مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۸، سال ٦، شماره ٤: ٤٣٠-٤٤٢

سیاهه انتشار GIS پایه آلاینده‌های هوای ناشی از منابع متحرک در ساعات اوج ترافیک صبح؛ مطالعه موردی: شهر کرج

مظاهر معین الدینی*، محمدصالح علی طالشی

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۷/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲٤

چکیده

زمینه و هدف: سیاهه انتشار منابع متحرک یک عنصر اساسی برای مطالعه کیفیت هوا است. جهت حمایت از توسعه سیاست‌های عمومی جامعه با رویکرد کاهش جرم کلی انتشارات آلاینده‌های هوا، هدف از مطالعه حاضر، تهیه یک سیاهه انتشار GIS پایه آلاینده‌های هوای شهر کرج ناشی از منابع متحرک بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر در سال ۱۳۹۵ انجام و از مدل بین المللی انتشار از وسایل نقلیه (IVE) برای تخمین میزان انتشار آلاینده‌های دی اکسیدکربن، مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی فرار، اکسیدهای گوگرد و ذرات معلق استفاده و از محیط GIS جهت نمایش توزیع انتشارات آلاینده‌ها در ساعات اوج ترافیک صبح در معابر شهر کرج استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که میزان حداکثر انتشار آلاینده‌های هوا در ساعات اوج ترافیک صبح به صورت؛ دی اکسید کربن (٥٩٤٤/٠٧)> مونوکسید کربن (٢٩٧/٥٥)> اکسیدهای نیتروژن (٣٢/٧٠)> ترکیبات آلی فرار (٣١/١٦)> ذرات معلق (٢١/٢٤)> اکسیدهای گوگرد (١/١٠٢) کیلوگرم در ساعت در سطح شهر کرج است. وسایل نقلیه سنگین مسئول حداکثر انتشار دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق و وسایل نقلیه سبک مسئول انتشار مونوکسید کربن، ترکیبات آلی فرار و اکسیدهای گوگرد بودند.

نتیجه‌گیری: این سیاهه برای سیاست‌مداران و محققان برای فهم بهتر شرایط جاری آلودگی هوا در منطقه مفید است و ورودی بسیار ضروری را جهت مدل‌سازی و سیاست‌گذاری کیفیت هوای منطقه‌ای فراهم خواهد نمود.

کلمات کلیدی: سیاهه انتشار، آلودگی هوا، منابع متحرک، ترافیک صبح، کرج

* **نویسنده مسئول:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
ایمیل: Moeinaddini@ut.ac.ir - تلفن تماس: ۰۲۶-۳۲۲۲۳۰۴۴

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

مقدمه

آلودگی هوا ریسک بهداشتی قابل توجهی را در مناطق شهری ایجاد می‌نماید. به طوری‌که می‌تواند سبب افزایش بیماری‌های تنفسی و قلبی عروقی گردد. بار مالی بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا در کلان شهرهای ایران سالانه فراتر از ۸ میلیارد دلار است[۱]. بنا به گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO) تماس با گازها و ذرات آلاینده هوا مسئول مرگ و میر ۲۲۳۰۰۰ نفر در سال ۲۰۱۰ در سراسر جهان به دلیل سرطان ریه بود[۲]. همچنین نتایج تحقیقی نشان داده است که آلودگی هوای محیط هر ساله در سراسر جهان منجر به ۳,۳ میلیون مرگ و میر پیش از سن بلوغ و عمدتاً در آسیا می‌گردد[۳]. در مناطق شهری، حمل و نقل جاده‌ای در افزایش انتشارات آلاینده‌های هوا سهیم است و متعاقب آن مشکلات همراه با انسان و محیط‌زیست وابسته به نوع آلاینده و غلظت آلاینده است[٤]. این امر ناشی از وابستگی انرژی به محصولاتی همچون سوخت بنزین و گازوئیل است که در انتشار آلاینده‌های اتمسفری سهیم است. با این حال، افزایش تعداد وسایل نقلیه موتوری نیز این وسایل را به عنوان یک سهم عمده در آلودگی هوای شهری به شمار آورده است. در چند دهه اخیر، صنعت خودروسازی در جهان تکنولوژی‌های متعددی را برای کاهش انتشارات آلاینده‌های هوای ناشی از وسایل نقلیه موتوری ابداع کرده است که وجود قوانین سخت‌گیرانه در این زمینه در این نوآوری‌ها بی تأثیر نبوده است[٤]. برای حمایت از توسعه سیاست‌های جامعه برای کاهش مقادیر کلی انتشارات، ضروری است تا یک سیاهه انتشار آلاینده‌ها از بخش حمل و نقل جاده‌ای تهیه شود.

شبکه‌های پایش آلودگی هوا مکانیزم اصلی برای کسب اطلاعات در رابطه با گازها و آلاینده‌های ذرات معلق هوا هستند[٦،٥]. با این حال، آنها در بسیاری از مراکز شهری موجود نیستند چون هزینه‌های عملکردی و سرانه‌شان بسیار بالا است و نیازمند کارکنان حرفه‌ای متخصص است[٨،٧]. کسب سیاهه‌های انتشار آلودگی هوا به نظر می‌رسد که یک روش جایگزین ساده و ارزان برای نیازهای شهرهایی بدون شبکه‌های پایش یا با شبکه‌های پایش ناقص باشد[۹]. بنابراین سیاهه‌های انتشار ضرورتاً توزیع فضایی انتشارات منابع را در نظر نمی‌گیرند[۱۰]. سیاهه انتشار آلاینده‌های هوا به طور کلی می‌توانند اطلاعات اساسی در رابطه با فهم منابع انتشار فراهم نمایند که در راستای استراتژی‌های کاهش آلاینده‌ها است. در سال‌های اخیر، سیاهه‌های انتشار هوای متعددی در مقیاس‌های مختلف همچون مقیاس منطقه‌ای، ملی و قاره‌ای برقرار شده است[۱۱]. مواردی از مکان‌هایی که این سیاهه‌های انتشار بررسی شده‌اند شامل: برزیل[۱۲]، کلمبیا[۱۳]، هند[۱٤]، چین[۱٥]، ایتالیا[۱٦] و ایالات متحده[۱۷] هستند. روند انتشار وسایل نقلیه در چین از سال ۲۰۰٦– ۲۰۰۹ براساس اطلاعات پایگاه داده فاکتورهای انتشار آلاینده‌ها برای تمامی طبقات وسایل نقلیه موتوری در سطح جاده‌ای بررسی[۱۸] و نتایج نشان داد که نرخ‌های انتشارات CO و NMVOC کاهش اما انتشارات NO_x و PM_{10} افزایش نشان داده است. محققین کنترل شدیدتر وسایل نقلیه مسافربری و موتورسیکلت‌ها را برای کاهش انتشارات CO و NMVOC و کنترل وسایل نقلیه سنگین و اتوبوس‌ها را برای کاهش NO_x و PM_{10} ضروری دانستند. همچنین در مطالعه‌ای فعالیت خودروها و سیاهه انتشار بین پکن و شانگهای بررسی شد[۱۹]. براساس داده‌های فعالیت وسایل نقلیه، مدل بین المللی انتشار وسایل نقلیه (IVE) برای ارزیابی سیاهه‌های انتشار وسایل نقلیه استفاده شد. تحلیل انتشارات برای پکن نشان داد که حدود ۳ تن از ذرات معلق (PM)، ۱۹۹ تن از اکسیدهای نیتروژن (NOx)، ۱۹۲ تن از ترکیبات آلی فرار (VOCs) و ۲٤۰۳ تن از کربن مونوکسید (CO) از وسایل نقلیه جاده‌ای رهاسازی شده‌اند که مشابه با شهر شانگهای بود. محققین این گونه روش کمی‌سازی انتشار را همراه با دانش فنی مفید برای سایر مناطق شهری دانستند. سیاهه انتشار مرسوم آلاینده‌های هوا ناشی از حمل و نقل جاده‌ای برای ریودوژانیرو، برزیل در

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

مطالعه‌ای تهیه شد[٤]. در این مطالعه از رویکرد پایین- بالا برای تخمین مقدار آلاینده‌های هوا استفاده شده بود. نتایج این مطالعه نشان داد که خودروها مسئول ۹۳٪ از انتشار RCHO هستند. این مطالعه استفاده از اتانول هیدراته و گاز طبیعی فشرده (CNG) به جای سوخت‌های نفتی را روشی موثر برای اجتناب از انتشار مازاد آلاینده‌های هوا معرفی نمود. مدل سیاهه انتشار منابع متحرک ناشی از ترافیک جاده‌ای در منطقه پاریس بررسی و از فاکتورهای انتشار اگزوز براساس سبک رانندگی و ناوگان حمل و نقل استفاده کرد[۲۰]. یافته‌های این مدل نشان داد که تراکم ترافیکی و داده‌های سرعت برای محاسبات دقیق انتشار ضروری هستند. همچنین در مطالعه‌ای سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای برای شهر بارسلونا از سال ۱۹۸۷- ۱۹۹٤ تهیه شد[۲۱]. نتایج این مطالعه نشان داد که منبع عمده انتشارات CO_2 در بارسلونا وسایل نقلیه خصوصی هستند که به طور متوسط برای دوره مطالعه ۳۵٪ کل انتشارات را در برمی‌گرفت. توسعه یک سیاهه انتشار GIS پایه برای تهران نیز در مطالعه‌ای بررسی شد[۲۲] و نتایج نشان داد قریب به ۸۵ درصد انتشار آلاینده‌ها ناشی از وسایل نقلیه متحرک است. مطالعه سیاهه انتشار منابع متحرک در شهر ماکائو در چین نیز در مطالعه‌ای بررسی شد[۲۳] و یافته‌ها نشان داد که موتورسیکلت‌ها و وسایل نقلیه مسافربری بنزینی مهمترین سهم را در آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌ها دارند و استراتژی‌های کنترل ذرات معلق و NOx با تمرکز بر وسایل نقلیه دیزلی سنگین امکانپذیر است. برای بهبود دقت و صحت یک سیاهه و مدیریت صحیح داده‌ها لازم است تا روش‌هایی برای توسعه سیستماتیک یک سیاهه انتشار فراهم گردد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) روش‌های کافی برای ذخیره‌سازی، دستیازی و پردازش چنین اطلاعات دیجیتالی را دارد تا فرمت مناسب برای مدل‌ها فراهم گردد. اولین استفاده گسترده از GIS در تحقیقات حمل و نقل در سال ۱۹۸۰ صورت گرفت[٢٤]. با این حال کاربرد GIS در مدل‌سازی و مدیریت کیفیت هوا در اواخر سال ۱۹۹۰ آغاز شد[۲۵]. Sikdar (2001) از GIS برای ایجاد پروفایل داده‌های ساعتی آلودگی هوا برای شهر دهلی استفاده کرد و فواید آن را در مدیریت حمل و نقل نشان داد[۲٦]. Charlot و همکاران (۲۰۰۲) از ابزارهای GIS برای طراحی سیستم تخمین انتشارات شهر Chennai در هند استفاده کردند و انتشارات وسایل نقلیه را بصورت شبکه‌ای محاسبه نمودند[۲۷]. با توجه به مطالعات اندک صورت‌گرفته در ایران در رابطه با سیاهه انتشار آلاینده‌های هوا با وجود بحران آلودگی هوای کلان‌شهرها به خصوص شهر کرج و دسترسی اندک به بودجه مکفی در راستای استقرار شبکه‌های پایش آلاینده‌های هوا، مطالعه حاضر توسعه سیاهه انتشار آلاینده‌های هوای منابع متحرک با استفاده از مدل بین‌المللی انتشار وسایل نقلیه (IVE) در سطح شهر کرج را مورد بررسی قرار داد. هدف از توسعه سیاهه انتشار در این پژوهش، کمی‌سازی مقادیر انتشار آلاینده‌های هوا از منابع متحرک و تفکیک منابع متحرک مختلف برای آلاینده‌های گوناگون در معابر شهر کرج بود. تولید داده‌های مورد نیاز ورودی برای مدل‌های آلودگی هوا بی شک سیاست‌های زیست‌محیطی کاهش آلودگی هوا ناشی از منابع متحرک را بهبود خواهد بخشید.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر کرج، یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان البرز است. کلان‌شهر کرج براساس نتایج سرشماری‌های سال ۱۳۹۵، با ۱۹۷۳٤۷۰ نفر چهارمین شهر پرجمعیت کشور محسوب می‌شود. شهرستان کرج با رشد جمعیت سالانه ۳/۱۷ بالاترین میزان رشد جمعیت را در سطح استان البرز و حتی کشور دارا است[۲۸].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

روش تحقیق

مهم‌ترین اطلاعات در این پژوهش، منابع متحرک بود. این اطلاعات از مراکز شماره‌گذاری استان البرز تا فصل بهار سال ۱۳۹۵ تهیه شدند. در این پژوهش، میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد وسایل نقلیه در معابر شهر کرج تعیین شد. به این منظور ابتدا ناوگان وسایل نقلیه بر اساس اطلاعات مراکز شماره‌گذاری استان البرز بررسی و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه‌های طراحی‌شده کسب شد. در ادامه هر کدام از دسته‌بندی‌های وسایل نقلیه (خودروهای سواری، تاکسی، وانت، مینی‌بوس، اتوبوس واحد، کامیون و اتوبوس سرویس) به صورت جداگانه بر اساس پارامترهایی از جمله نوع سیستم، سال تولید، استاندارد آلایندگی، نوع سوخت مصرفی و کلاس خودرو (حجم موتور) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اطلاعات مربوط به میزان فعالیت وسایل نقلیه در معابر منتخب شهر کرج از طرح مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر کرج استخراج و بر اساس این اطلاعات توزیع پیمایش هر کدام از دسته‌بندی‌های وسایل نقلیه در شهر کرج بدست آمد[۲۹]. مدل‌های ترافیکی معمولا برمبنای ویژگی‌های منطقه موردنظر و همچنین شرایط استفاده از خودروها توسعه داده شده و مورد بررسی قرار می‌گیرند. به‌منظور انجام یک برآورد خام از میزان انتشار آلایندگی وسایل نقلیه در یک منطقه شهری، بایستی اطلاعات ورودی پایه‌ای از ترکیب ناوگان و اطلاعات ترافیکی آماده شود. پس‌ازآن به‌منظور بهبود نتایج و انجام یک محاسبه دقیق‌تر از میزان انتشار آلایندگی، می‌توان ضرایب انتشار پایه استفاده‌شده در مدل را بر اساس تست‌های اندازه‌گیری شده و انجام داد شده روی ناوگان وسایل نقلیه در منطقه موردنظر اصلاح کرد. ضرایب انتشار آلایندگی با استفاده از فرضیات مدل بین‌المللی انتشار وسایل نقلیه متحرک (IVE) به تفکیک دسته‌بندی‌های وسایل نقلیه به ازای دسته‌بندی معابر و همچنین شیب‌های صفر و ۲± درصد اقتباس و در توسعه سیاهه انتشار منابع متحرک شهر کرج مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت میزان و توزیع انتشار سالانه آلاینده‌های مونوکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، ترکیبات آلی فرار، ذرات معلق و دی‌اکسیدکربن ناشی از تردد وسایل نقلیه در شهر کرج در ساعات اوج ترافیک صبح محاسبه و در قالب نرم افزار Arc GIS9.3نمایش داده شد. در این مطالعه سهم هر کدام از وسایل نقلیه در انتشار آلاینده‌های مختلف در ساعات اوج ترافیک صبح نیز بدست آمد.

مدل‌سازی ضرایب انتشار

در این مطالعه به‌منظور محاسبه ضرایب انتشار آلایندگی برای دسته‌بندی‌های هفت‌گانه وسایل نقلیه در نظر گرفته‌شده برای شهر کرج از مدل انتشاری IVE استفاده شد. به منظور محاسبه مقدار انتشار آلایندگی ناشی از وسایل نقلیه با استفاده از مدل IVE از چهار دسته از اطلاعات شامل نرخ انتشار خودروها در شرایط پایه، الگوی رانندگی وسایل نقلیه (سرعت در واحد زمان)، ترکیب ناوگان وسایل نقلیه در دسته‌بندی‌های مختلف و شرایط آب و هوایی و جغرافیایی منطقه و همچنین مشخصات سوخت (شامل دما، رطوبت، ارتفاع از سطح دریا و نوع سوخت مصرفی) استفاده شد. مهمترین ورودی در نرم افزار IVE ضریب مربوط به نوع رانندگی است. این نرم افزار برای بدست آوردن این ضریب از قدرت مشخصه خودرو ((Vehicle Specefic Power (VSP) و تنش موتور (Engine Stress) استفاده می کند.

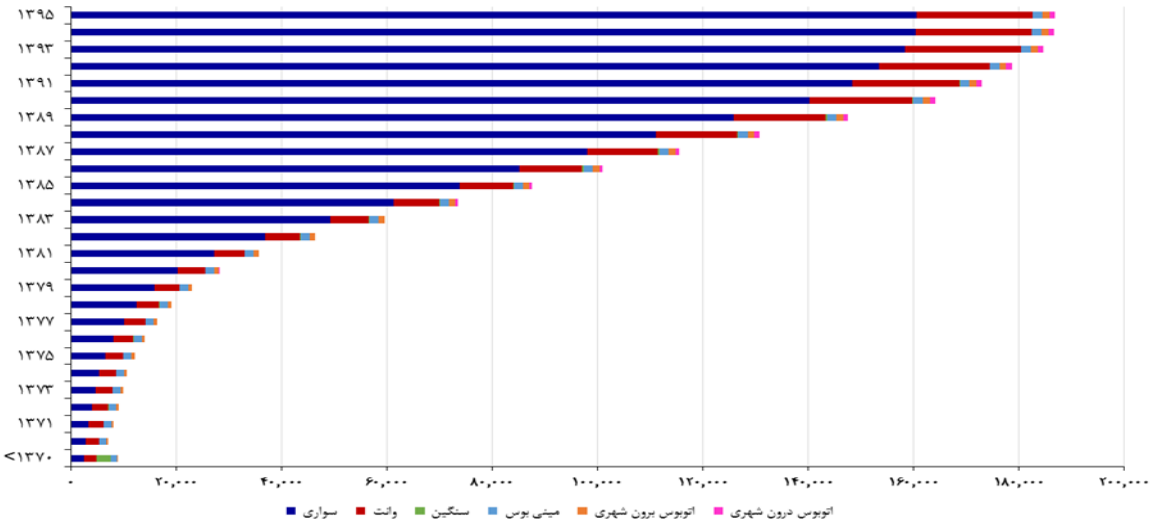
یافته‌ها

بررسی ترکیب ناوگان وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج براساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده به صورت شکل ۱ خلاصه شده است. همچنین وضعیت ناوگان وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج براساس استاندارد آلایندگی در مقایسه با شهرهای دیگر استان البرز با توجه به اطلاعات در دسترس

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس شکل ۱ بیشترین افزایش تعداد کل خودروها در شهر کرج از سال ۱۳۷۰ مربوط به سواری است که حدود ۸ برابر شده است. تعداد کل خودروها نیز از سال ۱۳۷۰ تاکنون حدود ۹ برابر شده است. براساس شکل ۲ بیش از ۸۰ درصد مینی‌بوس‌ها و اتوبوس‌های برون شهری دارای حداکثر استاندارد یورو ۱ بوده‌اند. این استاندارد برای اتوبوس‌های درون شهری حدود ٤٠ درصد بود. بیش از ۲۰ درصد از سواری‌ها و بیش از ٦٠ درصد وانت‌ها دارای استاندارد یورو ۲ بودند. در مقایسه با شهر کرج در سایر شهرها بیش از ٦٠ درصد وسایل نقلیه سنگین دارای استاندارد یورو ۱ و بیش از ٦٠ درصد از وانت‌ها و سواری‌ها دارای استاندارد یورو ۲ بودند. این آمار نشان‌دهنده این است که از لحاظ کمّی بیشترین تعداد خودروها دارای استانداردهای پایین‌تر از استاندارد مجاز رایج در خودروهای کشورهای اروپایی هستند. بی‌شک این شرایط با کاهش بیشتر کیفیت هوای ناشی از تردد وسایل نقلیه غیراستاندارد همراه است. لازم به ذکر است که تعداد کل خودروهای سواری شخصی شماره‌گذاری‌شده در شهر کرج برابر با ۱٦۰۵۸۹ دستگاه است. این تعداد برای وانت‌ها، اتوبوس‌های واحد و اتوبوس‌های سرویس به ترتیب ۲۲۰۹۲، ، ۱۰۳٤، ۱۳۰٦ دستگاه بود.



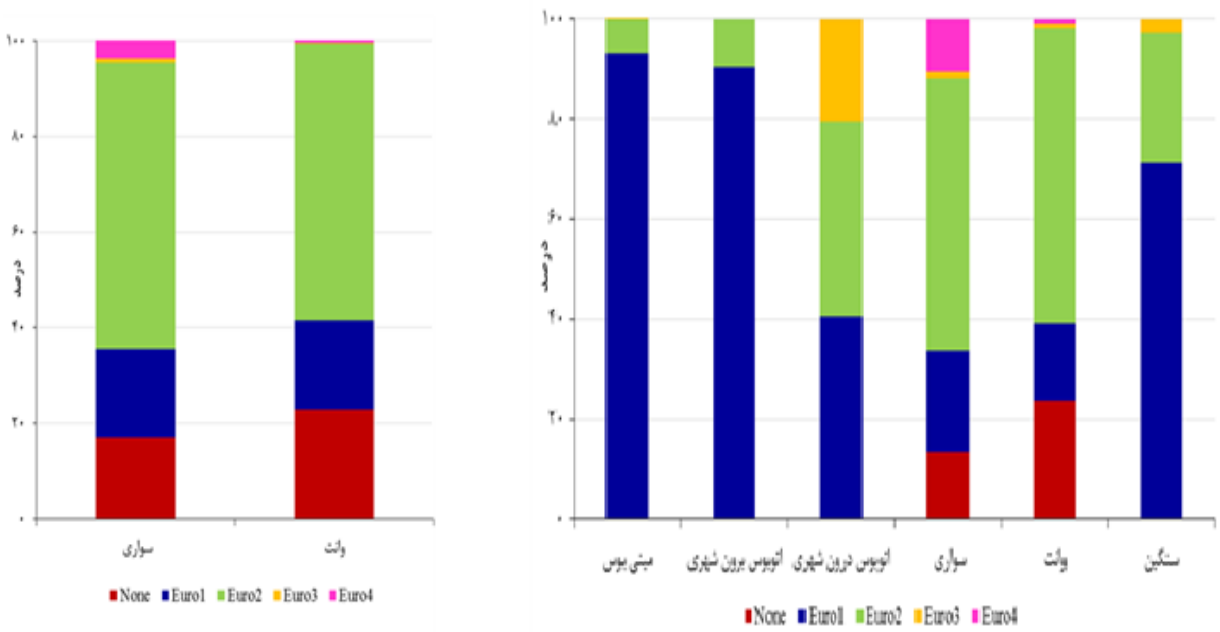
شکل ۱: تعداد کل خودروهای شهر کرج بر اساس اطلاعات شماره‌گذاری

بررسی داده‌های ترافیکی

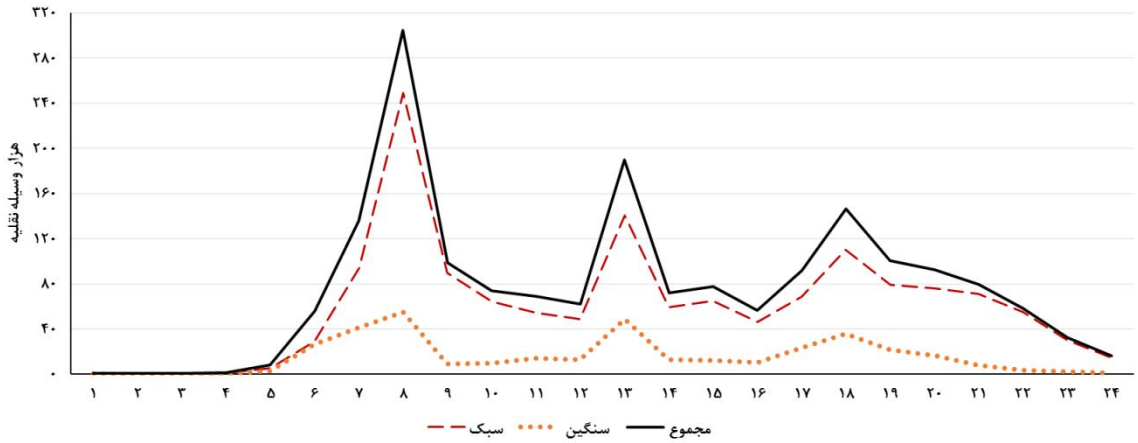
اطلاعات ترافیکی مورد محاسبه نشان می‌دهد که کل پیمایش وسایل نقلیه در ساعت اوج ترافیک صبح در شهر کرج در حدود ۱۸۸۰۷۷٦ کیلومتر است که در این میان خودروهای شخصی سواری بیشترین سهم را داشته و ۳۷ درصد کل پیمایش در شهر را شامل می‌شوند. تاکسی و مسافربر شخصی و اتوبوس واحد نیز به ترتیب سهم ۳۱ و ۹ درصدی از کل پیمایش در شهر کرج در ساعت اوج ترافیک صبح دارند. با توجه به درصد سفرهای موتوری در آمارگیری مبدا و مقصد در شهر کرج به تفکیک هدف از سفر، بیشترین هدف از مسافرت بازگشت به خانه و شغلی بوده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]



شکل ۲: الف: ناوگان وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج بر اساس استاندارد آلایندگی، ب: ناوگان وسایل نقلیه در حال تردد در سایر شهرهای استان بر اساس استاندارد آلایندگی

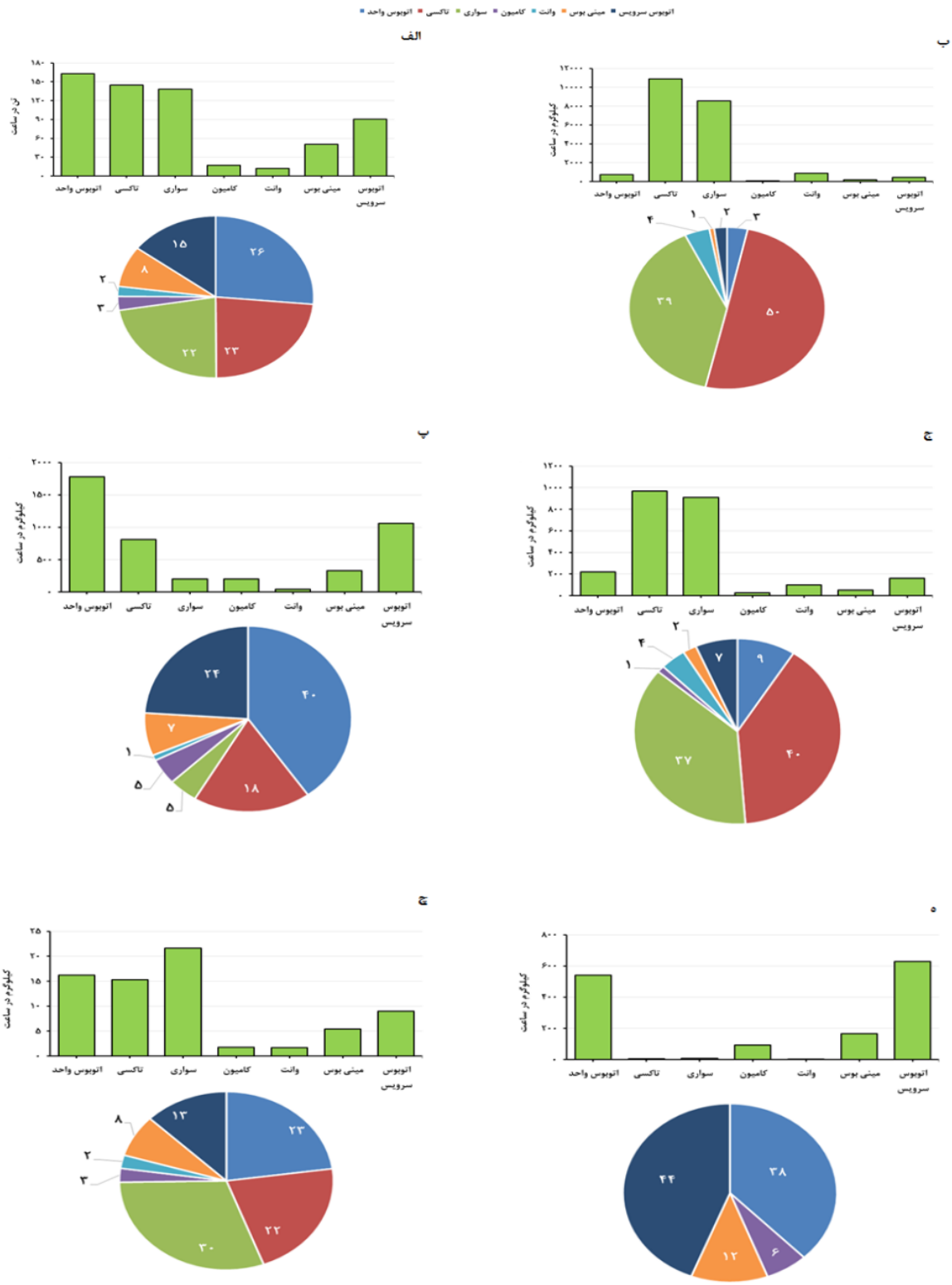


شکل ۳: تغییرات ساعتی حجم ترافیک شهر کرج در شبانه‌روز به ازای وسایل نقلیه سبک، سنگین و مجموع وسایل نقلیه

اطلاعات ترافیکی درصد خودروها در مناطق مختلف شهر کرج در ساعات اوج ترافیک صبح نیز نشان داد که بیش از ۱۲ درصد خودروهای سواری در منطقه ۷، بیش از ۱۲ درصد تاکسی‌ها در مناطق ٦ و ۷، بیش از ۱۵ درصد موتورسیکلت‌ها در حومه ۳ محور ٦ و حومه ٤ محور ۷، بیش از ١٦ درصد وانت‌ها در حومه ۳ محور ٦ و منطقه ۵، بیش از ۱۲ درصد اتوبوس‌های شرکت واحد در حومه ۳ محور ٦، بیش از ۲۰ درصد اتوبوس‌های سرویس در منطقه ٦ و حدود ۱۲ درصد مینی‌بوس‌ها در منطقه ۵ تردد داشتند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]



شکل ٤: میزان انتشار ناشی از دسته‌بندی‌های مختلف وسایل نقلیه در شهر کرج در ساعات اوج ترافیک صبح؛ الف: دی اکسید کربن، ب: مونوکسید کربن، پ: اکسیدهای نیتروژن، ج: ترکیبات آلی فرار، چ: اکسیدهای گوگرد، ه: ذرات معلق

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

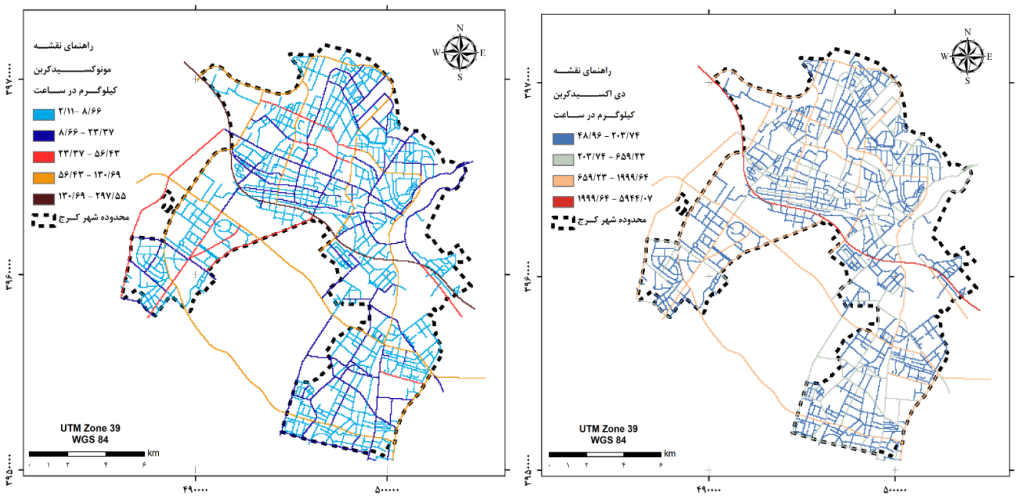
این نتایج حاکی از آن است که به طور کلی مناطق ۵، ٦ و ۷ مکان تردد بیشتر خودروها بوده‌اند. تغییرات ساعتی حجم ترافیک شهر کرج در شبانه روز به ازای وسایل نقلیه سبک، سنگین و مجموع وسایل نقلیه نیز در شکل ۳ نشان داده است. با توجه به شکل ۳، در ساعات ۷ تا ۸ صبح اوج ترافیک صبح مشاهده شد.

بررسی ضرایب انتشار

محاسبه ضرایب انتشار با استفاده از مدل IVE نشان داد که اتوبوس سرویس، اتوبوس واحد و کامیون بیشترین مقدار ضریب انتشار آلاینده های مهم هوای ذرات معلق، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و گاز گلخانه ای دی‌اکسیدکربن را به ازای کیلومتر پیمایش شده، به خود اختصاص داده اند. همچنین، خودروهای شخصی سواری، وانت و تاکسی‌ها دارای بیشترین میزان ضریب انتشار ترکیبات آلی فرار و خودروهای شخصی سواری و وانت دارای بیشترین میزان ضریب انتشار مونوکسیدکربن به ازای کیلومتر پیمایش شده، می‌باشند.

با توجه به تخمین‌های انجام شده می‌توان بیان نمود که بیشترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در ساعات اوج ترافیک صبح به ترتیب با حدود ۱۵۰ تن و بیش از ۱۵۰۰ کیلوگرم در ساعت مربوط به اتوبوس‌های واحد است. بیشترین میزان انتشار مونوکسیدکربن و ترکیبات آلی فرار در ساعات اوج ترافیک صبح ناشی از تاکسی‌ها به ترتیب با بیش از ۱۰۰۰ و ۸۰۰ کیلوگرم در ساعت بود. بیشترین میزان انتشار اکسیدهای گوگرد ناشی از دسته‌بندی‌های مختلف وسایل نقلیه در ساعات اوج ترافیک مربوط به سواری‌ها با بیش از ۲۰ کیلوگرم در ساعت بود. بیشترین میزان انتشار ذرات معلق در ساعات اوج ترافیک صبح نیز با بیش از ٦۰۰ کیلوگرم در ساعت مربوط به اتوبوس‌های سرویس بود. در شکل ٤ درصد میزان انتشار هر کدام از آلاینده‌های هوا برای دسته‌بندی‌های مختلف وسایل نقلیه نشان داده شده است.

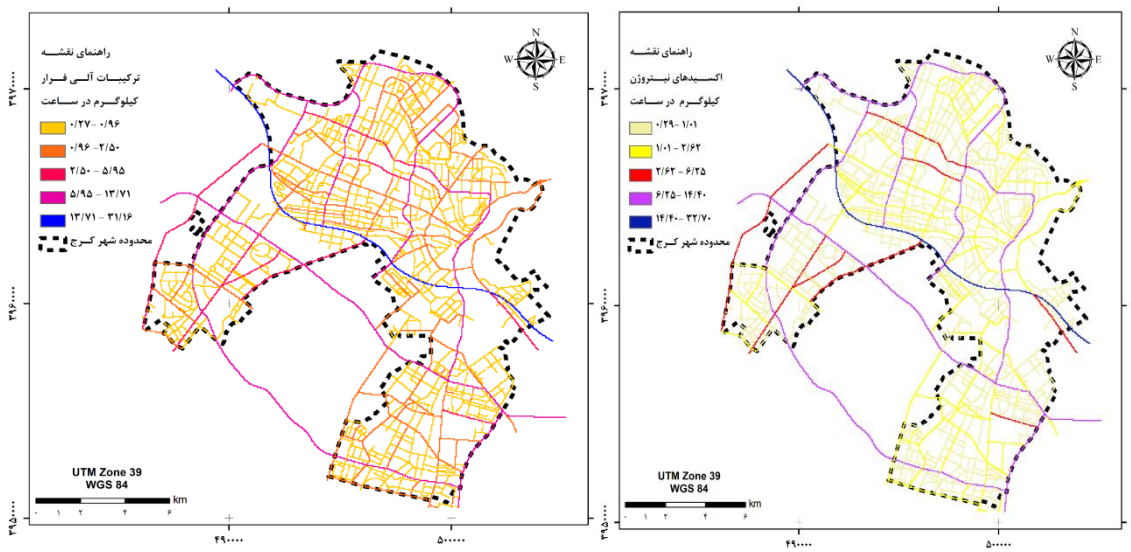
در شکل‌های ۵ تا ۷، به ترتیب توزیع فضایی انتشار آلاینده‌های مونوکسیدکربن، دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی فرار، اکسیدهای گوگرد و ذرات معلق ناشی از وسایل نقلیه در حال تردد در معابر شهر کرج در ساعات اوج ترافیک صبح در شبکه‌های ۵۰ * ۵۰ متر ارائه شده است.



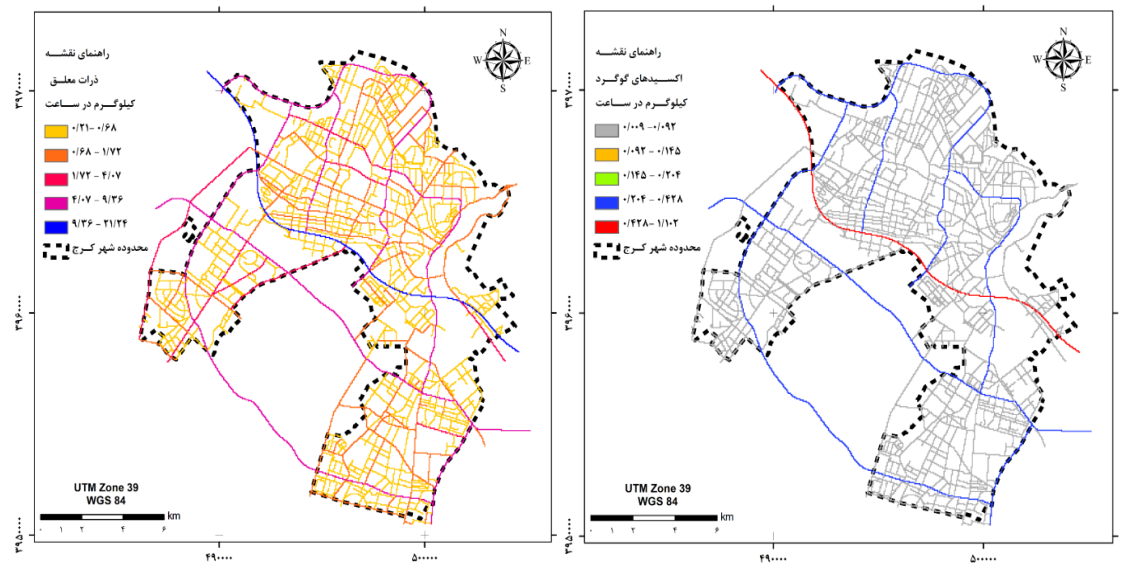
شکل ۵: توزیع انتشار دی اکسید کربن و مونوکسیدکربن ناشی از وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج در ساعت اوج ترافیک صبح در شبکه‌های ۵۰ متر در ۵۰ متر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]



شکل ۶: توزیع انتشار اکسیدهای نیتروژن و ترکیبات آلی فرار ناشی از وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج در ساعت اوج ترافیک صبح در شبکه‌های ۵۰ متر در ۵۰ متر



شکل ۷: توزیع انتشار اکسیدهای گوگرد و ذرات معلق ناشی از وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج در ساعت اوج ترافیک صبح در شبکه‌های ۵۰ متر در ۵۰ متر

با توجه به اشکال ۵ تا ۷، توزیع انتشار آلاینده‌ها در ساعات اوج ترافیک صبح در شهر کرج در مورد دی‌اکسید کربن حداکثر میزان در محدوده ۱۹۹۹/٦٤– ۵۹٤٤/۰۷، مونوکسید کربن در محدوده ۱۳۰/٦۹– ۲۹۷/۵۵، اکسیدهای نیتروژن در محدوده ۱٤/٤۰– ۳۲/۷۰، ترکیبات آلی فرار در محدوده ۱۳/۷۱– ۳۱/۱٦، اکسیدهای گوگرد در محدوده ۰/٤۲۸ – ۱/۱۰۲ و ذرات معلق در محدوده ۹/۳٦ – ۲۱/۲٤ کیلوگرم در ساعت بود. از نظر کمی بیشترین میزان انتشار مربوط به دی‌اکسید کربن و کمترین میزان انتشار مربوط به اکسیدهای گوگرد در ساعات اوج ترافیک صبح بود.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

بحث

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که تعداد کل خودروهای شهر کرج از سال ۱۳۷۰ تاکنون بیش از ۸ برابر شده است. ورود این تعداد خودروها به ناوگان شهری می‌تواند ناشی از رشد شهرنشینی باشد که با افزایش در جمعیت و تحرک شهری همراه است. رهیافت سیاهه انتشار وسایل نقلیه در سطح جاده‌ای در مقیاس مزو برای شهر داکا در بنگلادش نیز نشان داد که روند افزایش وسایل نقلیه هر ساله همراه با افزایش تراکم ترافیک است که سبب افزایش تهدید ناشی از انتشارات وسایل نقلیه است مگر اینکه استراتژی‌های اجرایی جدیدی مدنظر قرار گیرد[۳۰]. نتایج مطالعه حاضر همچنین نشان داد که بیشترین تعداد خودروهای سواری دارای استاندارد یورو ۲ هستند. بدون شک میزان مصرف سوخت و کیفیت سوخت از نکات قابل تأمل در برنامه‌ریزی مدیریت کیفیت هوای کلان‌شهرها است. تعداد بالای خودروهای با استاندارد پایین آلایندگی و مصرف بالای سوخت هر گونه فعالیتی را در راستای بهبود کیفیت هوا می‌تواند خنثی سازد. خصوصیات انتشار سطح جاده‌ای وسایل نقلیه سنگین در شانگهای چین توسط محققین بررسی شد[۳۱] و نتایج نشان داد که نرخ‌های انتشار وسایل نقلیه به طور قابل توجهی با فاکتورهایی همچون سرعت و شتاب تغییر می‌نماید. اندازه‌گیری‌های این محققین ثابت کرد که سرعت اندک همراه با توالی افزایش و کاهش شتاب به ویژه در شرایط متراکم، انتشارات وسایل نقلیه را افزوده و سبب انتشارات بالایی از CO و THC می‌گردد. این نتیجه‌گیری قابل تعمیم به مطالعه حاضر است و نشانگر این است که افزایش تعداد خودروها در شهر کرج همراه با افزایش ترافیک شرایط انتشار آلاینده‌های هوای ناشی از وسایل نقلیه را بدتر خواهد نمود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین انتشار مربوط به مونوکسیدکربن و ترکیبات آلی فرار ناشی از تاکسی‌ها، دی‌اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن ناشی از اتوبوس‌های واحد و اکسیدهای گوگرد ناشی از سواری‌ها است. انتشارات وسایل نقلیه موتوری در چین در سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ توسط محققین در مطالعه‌ای بررسی شد[۳۲] و نتایج نشان داد که انتشارات CO، VOC_s و NH_3 عمدتاً از موتورسیکلت‌ها و وسایل نقلیه سبک بنزینی است درحالی‌که انتشارات NO_x، $PM_{2.5}$ و BC عمدتاً از وسایل نقلیه روستایی و کامیون‌های دیزلی سنگین است که این نتایج همسو با نتایج این مطالعه است. توزیع فضایی سیاهه‌های انتشار وسایل نقلیه در بخش فدرال برزیل نیز در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۵ انجام شد[۱۰] و نتایج نشان داد که وسایل نقلیه سبک مسئول اولیه انتشارات وسایل نقلیه CO، CH_4 و CO_2 هستند در حالی‌که وسایل نقلیه سنگین منبع اصلی برای انتشارات HMHC، NO_x و PM هستند. همچنین بررسی سیاهه انتشار وسایل نقلیه جاده‌ای و آنالیز عدم قطعیت آن برای شهر شانگهای، چین توسط Wang و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد[۳۳] که وسایل نقلیه سنگین همچون کامیون‌ها و اتوبوس‌ها تقریباً در انتشار بیش از نیمی از اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق سهیم هستند. همچنین این مطالعه نشان داد که وسایل نقلیه سبک منبع عمده انتشار مونوکسیدکربن هستند. اندازه‌گیری‌های انتشارات ناشی از وسایل نقلیه سنگین دیزلی در چندین شهر در چین در مطالعه‌ای بررسی شد[۳۴]. یافته‌ها نشان داد که فاکتورهای انتشار HC، CO و $PM_{2.5}$ با اعمال استانداردهای انتشار سخت‌گیرانه‌تر در کیفیت سوخت مصرفی به طور قابل توجهی کاهش یافته است. این مطالعه همچنین نشان داد که اندازه‌گیری‌های محلی برای بهبود صحت تخمین‌های انتشارات وسایل نقلیه متحرک در چین دارای اهمیت می‌باشد. همچنان که هر دو مورد یعنی اندازه‌گیری‌های مستمر انتشارات وسایل نقلیه و نظارت بر کیفیت سوخت مصرفی راهکاری موثر در کاهش انتشار وسایل نقلیه در شهر کرج نیز هستند. روندهای انتشارات وسایل نقلیه در کلان‌شهر چین از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ در مطالعه‌ای توسط Wang و همکاران (۲۰۱۰) بررسی شد[۳۵]. نتایج این مطالعه نشان داد که انتشارات

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

CO، HC، NO_x و PM_{10} وسایل نقلیه متحرک روند کاهشی داشته که محققین دلیل این مسئله را اجرای سیاست‌های کنترل انتشارات وسایل نقلیه دانستند. اجرای چنین سیاست‌هایی در کلان‌شهرهای ایران همچون کرج نیز می‌تواند رویکردی مناسب جهت جلوگیری از روند ازدیاد انتشارات ناشی از منابع متحرک باشد. مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۰) همچنین نشان داد که اتومبیل‌های مسافربری و وسایل نقلیه بزرگ (شامل وسایل نقلیه سنگین و اتوبوس‌ها) منابع اصلی انتشارات CO_2 و CO هستند در حالی‌که همین وسایل نقلیه نزدیک به ۷۰ درصد و ۸۰ درصد از انتشارات NO_x و PM_{10} را تولید می‌نمایند. یافته‌های این محققین نیز همسو با نتایج مطالعه حاضر است و لزوم ایجاد سیاست‌های کنترل بر انتشار این وسایل نقلیه را در کلان‌شهری چون کرج نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر کاملاً همسو با نتایج مطالعات کلیه محققین است. این یافته‌ها لزوم نوسازی ناوگان وسایل نقلیه بخصوص وسایل نقلیه سنگین مؤثر در آلودگی ناشی از ذرات معلق را یادآوری نموده که از عوامل اصلی مهمترین بحران حال حاضر آلودگی هوای کلان‌شهرها بخصوص شهر کرج است. توزیع انتشار آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه در حال تردد در شهر کرج در ساعت اوج ترافیک صبح در شبکه‌های ۵۰ متر در ۵۰ متر نیز نشان داد که در رابطه با آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه سنگین همچون اتوبوس‌های واحد و سرویس، انتشار محدود به شریان‌های اصلی شهری نمی‌گردد و این انتشار مسیرهای برون شهری و بزرگراهی را نیز در برمی‌گیرد در حالی‌که در رابطه با آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه سبک تمرکز بر شریان‌های اصلی شهری است. با این حال بار ترافیکی در محورهای بزرگراهی و برون شهری می‌تواند سبب افزایش بیشتر انتشار آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه سبک نیز گردد. با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر پیشنهاد می‌شود ضمن بهبود تدریجی کیفیت سوخت مصرفی که رویکردی ملی است، سیاست‌های کنترل انتشار از وسایل نقلیه در مقیاس محلی اعمال گردد که باطبع این سیاست‌ها بدون ایجاد فرهنگ‌سازی مناسب رانندگی برای عموم جامعه به عنوان یک عنصر اصلی در میزان انتشار آلاینده‌ها بی نتیجه خواهد بود.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت مالی اداره کل محیط‌زیست استان البرز کمال تقدیر و تشکر را بنمایند.

References

1. World-Bank,: Islamic Republic of Iran Cost Assessment of Environmental Degradation. 2005.
2. MS. In: OMS (Ed.), Outdoor Air Pollution a Leading Environmental Cause of Cancer Deaths, 2013: p. 4. Available at: http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf.
3. Liu H, Wu B, Liu S, et al. A regional high-resolution emission inventory of primary air pollutants in 2012 for Beijing and the surrounding five provinces of North China. Atmos. Environ 2018; 181:20-33.
4. Duarte Ribeiro de Souza C, Deodoro Silva S, Aurelio Vieira de Silva M, et al. Inventory of conventional air pollutants emissions from road transportation for the state of Rio de Janeiro. Energy Policy 2013; 53:125-35.
5. Wallace HW, Jobson BT, Erickson MH, et al. Comparison of wintertime CO to NOx ratios to MOVES and MOBILE6.2 on-road emissions inventories. Atmos Environ 2012; 63:289-97.
6. Hasenfratz D, Saukh O, Sturzenegger S, Thiele L. Participatory Air Pollution Monitoring Using Smartphones. In: ETH Zurich (Ed.),2012:1-5.
7. Kanaroglou PS, Jerrett M, Morrison J, et al. Establishing an air pollution monitoring network for intra-urban population exposure assessment: a location-allocation

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

approach. Atmos Environ 2005;39(13):2399-409.

8. Joly M, Peuch VH. Objective classification of air quality monitoring sites over Europe. Atmos Environ 2012;47:111-23.
9. Nagpure AS, Gurjar BR. Development and evaluation of vehicular air pollution inventory model. Atmos Environ 2012;59:160-9.
10. Joao R ~ equia Jr. W, Koutrakis P, Llacer Roig, H. Spatial distribution of vehicle emission inventories in the Federal District, Brazil. Atmos. Environ 2015;112:32-39.
11. Streets DG, Bond TC, Carmichael GR, Fernandes SD, et al. 2003. Inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000. J Geophys Res Atmos 2003;108(D21).
12. Ueda AC, Tomaz E. Invent ario de emissao de fontes veiculares da regi ao metropolinata de Campinas, Sao Paulo. Quim. Nova 2011; 34 (9):1496 - 1500.
13. Zarate E, Belalc azar, LC, Clappier A, Manzi V, et al. Air quality modelling over Bogota, Combia: combined techniques to estimate and evaluate emission inventories. Atmos. Environ 2007;41:6302-18.
14. Nagpure AS, Gurjar BR. Development and evaluation of vehicular air pollution inventory model. Atmos Environ 2012;59:160-9.
15. Huang C, Chen CH, Li L, et al. Emission inventory of anthropogenic air pollutants and VOC species in the Yangtze River Delta region, China. Atmos Chem Phys 2011;11(9):4105-20.
16. Bellasio R, Bianconi R, Corda G, Cucca, P. Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy). Atmos Environ 2007;41(4):677-91.
17. Lee S, Mckeen SA, Sailor DJ. A regression approach for estimation of anthropogenic heat flux based on a bottom-up air pollutant emission database. Atmos Chem Phys 2014;95:629-33.
18. Cai H, Xie S. Temporal and spatial variation in recent vehicular emission inventories in China based on dynamic emission factors Journal of the Air& Waste Management Association 2013; 63(3): 310-26.
19. Liu H, He K, Wang Q, Huo H, et al. Comparison of vehicle activity and emission inventory between Beijing and Shanghai. J Air Wastes Manag Assos 2007;57(10):1172-7.
20. Salles J, Janischewski J, Jaecker-Voirol A, Martin B. Mobile source emission inventory model. Application to Paris area. Atmos Environ 1996;30(12):1965-75.
21. Baldasano JM, Soriano C, Boada L. Emission inventory for greenhouse gases in the City of Barcelona, 1987-1996. Atmos Environ 1999; 33: 3765-75.
22. Shahbazi H, Taghvaee S, Hosseini V, Afshin H. A GIS based emission inventory development for Tehran. Urban Climate 2016; 17:216-229.
23. Wu Y, Hao J, Fu L, et al. Emission inventory for mobile sources in Macao, China. J Tsinghua University 2002;42(12): 1601-4.
24. Thill J C. 2000. Geographic Information Systems for Transportation in Perspective. In: J.-C. Thill (Ed.), Geographic Information Systems in Transportation Research, Pergamon, Oxford, 2000: 3–12.
25. USEPA (United States Environment Protection Agency), 1998. A GIS-based modal model of automobile exhaust emissions. Report No. EPA-600/-98-097.
26. Sikdar PK. A framework for evaluation of transport development and management option using pollution profile technique. In: Proceedings of the workshop on land use, transport and environment, 4–5 December 2001, Pune (India).
27. Charlot HM, et al. Air pollution modeling for Chennai city using GIS as a tool. Presented at Map-India conference, New Delhi, India, 2002.
28. Deputy of strategic planning and control. Outpot of census of population and housing, Statistical center of Iran; 2011 [In Persian].
29. Municipality of Karaj. Output of comprehensive studies plan of transportation and traffic of Karaj city; 2014 [In Persian].
30. Iqbal A, Allan A, Zito R. Meso-scale on-road vehicle emission inventory approach: a study on Dhaka City of Bangladesh supporting the ‘cause-effect’ analysis of the transport system. Environ Monit Assess 2016;188(3):1-21.
31. Chen C, Huang C, Jing Q, et al. On-road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicles in Shanghai. Atmos Environ 2007; 41: 5334-4.
32. Tang G, Chao N, Wang Y, Chen J. Vehicular emissions in China in 2006 and 2010. J Environ Sci 2016; 48:179-92.
33. Wang H, Chen C, Huang C, Fu L. 2008. On road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, Chine. Sci Total Environ 2008;398:60-7.
34. Huo H, Yao Z, Zhang Y, Shen Y, et al. On-broad measurements of emissions from diesel trucks in five cities in China. Atmos Environ 2012;54:159-67.
35. Wang H, Fu L, Zhou Y, et al. Trends in vehicular emissions in China’s mega cities from 1995 to 2005. Environ Pollut 2010;158(2):394-400.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]

Journal of Environmental Health Engineering, August 2019; Vol. 6, No. 4: 430-442

A GIS Based Emission Inventory of Air Pollutants from Mobile Sources in Morning Rush Hours; Case Study: Karaj

Mazaher Moeinaddini*, Mohammad Saleh Ali-Taleshi

Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

**** E-mail: Moeinaddini@ut.ac.ir***

Received: 20 Oct 2018; Accepted: 14 Jan 2019

ABSTRACT

Background and Objectives: Emission inventory of mobile sources is an essential element for studying the air quality. In order to support the development of public policies with an approach to reducing the overall mass emissions of air pollutants, the aim of the current study was preparation of a GIS based emission inventory of Karaj mobile sources air pollutants.

Material and methods: In the present study in 2016, the International vehicle emission model (IVE) was used to estimate the amount of emissions of CO_2, CO, NO_x, VOC_s, SO_x and PM and the GIS environment was used to show the distribution of pollutants emissions during the morning rush hours in Karaj pathways.

Results: The results showed that the maximum amount of air pollutants released during morning rush hours was as CO_2 (5944.07)> CO (297.55)> NO_x (32.70)> VOC_s (31.16)> PM (21.24)> SO_x (1.102) Kg/h in Karaj. Heavy vehicles were responsible for maximum emission of CO_2, NO_x and PM and light vehicles were responsible for the release of CO, VOC_s and SO_x.

Conclusion: This inventory is useful for politicians and researchers to better understand the current conditions of air pollution in the region and will provide a vital input for air quality modeling and policy making.

Keywords: Emission inventory, Air pollution, Mobile sources, Morning rush hour, Karaj

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-16]

[DOI: 10.29252/jehe.6.4.430]