمان محیط‌زیست تبریز گردآوری شد. با توجه به فقدان یا ناقص بودن داده‌های ایستگاه‌های مذکور برای سال‌های مختلف تنها اطلاعات مربوط به بازه زمانی ۱۳۹۵ مورداستفاده قرار گرفت. درنهایت جریان باد (همراه با مؤلفه‌های سرعت و جهت) به‌عنوان عامل مؤثر در انتشار آلاینده‌ها مورداستفاده قرار گرفت.

برای تجزیه‌وتحلیل فضایی داده‌ها از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی در بستر نرم‌افزار ArcGIS بهره گرفته شد. روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی یک فن رگرسیون موضعی است که به‌طور معنی‌داری رگرسیون معمولی را برای استفاده در داده‌های مکانی بهبود داده است (قربانی و آقا شریعت مداری،۱۳۹۱). این مدل سهم زیادی در مدل‌سازی فرآیندهای ناهمگون فضایی دارد و توجه زیادی به خاطر عملکرد ظریفش در زمان کاوش تغییرات محلی به خود جلب نموده است (یمانی و همکاران،۱۳۹۶). پارامترهای موضعی تخمین زده‌شده می‌توانند در محل‌های نقاط رگرسیونی ترسیم شوند. مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی گسترش‌یافته رگرسیون عمومی است. مدل مذکور به‌منظور به دست آوردن معادله‌های رگرسیونی برای هر منطقه به‌صورت جداگانه اجرا می‌گردد (قربانی،۱۳۹۰). برخلاف الگوهای رگرسیون معمولی که یک معادله رگرسیونی را برای توصیف روابط کلی بین متغیرها برقرار می‌کنند، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی اطلاعات مکانی تولید می‌کند که تغییرهای مکانی بین روابط متغیرها را بیان می‌کند. بنابراین نقشه‌های تولیدشده از این تحلیل‌ها نقش کلیدی در توصیف و تغییر غیر ایستایی مکانی بین متغیرها بازی می‌کند (قربانی و شریعتمداری، ۱۳۹۱). همچنین، برای ترسیم گلباد نرم‌افزار WRPLOT به کار بسته شد.

جهت تهیه نقشه تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، ابتدا موقعیت این ایستگاه‌ها با استفاده از Google map با فرمت قابل ورود به نرم‌افزار GIS تهیه شد و سپس نقشه تراکم ایستگاه‌های اتوبوس ترسیم گردید. علاوه بر این موقعیت صنایع آلوده‌ساز نیز ازجمله پتروشیمی، پالایشگاه، کوره‌های آجرپزی و نیروگاه با استفاده از Google map جهت ترسیم نقشه فاصله از صنایع استخراج شدند. سایر نقشه‌های مربوط به تراکم مانند تراکم صنایع و تراکم فضای سبز از لایه کاربری اراضی شهر تبریز استخراج شد و با استفاده از روابط مربوط نقشه‌های تراکم ترسیم شد. تراکم جمعیت با استفاده از آمار جمعیت مناطق در سال ۱۳۹۵ و با در نظر گرفتن مساحت مناطق ترسیم شدند. نقشه تراکم تقاطع‌ها با استفاده از نقشه شبکه ارتباطی شهر تبریز در محیط نرم‌افزار Arc Map ترسیم شد.

یافته‌های تحقیق

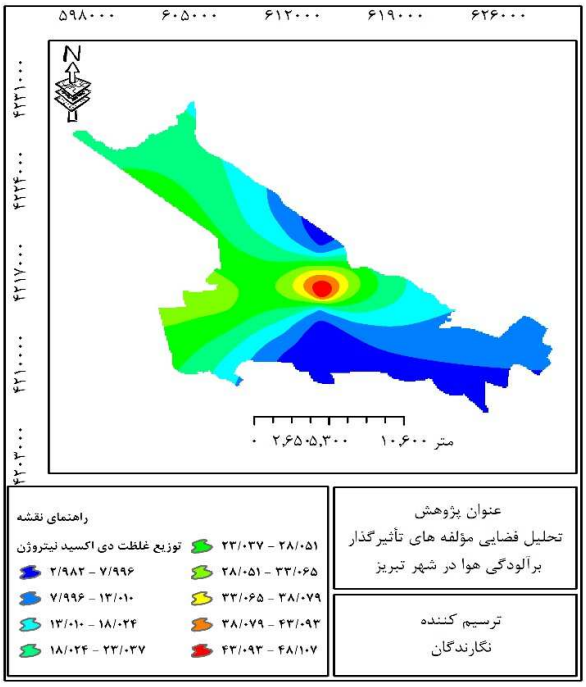
الف. نتایج حاصل از آنالیز دی‌اکسید نیتروژن

نتایج حاصل از بررسی شش نوع آلاینده اصلی در شهر تبریز نشان می‌دهد که کامل‌ترین آمارها متعلق به دی‌اکسید نیتروژن است که دارای آمارهای جامعی در تمام ماه‌های سال و برای شش ایستگاه پایه سنجش آلودگی می‌باشد (شکل ۳)، درحالی‌که سایر آلاینده‌ها دارای اطلاعات ناقص می‌باشند. بنابراین با توجه به حساسیت روش رگرسیون وزنی جغرافیایی که برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مورداستفاده قرارگرفته، در این پژوهش دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان آلاینده منتخب موردبررسی انتخاب شد.



شکل ۳: تغییرات ماهانه غلظت دی‌اکسید نیتروژن در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

ب. توزیع غلظت دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز با استفاده از روش‌های درون‌یابی

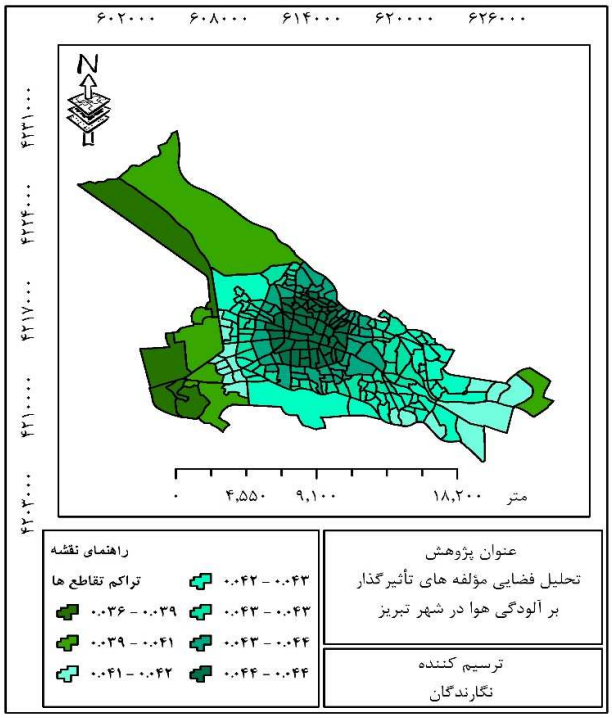


شکل ۴: توزیع غلظت دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز

بیشترین غلظت دی‌اکسید نیتروژن در قسمت مرکزی شهر تبریز می‌باشد. در این قسمت شهر، تراکم بالای تقاطع‌ها (عامل ایجادکننده حجم بالای ترافیک)، تراکم بالای ساختمانی و جمعیتی و همچنین تراکم بالای ایستگاه‌های اتوبوس وجود دارد که از عوامل اصلی تولید آلاینده‌های هوا به‌ویژه دی‌اکسید نیتروژن می‌باشند. در قسمت‌های شرقی شهر تبریز با توجه به کاهش تدریجی این تراکم‌ها میزان دی‌اکسید نیتروژن نیز کاهش‌یافته و در حد متوسط می‌باشد. میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در قسمت‌های جنوبی شهر تبریز دارای کمترین میزان می‌باشد، از دلایل اصلی کاهش میزان غلظت این آلاینده در این قسمت از شهر وجود زمین‌های بایر و سطوح پایین تراکم مسکونی، جمعیتی و ... می‌باشد (شکل ۴).

ج. تراکم تقاطع‌ها و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

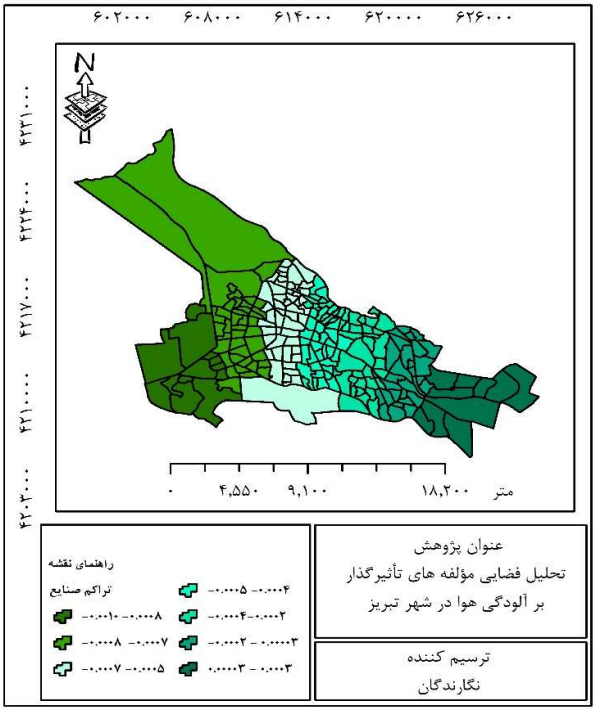
بر اساس پژوهش‌های تقوی (۱۳۹۱)، حاجی حسینلو (۱۳۹۳)، مهرابی کوشکی (۱۳۹۴) و یزدی‌پناه (۱۳۹۵)، تقاطع‌ها از مهم‌ترین عوامل ایجاد ترافیک و افزایش آلاینده‌ها در شهرهای به‌ویژه کلان‌شهرها می‌باشند. خروجی حاصل از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی در شکل (۵)، نشان می‌دهد در مرکز شهر تبریز تراکم تقاطع‌ها بیشترین تأثیرگذاری را برافزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته است. در مناطق جنوب شرقی، شرق و جنوب شهر تبریز از تأثیر این متغیر (تراکم تقاطع‌ها) کاسته می‌شود به‌طوری‌که در قسمت‌های شمالی، شمال غرب و غرب شهر تبریز که کمترین تراکم تقاطع‌ها وجود دارد غلظت دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم تقاطع‌ها دارای کمترین میزان می‌باشد.



شکل ۵: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم تقاطع‌ها در سطح شهر تبریز با روش GWR

د. تراکم صنایع و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

یکی از مهم‌ترین عواملی که نظر بسیاری از پژوهشگرانی که در زمینه‌ی آلودگی هوا کار می‌کنند به خود جلب کرده، صنایع و موقعیت آنها در شهرها می‌باشد. صنایع از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید آلاینده‌های مختلف هوا به‌ویژه دی-اکسید نیتروژن می‌باشند. شهر تبریز که عظیم‌ترین قطب صنعتی شمال‌غرب کشور می‌باشد در سال‌های اخیر با انواع آلاینده‌های مواجه گردیده است بزرگ‌ترین تراکم صنایع در نواحی شرقی تبریز بوده که روند آلودگی این شهر را به‌شدت افزایش داده است. نتایج حاصل از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی در شکل (۶)، نشان می‌دهد که در بخش-های شرقی و جنوب شرقی تأثیرگذاری تراکم صنایع برافزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن به بیشترین میزان رسیده است، درحالی‌که در مناطق مرکزی شهر تأثیر تراکم صنایع بر غلظت دی‌اکسید نیتروژن کاسته می‌شود، در مناطق شمالی و غربی شهر تبریز تراکم صنایع کمترین ارتباط را با افزایش دی‌اکسید نیتروژن داشته است.

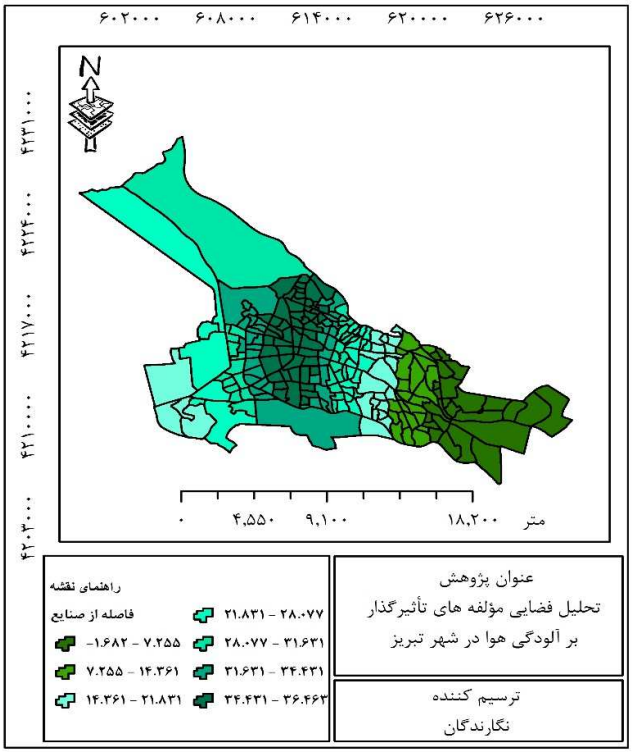


شکل ۶: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم صنایع در سطح شهر تبریز با روش GWR

ه. فاصله از صنایع عظیم و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

بر اساس پژوهش نوروزی‌زاده در سال ۱۳۸۶ نیروگاه حرارتی بافاصله ۸ کیلومتر از شهر تبریز، پالایشگاه تبریز با ۱.۵ کیلومتر فاصله از محدوده شهر تبریز، کارخانه‌ها آجرپزی در بخش غربی تبریز، پتروشیمی در فاصله ۸ کیلومتری از غرب شهر تبریز و صنایع تراکتورسازی در غرب تبریز از مهم‌ترین صنایع آلوده‌ساز تبریز می‌باشند. مصرف سوخت‌های فسیلی در این صنایع به میزان بسیار بالا و همچنین به دلیل فاصله کمی که با محدوده شهر تبریز دارند روند آلودگی این شهر را به‌شدت متأثر ساخته است. همچنان که نتایج حاصل در شکل (۷)، نشان می‌دهد، بیشترین میزان دی-

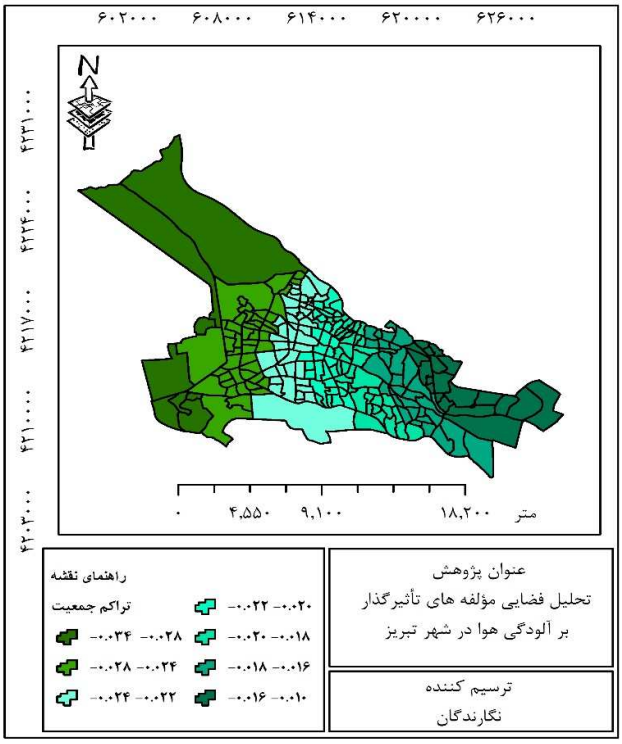
اکسید نیتروژن با توجه به فاصله از صنایع در بخش‌های مرکزی، غربی و جنوب غرب شهر تبریز بوده، یکی از دلایل مهم تراکم بالای غلظت دی‌اکسید نیتروژن در بخش مرکزی تبریز این است که آلاینده‌های ناشی از صنایع غربی پس از هدایت به بخش‌های مرکزی شهر تبریز به دلیل تراکم بالای انواع کاربری‌ها در این بخش تجمع یافته و بالاترین میزان غلظت آلاینده‌ها را سبب می‌شوند. در بخش‌های جنوب شرقی به دلیل این‌که بیشترین فاصله را با صنایع واقع در غرب تبریز دارند کمترین میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن را نشان می‌دهند.



شکل ۷: تغییرات دی‌اکسید نیتروژن متأثر از فاصله از صنایع در سطح شهر تبریز با روش GWR

و. تراکم جمعیت و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

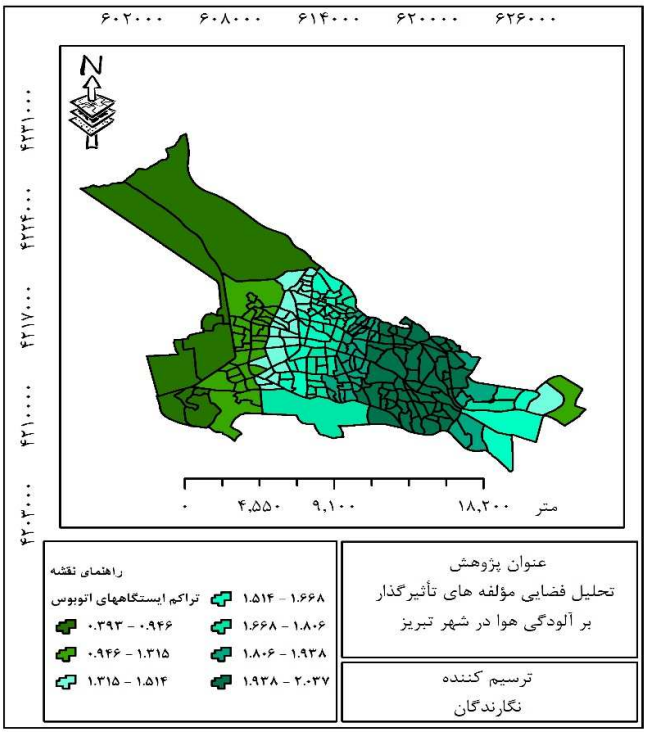
افزایش تراکم جمعیت سبب افزایش تراکم بسیاری از کاربری‌های دیگر و به‌ویژه افزایش تراکم ساختمانی و افزایش استفاده از وسایل نقلیه می‌گردد. در هر قسمت از شهر که تراکم جمعیتی افزایش می‌یابد استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز افزایش پیدا می‌کند که این مسأله افزایش آلاینده‌های هوا را در پی دارد. در شکل (۸)، نیز نشان داده‌شده که تراکم جمعیتی در قسمت‌های شرقی، قسمت‌های، مرکزی و شرقی شهر تبریز بیشترین تأثیر را برافزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته است. اما تأثیرپذیری دی‌اکسید نیتروژن از تراکم جمعیت در قسمت‌های شمالی و شمال غرب و غرب به کم‌ترین میزان رسیده است.



شکل ۸: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم جمعیت در سطح شهر تبریز با روش GWR

ز. تراکم ایستگاه‌های اتوبوس و تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن

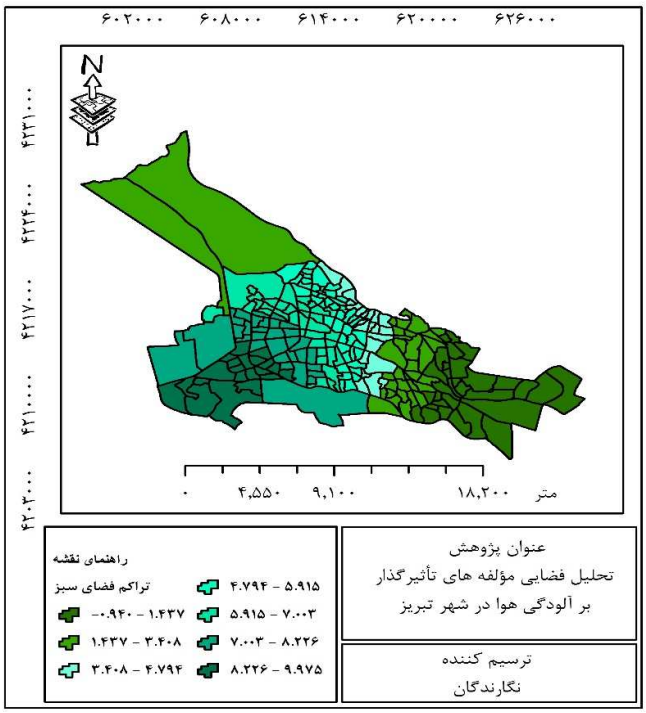
وسایل نقلیه ازجمله مهم‌ترین عوامل تولید آلاینده‌های هوا است. ایستگاه‌های اتوبوس در طی شبانه‌روز به دلیل توقف زیاد و تردد بالای اتوبوس‌های بین‌شهری مواجه هستند از منابع مهم تولید آلودگی می‌باشند. یافته‌ها نشان می‌دهد که شهر تبریز دارای بیش از ۱۶۰ ایستگاه اتوبوس می‌باشد که بیش از ۹۰۰ دستگاه اتوبوس در این ایستگاه‌ها در تردد هستند، با توجه به این آمارهای یادشده و اهمیت وسایل نقلیه می‌توان گفت از عوامل مهم تأثیرگذار بر تولید آلاینده‌ها در شهر تبریز ایستگاه‌های اتوبوس خواهد بود. همچنان که در شکل (۹)، به تصویر کشیده شده است در بخش‌هایی از قسمت‌های شرقی و مرکزی و بخش‌های از قسمت جنوب تبریز افزایش تراکم ایستگاه‌های اتوبوس بیشترین تأثیرگذاری را برافزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته است. به‌طرف قسمت‌های جنوب شرقی تأثیرگذاری این متغیر در حد متوسط بوده و در قسمت‌های شمالی، غربی و جنوب غربی تراکم ایستگاه‌های اتوبوس کم‌ترین تأثیرگذاری را داشته است.



شکل ۹: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم ایستگاه‌های اتوبوس در سطح شهر تبریز با روش GWR

ح. تراکم فضای سبز و تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن

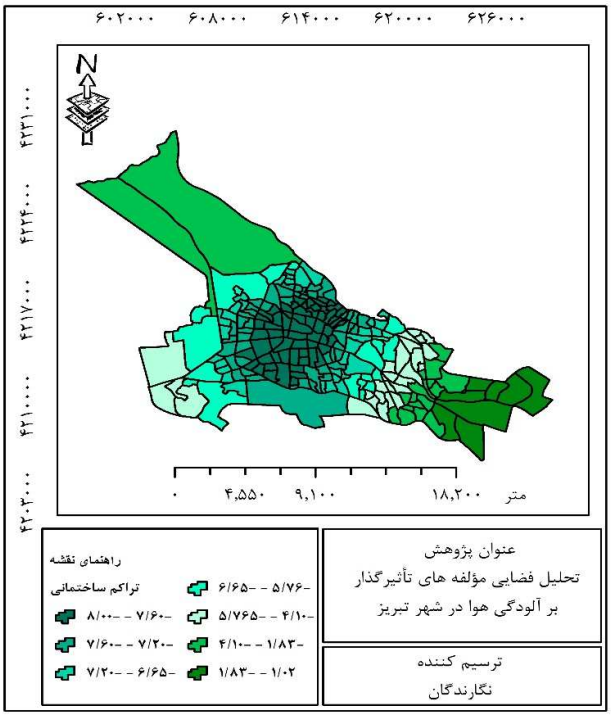
تأثیر فضاهای سبز بر کاهش آلودگی هوا مورد تأیید و تأکید بسیاری از پژوهشگران و برنامه‌ریزان شهری می‌باشد، به‌طوری‌که در بسیاری از شهرهای بزرگ کشورهای توسعه‌یافته که با مشکلات آلودگی هوا و کمبود تراکم فضاهای سبز مواجه هستند ازجمله کشور ژاپن طرح بام‌های سبز را برای تعدیل هوا و کاهش آلاینده‌های هوا اجرا کرده‌اند. یافته نشان می‌دهد که در حالت کلی فضاهای سبز در شهر تبریز محدود می‌باشد به‌طوری‌که در بخش مرکزی شهر تبریز کم‌ترین میزان فضاهای سبز وجود داشته است. در حالت عادی باید با افزایش فضاهای سبز آلودگی کاهش پیدا کند اما این مسأله برای شهر تبریز صدق نمی‌کند. همچنان که در شکل (۱۰) نشان داده‌شده، در بخش‌های غربی تبریز بااین‌وجود که فضاهای سبز در حد متوسط می‌باشد اما به دلیل اینکه زمین‌ها بیشتر زمین‌های کشاورزی بوده و همچنین در غرب تبریز صنایع بسیار عظیمی مثل پالایشگاه تبریز، پتروشیمی تبریز، کارخانه‌های آجرپزی و صنایع تراکتورسازی قرار دارند، میزان آلودگی در این قسمت بسیار بالا بوده است.



شکل ۱۰: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم فضاهای سبز در سطح شهر تبریز در روش GWR

ط. استفاده از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی برای بررسی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار برافزایش دی‌اکسید نیتروژن در بخش مرکزی شهر تبریز

در مناطق مرکزی شهرها با تراکم ساختمانی بالا توان تهویه هوای شهری پایین بوده و نیاز به انرژی برای کنترل افزایش بی‌رویه دما افزایش می‌یابد. هم‌چنین تراکم بالای ساختمانی مانع جریان باد می‌شود و وقتی چنین اتفاقی رخ دهد و در برابر جهت جریان باد مانع ایجاد شود، دمای هوا افزایش‌یافته و سبب افزایش آلاینده‌های هوا می‌شود. یافته‌ها نشان داده که تراکم ساختمانی در مرکز شهر تبریز به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر برافزایش میزان دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. بیشترین تراکم ساختمانی در شهر تبریز در بخش مرکزی این شهر می‌باشد. مسأله بالا از عوامل مهم تأثیرگذار بر افزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در این بخش از تبریز می‌باشد. شکل (۱۱) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. همان‌طور که در این نقشه نمایش داده‌شده، بخش مرکزی شهر تبریز بیشترین تراکم ساختمانی را داشته و سبب گردیده که میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در مرکز به بالاترین میزان خود برسد به‌طوری‌که هر چه از بخش مرکزی فاصله گرفته و به سمت مناطق با تراکم ساختمانی متوسط و کم به‌ویژه در قسمت‌های جنوبی و غربی حرکت می‌کنیم از شدت این تأثیرگذاری کاسته می‌شود و در قسمت‌های شمالی و جنوب شرقی تبریز به کم‌ترین میزان می‌رسد.

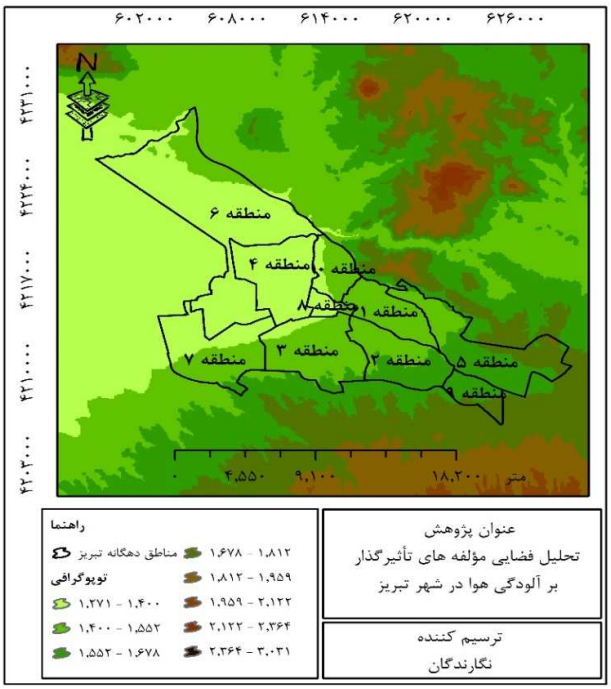


شکل ۱۱: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز بر اساس تراکم ساختمانی با روش GWR

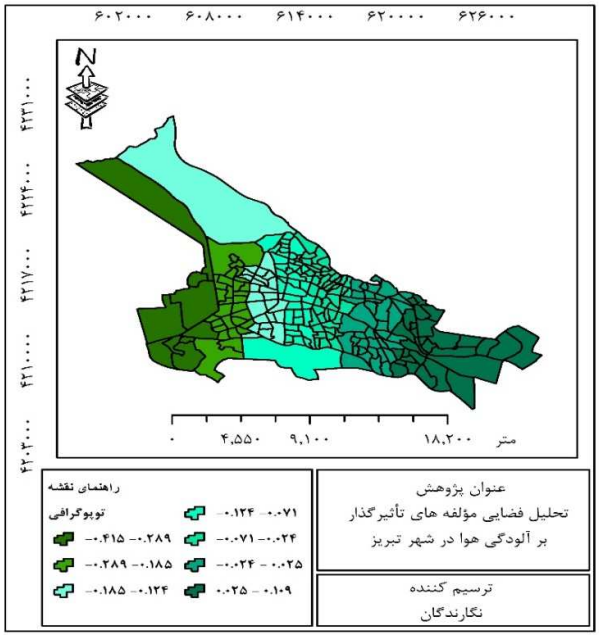
ی. استفاده از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی برای بررسی تأثیر ارتفاعات در جنوب شرق تبریز بر دی‌اکسید نیتروژن

در این بخش نیز ارتفاعات به‌عنوان متغیر مستقل و غلظت دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته می‌باشد. نتایج حاصل از تأثیرگذاری ارتفاعات بر تغییرات دی‌اکسید نیتروژن با استفاده از روش‌های حداقل مربعات معمولی (OLS)[1] و رگرسیون وزنی جغرافیایی به شکل زیر می‌باشد: شهر تبریز با خطوط ارتفاعی احاطه‌شده که قسمت‌های جنوب شرقی و شرق تبریز بالاترین ارتفاع را در برگرفته است که به سمت مرکز شهر از این ارتفاعات کاسته می‌شود و جنوب غرب پست‌ترین نقاط تبریز را در برگرفته است. در مناطق مرتفع شهر تبریز از میزان آلودگی هوا کاسته می‌شود، همان‌طور که در شکل (۱۳)، نیز نشان داده‌شده، قسمت‌های جنوب شرقی که دارای بیشترین ارتفاع در شهر تبریز می‌باشند تأثیر ارتفاع بر دی‌اکسید نیتروژن دارای بیشترین میزان بوده و به‌تدریج به سمت مرکز شهر تبریز از این میزان کاسته می‌شود به‌نحوی‌که در قسمت‌های غربی به کمترین میزان تأثیرگذاری می‌رسد.

1- Ordinary Least Square



شکل ۱۲: وضعیت توپوگرافی (ارتفاع) شهر تبریز و محدوده‌های اطراف



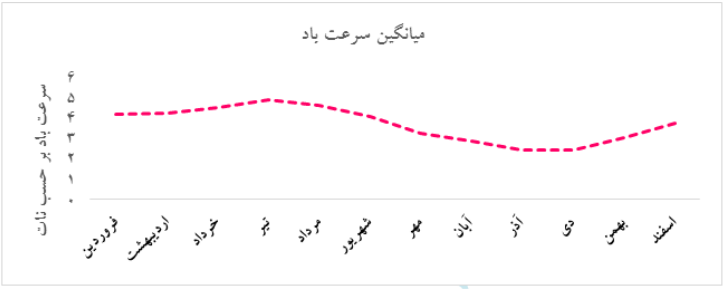
شکل ۱۳: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از توپوگرافی (ارتفاع) در سطح شهر تبریز با روش GWR

ک. ترسیم گلباد سرعت و جهت باد برای بررسی تأثیر جریان باد بر انتشار دی‌اکسید نیتروژن در غرب شهر تبریز

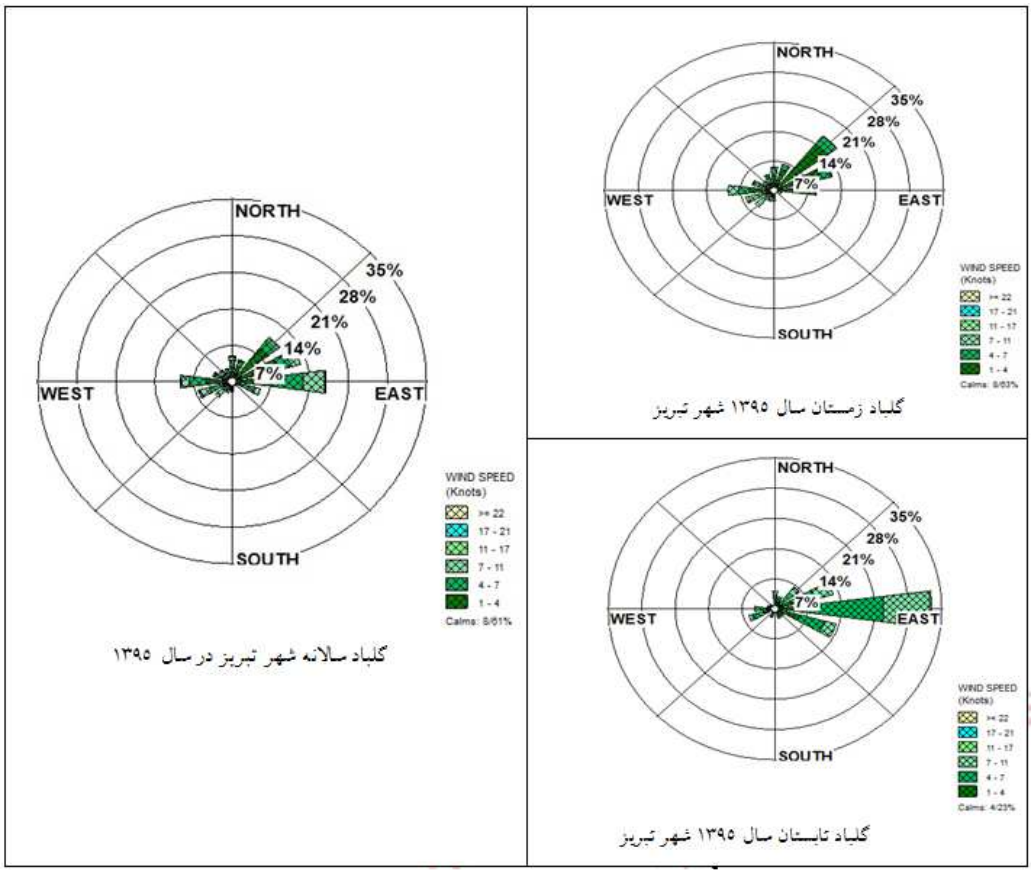
مهم‌ترین عامل انتشار آلودگی هوا، باد و جریانات جوی است. جریان‌های صعودی در تبریز برحسب قدرت و ارتفاع صعود، عامل آلوده‌کننده را به طبقه‌های بالایی جو می‌برد و جریان‌های افقی در طبقه‌های بالایی باعث انتشار این عوامل در فضا و درنتیجه تداوم آنها می‌شود و جریان‌های نزولی برعکس عمل می‌نمایند؛ به این معنی که علاوه بر ممانعت از صعود هوای طبقه‌های پایین، ضمن نزول خود عوامل آلوده‌کننده را از طبقه‌های بالایی به سطح زمین می-آورند و جریان‌های افقی در سطح زمین باعث انتشار این عوامل به نواحی مجاور می‌گردند. جهت جریان هوا در این شهر بر اساس جهت حرکت هوا در پرفشارها و کم‌فشارهای شرقی و غربی بوده است. برای بررسی تأثیر باد بر میزان دی‌اکسید نیتروژن در بخش‌های غربی با استفاده از آمارهای روزانه جهت و سرعت باد و از طریق نرم‌افزار WRPLOT گلباد سالانه و گلباد زمستان و تابستان ترسیم گردید. اطلاعات مربوط به داده‌های سرعت و جهت باد در بازه زمانی فروردین تا اسفند سال ۱۳۹۵ بوده و از طریق سازمان آب و هواشناسی شهر تبریز گردآوری‌شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که جهت باد غالب در مقیاس سالانه شرقی و باد نائب غالب تاحدودی شمال شرقی است (اسمعیل پور،۱۳۹۳) در گلباد زمستان باد غالب (۲۱ درصد از کل بادها) دارای جهت شمال شرقی می‌باشد که ۷ درصد از این بادها با سرعت ۷-۱۱ متر بر ثانیه، ۹ درصد با سرعت ۴-۱ متر بر ثانیه و ۵ درصد با سرعت ۴-۷ متر بر ثانیه بوده است. باد غالب نائب در گلباد زمستان جهت شرقی داشته است. این بادها یکی از عوامل اصلی هدایت‌کننده آلاینده-های ناشی از صنایع شرق تبریز به سمت مرکز شهر در فصل زمستان می‌باشند. در گلباد تابستان باد غالب در جهت شرق (۳۵ درصد کل بادها) بوده و حدود ۷ درصد از این بادها دارای سرعت ۷-۱۱ متر بر ثانیه، ۱۴ درصد سرعت ۱-۴ متر بر ثانیه و ۱۴ درصد ۴-۷ متر بر ثانیه جریان داشته‌اند. گلباد سالانه نیز نشان می‌دهد که جهت باد غالب جهت شرقی (۲۱ درصد از کل باده‌ها) و باد نائب غالب جهت شمال شرقی داشته است، در گلباد سالانه ۱۴ درصد از بادهای غالب سرعت ۱-۴ متر بر ثانیه و ۷ درصد سرعت ۴-۷ متر بر ثانیه داشته است. بر این اساس نتایج نشان می‌دهد که بادهای غربی بسیار ضعیف‌تر از بادهای شرقی بوده و تأثیر این عامل بر انتشار آلاینده‌ها در غرب بسیار کم می‌باشد و نمی‌توان جریان باد را به‌عنوان یک عامل که نقش اساسی در انتشار دی‌اکسید نیتروژن در غرب شهر تبریز داشته باشد در نظر گرفت.

جدول ۱: میانگین ماهانه سرعت باد در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین	۴/۲۱	۴/۳۱	۴/۵۴	۴/۹۶	۴/۶۵	۴/۱۳	۳/۳۱	۲/۹	۲/۴۵	۲/۴۵	۳/۰۶	۳/۸۱



شکل ۱۴: میانگین ماهانه سرعت باد در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵



شکل ۱۵: گلباد سالانه شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای بررسی عوامل مؤثر بر افزایش میزان دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز تراکم ساختمانی، جمعیتی، فضاهای سبز، صنایع، تقاطع‌ها، ایستگاه‌های اتوبوس، فاصله از صنایع و توپوگرافی به‌عنوان متغیر مستقل و دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر مستقل و جریان باد به‌عنوان عامل انتشاردهنده این آلاینده در نظر گرفته شد که نتایج نشان داد هر یک از متغیرهای مستقل در قسمت‌های مختلف شهر به نحوی بر میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن تأثیرگذار بوده‌اند؛ به‌طوری‌که تراکم ساختمانی به‌عنوان مهم‌ترین عامل افزایش‌دهنده غلظت این آلاینده در مرکز شهر تبریز شناخته شد. همچنین در قسمت مرکزی شهر تبریز میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن براثر تراکم تقاطع‌ها و تراکم ساختمانی افزایش‌یافته است. در قسمت‌های شرقی و جنوب شرق تبریز عامل تراکم صنایع و تراکم جمعیتی بیشترین اثرگذاری را برافزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته‌اند. بخش‌های غربی شهر با توجه به جانمایی نامناسب (عدم رعایت فاصله طولی و حریم صنایع) فعالیت‌های صنعتی بزرگی همچون پتروشیمی، تراکتورسازی و

صنایع وابسته به آنها، دارای بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. البته تأثیر این آلاینده‌ها تنها محدود به نواحی غربی شهر نمی‌شود بلکه براثر وزش بادهای ملایم غربی بخش مرکز را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین جانمایی نامناسب و همجواری این صنایع با شهر موجب افزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن در قسمت‌های غربی و مرکزی گردیده است. تراکم ایستگاه‌های اتوبوس در قسمت‌های شرقی و مرکزی و بخش‌هایی از قسمت‌های جنوبی بیشترین تأثیرگذاری را بر تغییرهای میزان دی‌اکسید نیتروژن داشته است. بیشترین تأثیر ارتفاعات بر میزان دی-اکسید نیتروژن در قسمت‌های جنوب‌شرقی بوده است. برای بررسی تأثیر باد بر انتشار دی‌اکسید نیتروژن، گلباد سرعت و جهت باد برای سه بازه زمانی سالانه، زمستان و تابستان ترسیم گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که بادهای غالب جهت شرقی و شمال شرقی داشته و جریان باد در جهت غربی ضعیف بوده و تأثیر چندانی بر افزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در بخش‌های غربی نداشته است. همچنین خروجی‌های حاصل از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی نشان می‌دهد که ضریب تبیین به‌دست‌آمده ۶۲ درصد بود یعنی به‌نوعی ۶۲ درصد از آلودگی‌های شهر تبریز را متغیرهای موردبررسی در این پژوهش توجیه می‌کنند.

درمجموع با توجه به اینکه اهداف تمام پژوهش‌های مرتبط با موضوع آلودگی هوا در مناطق شهری، بررسی تأثیر عوامل انسانی در افزایش شاخص‌های آلودگی هوا می‌باشد، نتایج این تحقیق نیز برخی از نتایج مطروحه در پیشینه را تأیید می‌کند. ازجمله با نتایج بررسی الگوهای هم‌مکانی و آلودگی هوا در منطقه ۶ تهران توسط اکبری و صمد زادگان (۱۳۹۴) که در آن الگوی آلودگی با افزایش تراکم کاربری‌های تجاری، اداری و جمعیتی بخش مرکزی شهر به این سمت گرایش پیدا می‌کند، منطبق می‌باشد. همچنین به‌نوعی نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق شیائوپینگ و زژو (۲۰۱۸) مبنی بر تأثیر قابل‌توجه عوامل طبیعی (توپوگرافی) و انسانی (تراکم صنایع) در زمان‌بندی و کیفیت هوای مناطق شهری چین را مورد تأکید قرار می‌دهد.

منابع

آروین عباسعلی، (۱۳۹۷)، بررسی اثر ذرات گردوغبار کمتر از ۲.۵ میکرن بر سلامتی در شهر اصفهان، مجله برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۸، شماره ۳، صص.۱۲۴-۱۱۱

اکبری محمد؛ صمدزادگان فرهاد، (۱۳۹۴)، الگو کاوی آلودگی هوای منطقه شهری با استفاده از مدل توسعه‌یافته روش داده‌کاوی هم‌مکان، نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، سال ۵، دوره ۶، صص ۳۰۷-۲۹۳.

اسمعیل پور، مرضیه (۱۳۹۳)، تحلیل انرژی باد و پیش‌بینی سرعت آن در شمال غرب ایران، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تبریز

پژویان جمشید؛ مرادحاصل نیلوفر، (۱۳۸۶)، بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، فصلنامه پژوهشی اقتصادی، سال ۷، شماره ۴، صص ۱۴۱-۱۶۰.

جفعرزاده نفیسه، (۱۳۸۴)، آلودگی هوا در فعالیت‌های اکتشاف و استخراج نفت و گاز، همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت، تهران، مؤسسه مطالعاتی زیست محیط پاک، ۱۵ و ۱۶ شهریور ۱۳۸۴.

خراسانی نعمت‌الله؛ چراغی مهرداد؛ ندافی کاظم؛ کرمی محمود، (۱۳۸۱)، بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان در سال ۱۳۷۸ و ارائه راهکارهایی برای بهبود آن، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره ۴، صص ۵۵۹ – ۵۶۷.

زارع‌فرد رضا، (۱۳۹۳)، بررسی تأثیر حمل‌ونقل عمومی قطار شهری بر آلودگی هوا، سوخت و ترافیک شهر شیراز، فصلنامه آموزشی، پژوهشی و اطلاع‌رسانی مدیریت شهری نوین، سال ۲، شماره ۵، صص ۴۵-۱۹.

زمانی لیلا، جواهریان زهرا، (۱۳۹۴)، کنکاشی بر روند تحولات شاخص‌های پایداری در نظام بین‌المللی، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۷، شماره ۴، ۲۰۲-۱۱۳

سازمان راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی، (۱۳۸۵)، طرح توسعه و عمران تبریز.

سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۷.

سلیمانی علی، (۱۳۹۳)، بررسی مکانیزم‌های تولید NOX پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

شکری فیروزجاه پری، (۱۳۹۰)، بررسی میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز اتومبیل‌های شهر کرمانشاه و تأثیر آن بر سلامت انسان، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دوره ۲، شماره ۳، صص ۸۲-۷۵.

صفوی سید نوید؛ موسوی مریم؛ دهقان‌زاده ریحانی رضا؛ شاکری مسعود، (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی فصلی و مکانی شاخص کیفیت هوا و آلاینده‌های هوای محیطی شهر و بررسی مشکلات اجرایی موجود شهر تبریز به کمک نرم‌افزار GIS، مجله سلامت و بهداشت، دوره ۷، شماره ۲، صص ۱۷۷-۱۵۸.

قربانی رسول؛ حسین زاده دلیرکریم؛ شکری فیروزجاه پری، (۱۳۹۰)، بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر تبریز بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، نشریه علمی – پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۶، شماره ۳۹، صص ۱۰۸-۸۹.

قربانی خلیل؛ آقا شریعتمداری زهرا، (۱۳۹۱)، تأثیر گرادیان‌های موضعی در افزایش دقت درون‌یابی داده‌های اقلیمی به روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال پنجم، شمار ۱۰، صص ۱۴۳-۱۳۲.

مشکینی ابوالفضل؛ آزادی قطار سعید؛ رکن‌الدین افتخاری عبدالرضا؛ مصطفوی احسان؛ احدنژاد روشنی محسن، (۱۳۹۵)، تحلیل ارتباط بین الگوی جغرافیایی سرطان ریه و آلودگی هوا در ساختار فضایی شهر تهران، فصلنامه تحقیقات جغرافیا، سال ۳۱، شماره چهارم، شماره پیاپی ۱۲۳، صص ۲۳-۷.

وات کنت، (۱۳۸۳)، مبانی محیط‌زیست، ترجمه عبدالحسین وهاب‌زاده، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۴۴ صفحه.

Abhishek, T. (2010). Air pollution: measurement, modeling, and mitigation, Routledge, Newyork.501pp.

Chen, X., & Ye, J., (2017, June), When the wind blows: spatial spillover effects of urban air pollution, In 2017 Annual Meeting, July 30-August 1, Chicago, Illinois (No. 258256), Agricultural and Applied Economics Association.

Carlisle, A. J., & Sharp, N. C. C, (2001), Exercise and outdoor ambient air pollution, British journal of sports medicine, 35(4), 214-222.

Fang, C., Liu, H., Li, G., Sun, D., & Miao, Z, (2015), Estimating the impact of urbanization on air quality in China using spatial regression models, Sustainability, 7(11), 15570-15592.

Faisal, K., & Shaker, A., (2017), Improving the Accuracy of Urban Environmental Quality Assessment Using Geographically-Weighted Regression Techniques, Sensors, 17(3), 528.

Guanglong, D., Erqi, X., & Hongqi, Z, (2017), Urban Expansion and Spatiotemporal Relationships with Driving Factors Revealed by Geographically Weighted Logistic Regression, Journal of Resources and Ecology, 8(3), 277-286.

Kopuz, E. B., & Dincer, B, (2017), Outdoor air quality sulfur dioxide in Istanbul, BULGARIAN CHEMICAL COMMUNICATIONS, 49, 64-69.

Mondal, B., Das, D. N., & Dolui, G, (2015), Modeling spatial variation of explanatory factors of urban expansion of Kolkata: a geographically weighted regression approach, Modeling Earth Systems and Environment, 1(4), and 29.

Robinson, D. P., Lloyd, C. D., & McKinley, J. M, (2013), Increasing the accuracy of nitrogen dioxide (NO2) pollution mapping using geographically weighted regression (GWR) and geostatistics, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, 374-383.

Research Article

Spatial analysis of factors affecting air pollution in Tabriz city

Hooshang Sarvar*[1], Marziyeh Esmaeilpour[2], Mansour Kirizadeh[3], Mahtab Amrai[4]

Received: 31-08-2019 Revised: 24-12-2019 Accepted: 24-03-2020

Abstract

In recent decades, Tabriz metropolis as the largest city in the northwest of the country has faced increasing population growth and development of industrial, commercial, services and residential structures. Increasing development along with failure to comply with land use planning criteria has led to an increase in air pollution. Current study has been carried out in order to understand factors causing pollution in Tabriz city. Research method is descriptive analytical and the type of the information is documental- library. Eight indicators, i.e. floor area ratio, population density, intersection density, bus stop density, industries density, green spaces density, distance from industries and elevation were used as predictor variable. NO2 concentration was used as dependent variable and wind flow was used as an emission factor. In order to analyze the data, ordinary least squares and geographically weighted regression were used. According to the results of ordinary least square, the relationship between predictor variables and dependent variables is significant. So that the concentration of nitrogen dioxide increases with increase in floor area ratio, population density, intersection density, bus stop density, and industries density. In fact, there is a direct correlation between these variables and the concentration of nitrogen dioxide. By increasing the elevation and the distance from industries, the concentration of this pollutant decreases, which indicates an inverse correlation between these two variables and the dependent variable. Based on the results of geographically weighted regression model, considered variables account for 62% of air pollution in the city. Finally, maps of spatial variations of independent variables were drawn by using geographic weighted regression in the city of Tabriz.

Keywords: air pollution, ordinary least squares regression, geographically weighted regression, Tabriz city.

[1]*- Assistant Professor of Geography and urban planning, Department of Geography, university of Maragheh, Iran
Email: sarvarh@maragheh.ac.ir
[2]- Assistance Professor of Climatology, Department of Geography, university of Maragheh, Iran
[3]- PhD in geomorphology, lecturer Department of Geography, University of Maragheh, Iran
[4]- MSc Geography and Urban Planning, University of Maragheh, Iran

References

References (in Persian)

Akbari, M., Samadzadegan, F., (2014), A sample of air pollution in the urban area using the developed model of data mining method, Journal of Science and Technology of Mapping, Vol. (5), No. 3,pp.293-307 [in Persian]

Arvin, A,.(2018), Investigating the Effect of Dust Particles Less Than 2.5 Microns on Health in Isfahan, Journal of Spatial Planning, Volume (2), No 2, pp,111-124. [in Persian]

Ataei, H., Hashemi Nasab, S., (2010), Identification and analysis of effective atmospheric balance patterns in Isfahan city air pollution. Journal of Urban Research and Planning, Journal of Urban Research and Planning, Volume(2), No 4, pp,97-112. [in Persian]

Esmaeilpour, M., (2014) Wind Energy Analysis and its Speed Forecast in Northwest of Iran, PhD Thesis, University of Tabriz. [in Persian]

East Azarbaijan Province Road and Urban Development Organization, (2006). Tabriz Development and Civil Plan, [in Persian]

East Azarbaijan Meteorological Organization, 2018. [in Persian]

Gorbani, R., Hosseinzadeh Delir, K., Shokri Firoozjah, P,.(2011), Study of the status of air pollution in Tabriz city based on main component analysis (PCA)), Journal of Geography and Planning Volume (16), No, 39, pp, 108 – 89. [in Persian]

Gorbani, K, Aghasriyatmadari, Z,.(2011), Effect of Localized Grades on Increasing the Accuracy of Inland Data Entry by Geographical Weighting Regression, Journal of Watershed Management, Vol(5).No, 10, pp. 132-143. [in Persian]

Jafarzadeh, N., (2005), Air Pollution in Oil and Gas Exploration and Extraction Activities), Conference on Air Pollution and its Effects on Health, Tehran, Institute of Clean Environment Studies, September 15 and 16. [in Persian]

Khorasani, N., Cheraghi, M., Nadafi, K., Karami, M., (2001). Comparison and comparison of air quality in Tehran and Isfahan cities in 1999, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. (55), No. 4, pp. 559 – 567. [in Persian]

Meshkini, A, Azadi ghatar, S, Roknaddin Eftekhari, A, Mostafavi, E, Ahadnejad Reveshti, M,.(2014), Analysis of the Relationship between the Lung Cancer Geographic Pattern and Air Pollution in Tehran's Spatial Structure, Quarterly Journal, No. 31, Vol. Successive 123, pp. 7–23. [in Persian]

Pajouyan, J., Moradhasil, N., (2008) Effect of Economic Growth on Air Pollution, Journal of Economic Research, Volume(7), No,4, pp. 141-160. [in Persian]

Quality Index and Environmental Pollutants of the City and Investigation of Existing Problems of Tabriz City Using GIS Software, Journal Health, Volume (7), No 2, pp. 177-158. [in Persian]

Soleimani, A., (2014), Investigation of NOX Production Mechanisms MSc, Amir Kabir University of Technology. [in Persian]

Shokri Firouzjah P., (2011), Investigation of Emissions of Kermanshah Car Exhaust and Its Impact on Human Health, Urban Ecology Research, Volume (2), No 3, pp. 82-75. [in Persian]

Safavi, S., Mousavi, M., Dehghanizadeh, R., Shakeri, M., (2016), Seasonal and spatial zoning of air quality index and environmental pollutants of the city and evaluation of existing problems in Tabriz city using GIS software, Journal of Health, Volume (7), No 2, pp, 158-177. [in Persian]

Watt, Kent, Environmental Principles, Translated by Abdolhossein W,.(2004) Mashhad: Mashhad University Academic Press,p,344. [in Persian]

Zamani, L, Javaherian, Z, (2016), Investigating the Process of Sustainability Indicator Developments in the International System, Journal of Environmental Science and Technology, Volume (17), No4, pp,183-203. [in Persian]

References (in English)

Abhishek, T. (2010). Air pollution: measurement, modeling, and mitigation, Routledge, Newyork.501pp.

Chen, X., & Ye, J., (2017, June), When the wind blows: spatial spillover effects of urban air pollution, In 2017 Annual Meeting, July 30-August 1, Chicago, Illinois (No. 258256), Agricultural and Applied Economics Association.

Carlisle, A. J., & Sharp, N. C. C, (2001), Exercise and outdoor ambient air pollution, British journal of sports medicine, 35(4), 214-222.

Fang, C., Liu, H., Li, G., Sun, D., & Miao, Z, (2015), Estimating the impact of urbanization on air quality in China using spatial regression models, Sustainability, 7(11), 15570-15592.

Faisal, K., & Shaker, A., (2017), Improving the Accuracy of Urban Environmental Quality Assessment Using Geographically-Weighted Regression Techniques, Sensors, 17(3), 528.

Guanglong, D., Erqi, X., & Hongqi, Z, (2017), Urban Expansion and Spatiotemporal Relationships with Driving Factors Revealed by Geographically Weighted Logistic Regression, Journal of Resources and Ecology, 8(3), 277-286.

Kopuz, E. B., & Dincer, B, (2017), Outdoor air quality sulfur dioxide in Istanbul, BULGARIAN CHEMICAL COMMUNICATIONS, 49, 64-69.

Mondal, B., Das, D. N., & Dolui, G, (2015), Modeling spatial variation of explanatory factors of urban expansion of Kolkata: a geographically weighted regression approach, Modeling Earth Systems and Environment, 1(4), and 29.

Robinson, D. P., Lloyd, C. D., & McKinley, J. M, (2013), Increasing the accuracy of nitrogen dioxide (NO2) pollution mapping using geographically weighted regression (GWR) and geostatistics, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, 374-383.