

تأثیر تراکم طولی و عرضی در آلودگی ناشی از ترافیک در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر مشهد)

محمد شکوهیان^۱، روزبه شاد^{۲*} و محمد قاضی نژاد^۳

^۱ استادیار گروه مهندسی عمران (مهندسی محیط زیست)، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ استادیار گروه مهندسی عمران (مهندسی GIS)، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه، رشد سریع شهرها، افزایش روز افزون تعداد وسائط نقلیه و نیاز به تردد برای رفع نیازهای روزمره، باعث آلودگی شهرهای بزرگ و متوسط شده و در نتیجه یکی از دلایل اصلی به مخاطره افتادن سلامت شهروندان می‌باشد. اکسیدهای نیتروژن، منواکسید کربن، دی‌اکسید کربن، ترکیبات آلی فرار، ذرات معلق و آزون از جمله آلاینده‌های اصلی با منشأ ترافیکی هستند که اثرات زیانبار آن‌ها در زندگی شهروندان هزینه‌های زیادی را بر جامعه تحمیل می‌کند. در این مقاله با هدف ارزیابی آلودگی ترافیکی و کاهش اثرات سوء آن در جامعه، سعی بر آن است که نقش شکل هندسی شبکه معابر مناطق چهارده‌گانه شهر مشهد در دو بعد طولی و عرضی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مدل‌سازی شده و بر این اساس سهم هر منطقه شهری در میزان انتشار آلودگی ترافیکی تخمین زده شود. بدین منظور، ابتدا با بررسی‌های آماری و میدانی عواملی مانند نوع وسیله نقلیه، سفرهای درون شهری و برون شهری، زیرساخت‌های موجود و حجم آلاینده‌ها، ظرفیت معابر محاسبه و مطابق آن طرحی جامع و مکانمند به منظور سهم‌بندی تراکم هندسی شبکه به خود اختصاص داده‌اند که بدین ترتیب در هر منطقه شهری محل‌ها و مشخصات قابل ساماندهی تراکم طولی و عرضی، به منظور بهبود وضعیت آلاینده‌ها توسط برنامه‌ریزان قابل شناسایی خواهد بود.

واژگان کلیدی: ترافیک، سامانه اطلاعات مکانی، شبکه معابر، آلاینده، عوامل.

۱- مقدمه

ناشی از وضعیت نامناسب طرح راه‌های ارتباطی، استفاده بیش از حد از خودروهای شخصی، عدم جانمایی امکانات و تجهیزات حمل و نقل و رشد بی‌رویه کاربری‌های مخمل ترافیکی (نظیر تجاری‌های خطی) است. افزایش تقاضا به همراه رشد و توسعه روزافزون جمعیت و وسعت شهر مشهد، نیازها و معضلات حمل و نقلی و ترافیکی شهر و شهروندان را روز به روز گسترده‌تر و حادتر نموده است. از منظری دیگر می‌توان پدیده‌ی ورود آلاینده‌ها با منشأ ترافیکی را یک حقیقت مکانمند- زمانمند دانست که حجم عظیمی از عوامل و پارمترهای واقعی بر آن تأثیرگذارند. این موضوع با فاکتورهای نظیر: افزایش حجم وسائط نقلیه، میزان جابه‌جایی مسافر، مسافت‌های درون و برون شهری، تسهیلات و خدمات عمومی، زیرساخت‌های مرتبط با حمل و نقل عمومی و شکل هندسی شبکه معابر در ارتباطی تنگاتنگ است. لذا بررسی نقش هر یک از عوامل مذکور در مقوله آلودگی هوا جایگاه مهمی داشته و در زمینه مدیریت و تصمیم‌گیری‌های شهری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این میان

امروزه مسأله ترافیک در شبکه‌های حمل و نقل شهرهای بزرگ و پرجمعیت از مهم‌ترین منابع آلودگی هوا می‌باشد [۱]. ترافیک به عنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای توسعه و برنامه‌ریزی در شبکه‌های حمل و نقل، در حال حاضر سهم قابل توجهی از هزینه‌های سید خانوار شهروندان را به خود اختصاص داده است. علاوه بر آن آثار سوء و لطمات جبران‌ناپذیر ترافیک در آلودگی محیط زیست شهری و تخریب وضعیت بهداشت جسمی و روحی عمومی امری قویاً قابل تأمل است. در این راستا کشورهای در حال توسعه به دلیل عدم کیفیت ماشین‌آلات و تکنولوژی مورد استفاده در آن‌ها و همچنین کم توجهی به زیرساخت‌های حمل و نقل شهری به طور جدی‌تری در معرض آلودگی‌های ناشی از ترافیک می‌باشند. در ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه و به خصوص در کلان شهرهای آن افزایش روز افزون تعداد وسائط نقلیه و نیاز به تردد، باعث تشدید این معضل گردیده است. این شهر شاهد ترافیک سنگین و مشکلاتی که

NO₂ و تحلیل نحوه تمرکز و انتشار آن در اتمسفر با استفاده از GIS، مشخص گردید که این پارامتر نقش مهمی را در حفظ و مدیریت سلامت جامعه و محیط زیست شهری ایفا می‌نماید [۱۲]. با این وجود یکی از مهم‌ترین مشکلات مقالات ارائه شده، در نظر نگرفتن نقش شکل و تراکم هندسی زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی در مدل‌سازی آلودگی ناشی از ترافیک شهری است. بدین نحو که این عامل علی‌رغم اهمیت زیاد، در نظر گرفته نشده و نقش قابل قبولی را در نتایج نهایی ایفا ننموده است. تعیین مواردی مانند منشأهای مختلف آلاینده، تأثیر هر یک از عوامل، تلفیق فاکتورها و پارامترها، اجرای تحلیل‌های مکانی و زمانی بر روی پارامترها و پیش‌بینی وضعیت آتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی به راحتی قابل انجام است. تحقیق پیش رو گامی نوین در راستای ارزیابی اثرات هندسی شبکه حمل و نقل شهری در گسترش و انتشار آلودگی-های ناشی از ترافیک خواهد بود. در پژوهش حاضر کوشش شده است که اولاً آمار و اطلاعات جامع مربوط به حمل و نقل شهر مشهد مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه با بیان و تشریح زبان‌ها و آسیب‌های جدی ناشی از ترافیک بر سلامت انسان و محیط زیست، ابعاد این مسأله به طور مفصل بحث می‌گردد. سپس با ارائه یک فرایند هدفمند، داده‌های جمع‌آوری شده آماده‌سازی گردیده و روال سهم‌بندی آلودگی‌ها در شهر مشهد پیاده‌سازی می‌شود. در نهایت، راهکارهایی عملی برای کاهش معضل مذکور در شهر مشهد و سایر کلان شهرها به همراه نتایج حاصله از تخمین و تحلیل چگالی هندسی خیابان‌ها ارائه می‌گردد. دستاوردهای حاصله نشانگر اهمیت بالای چگالی طولی و عرضی معابر در کاهش اثرات ناشی از گسترش آلودگی هوا هستند که در نتیجه کم‌ترین هزینه‌ها به منظور ساماندهی شبکه حمل و نقل جهت کنترل آلودگی‌های ناشی از ترافیک و اثرات آن در سلامت جامعه قابل محاسبه می‌باشند.

۲- مواد و روش‌ها

داده‌های ترافیکی شهر مشهد بر اساس نتایج به دست آمده از پرسش‌نامه‌های توزیع شده (به روش تصادفی ساده) در بین ۹۰۰ خانواده از خانواده‌های شهر مشهد در سال ۱۳۹۰ به دست آمده‌اند. به این ترتیب که ابتدا شهر مشهد به ۱۵ ناحیه ترافیکی تقسیم شده است و این پرسش‌نامه‌ها در تعدادی از خانواده‌ها در تمامی این مناطق توزیع گردیده است. در این پرسش‌نامه‌ها تمام سفرهای روزانه یک خانواده با ذکر مبدأ، مقصد، فاصله و هدف، درج یافته است. پرسش‌نامه‌های مذکور بر مبنای ۲۵

به کارگیری فناوری‌های نوین و سیستم‌های دیجیتال که قادرند جهان ریاضی را به واقعیت‌های فیزیکی نزدیک نمایند، نقشی تعیین کننده و اساسی خواهد داشت. سامانه اطلاعات مکانی یا GIS به عنوان یک سیستم جامع تحلیل و تصمیم‌گیری عوامل مکانی، قادر است که حجم عظیمی از حقایق موجود در جهان واقعی را به صورت داده‌ی دیجیتال به کار گیرد. لذا جمع‌آوری فاکتورها و پارامترهای مؤثر مانند حجم آلودگی‌های منتشر شده در محیط شهری، تعداد مسافرت‌ها، شکل هندسی شبکه راه‌ها و توزیع کاربری‌ها به منظور طراحی و مدل‌سازی ترافیک و نحوه انتشار آلودگی‌ها اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. این سیستم به عنوان یک مرکز هوشمند و هدفگرا قادر است که تغییرات واقعی را ردیابی نموده و روابط مکانی بین واقعیات مسأله را شبیه‌سازی کند [۲ و ۳]. در مقالات مختلف و متنوع تکنیک‌های گوناگونی مانند: مدل‌سازی پراکندگی [۴]، مجاورت و همسایگی [۵]، درون‌یابی و پیش‌بینی [۶] و برازش [۷] در محیط GIS توسعه یافته‌اند تا الگوی آلودگی هوا و نحوه انتشار آن در محیط شهری را به دست آورند. مهم‌ترین چالش پیش‌رو در این زمینه خصوصیت دینامیک و غیر ساختار یافته مسأله آلودگی هوا می‌باشد که منجر به پیچیدگی مدل‌های ریاضی مورد استفاده و ناکارآمد شدن آن‌ها جهت حل مسأله می‌شود. در سال ۲۰۰۱ طی یک مقاله بحث برانگیز مشخص گردید که برازش و تخمین کاربری‌ها از مؤثرترین روش‌ها به منظور محاسبه مراکز تمرکز آلودگی هوای ناشی از ترافیک است [۸]. در این رابطه عواملی مانند: داده‌های مکانی و توصیفی مرتبط با ترافیک، نقش و الگوی آن‌ها در فضای شهری، نحوه توزیع کاربری‌ها و تراکم اتومبیل‌ها به عنوان اساس و پایه مدل‌های تخمین و برازش در نظر گرفته شدند. بر این اساس منشأهای مرتبط با اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، منواکسیدکربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO₂)، دی‌اکسید سولفور (SO₂)، اجزای ارگانیک فرار (VOCs)، هیدروکربنات‌های آروماتیک و ذرات معلق مورد بررسی قرار گرفتند [۸]. در محدوده مطالعاتی شهر مونترال کشور کانادا با پیاده‌سازی همین تحلیل‌های برازشی آماری، مشخص گردید که ۸۵٪ از آلودگی اکسیدهای نیتروژن و ۴۳٪ از اجزای ارگانیک فرار از حمل و نقل شهری نشأت می‌گیرند [۹]. در همین رابطه تحقیقات دیگری انجام گرفت که نتایج اجرایی حاصله نشان دادند که NO₂ با توجه به ارتباط مکانی با دیگر عوامل مرتبط با مسأله، شاخص مهمی در سنجش و تخمین آلودگی‌های ترافیک شهری می‌باشد [۱۰ و ۱۱]. در ادامه کار با شبیه‌سازی تغییرات مکانی سه‌بعدی و دو بعدی

جدول (۱) حاوی اطلاعات سفرهای سواره در شهر مشهد در سال ۱۳۹۰ است، با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه‌های ذکر شده و پس از طی مراحل فوق می‌توان داده‌های جدول (۱) را محاسبه نمود. با رسم نمودار تعداد سفرها در ساعات مختلف و ساعت اوج مشخص می‌گردد. ضریب ساعت اوج صبح سفرهای روزانه نیز در واقع سهم سفرها در این ساعت نسبت کل سفرهای روزانه است.

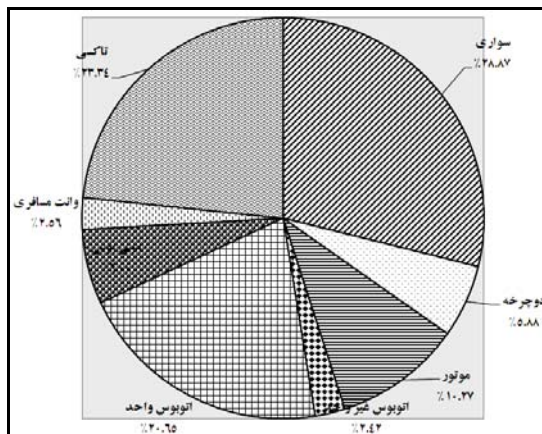
جدول ۱- برآورد اطلاعات سفرهای سواره در شهر مشهد در

سال ۱۳۹۰

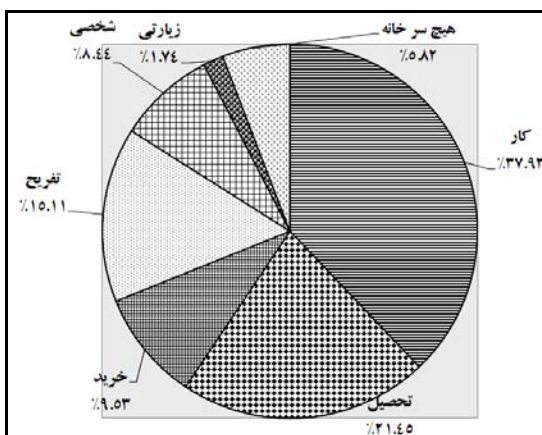
۴۸۰۸۵۹	برآورد تعداد سفرهای ساکنین مشهد در یک ساعت اوج
۴۳۱۵۰۰۷	برآورد تعداد سفرهای ساکنین مشهد در یک شبانه روز
٪۱۱/۱۴	ضریب ساعت اوج صبح سفرهای روزانه
۱/۶۸	برآورد مقدار نرخ سفر در کل شهر مشهد در یک شبانه روز

در جدول (۲) سفرهای سواره ساکنین مشهد در یک شبانه روز که تعداد کل آن‌ها طبق جدول (۱) برابر ۴۸۰۸۵۹ برآورد شده است با تفکیک سهم و حجم هر نوع وسایل نقلیه در سفرهای روزانه در یک روز عادی سال ۱۳۹۰ با تفکیک هدف سفر مشخص شده است. روز عادی، بازه زمانی ۲۴ ساعته‌ای می‌باشد که در طول آن ترافیک در حوزه‌ی متوسط معمول جاری بوده و تحت یک عامل خارجی غیرمعمول مانند تغییر آب و هوا، وقوع تصادف، خراب شدن چراغ راهنمایی و نظیر آن‌ها قرار نگرفته باشد. با توجه به اطلاعات جدول (۲) می‌توان وسایلی که بیشترین سهم در حمل و نقل شهری را دارند و همچنین هدف بیشتر سفرها را مورد مطالعه قرار داد. با بهره‌گیری از این جدول سهم و حجم وسایل نقلیه در سفرهای روزانه در یک سال به تفکیک هدف سفر تخمین زده خواهد شد. در نهایت سهم وسایل نقلیه در برخی از مهم‌ترین اهداف سفرهای شهری توسط جداول و نمودارهای مربوط تحلیل می‌گردد. شکل (۱) سهم وسایل نقلیه در سفرهای روزانه را در یک روز عادی در سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل (۱) مشخص می‌نماید، استفاده از وسایل نقلیه شخصی (سواری) بیش‌ترین سهم را در سفرهای سواره ساکنین مشهد دارد. شکل (۲) سفرهای روزانه را به تفکیک نوع سفر نشان می‌دهد.

سوال مختلف طراحی شده و توسط کارشناسان کنترل ترافیک تأیید گردیدند. حدود ۷۶ درصد از کل پرسشنامه‌های دریافتی قابل استفاده بوده و در پیش پردازش‌های آماری انجام شده بر روی نتایج با سطح اطمینان ۹۵ درصد پذیرفته شدند. برای تحلیل جواب‌های دریافتی متغیرهای بیانی شامل: عالی، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی بد در نظر گرفته شده و هر یک از آن‌ها بین صفر تا صد امتیازدهی گردیدند. این موضوع بر اساس ارزش‌گذاری مشروط شامل پرسش مستقیم از افراد در مورد ترجیحات آن‌ها انجام می‌گیرد. داده‌های مذکور از نظر مکانی توزیع نرمال داشته‌اند، بدین نحو که نماینده‌ای شایسته از حوزه ترافیکی بوده و توزیع نمونه‌ها متناسب با ترافیک محدوده در نظر گرفته شد. در ادامه ۲۵۳ برش درونی و ۶ محور ارتباطی در نقشه شهر مشهد ایجاد گردیده و در این برش‌ها تعداد سفرها در یک روز کامل به دقت شمارش شده است (پیمایش میدانی). بدین صورت تعداد سفرهای انجام شده از ناحیه "الف" به ناحیه "ب" مشخص می‌گردد. واضح است که این تعداد چندین برابر تعداد سفرهای محاسبه شده از پرسشنامه‌هاست. به این دلیل که سفرهای شمارش شده هم مربوط به وسایل نقلیه‌ای است که در دو ناحیه "الف" و "ب" قرار دارند و هم شامل سایر وسایل نقلیه که از محل‌های دیگر شهر به این قسمت آمده و از ناحیه "الف" به ناحیه "ب" تردد نموده‌اند. با تقسیم مقدار واقعی شمارش شده بر مقدار محاسبه شده از پرسشنامه‌ها می‌توان به مقدار نرخ در کل شهر مشهد در یک شبانه روز دست یافت و پر واضح است که با تکرار نمونه‌گیری می‌توان به ضریب واقعی تری رسید. بنابر این با ضرب کردن مقدار نرخ در کل شهر مشهد در یک شبانه روز در نتایج به دست آمده از پرسشنامه‌ها می‌توان اطلاعات مربوط به کل شهر مشهد را برآورد نمود. در ارزش‌گذاری مشروط و پرسشنامه طراحی شده سعی گردید که ترجیحات تصمیم‌گیری افراد در راستای تأمین منافع زیست محیطی مانند آلودگی هوا در نظر گرفته شود. بدین منظور از افرادی استفاده شده است که صلاحیت پاسخ‌دهی داشته و دارای شغل مناسبی هستند. البته لازم به ذکر است که با توجه به تفاوت شرایط افراد در نقاط مبدأ و مقصد سفر نمی‌توان انتظار داشت که نتایج همه پرسشنامه‌ها همگرا باشند. در این راستا اگر افراد تابع مطلوبیت تصمیم‌گیری را در ذهن خود داشته باشند، آنگاه طرح سوال پرسشنامه در تحلیل بر اساس ارزش‌گذاری مشروط مهم نخواهد بود. همچنین با توجه به این که نتایج برای کل شهر مشهد در نظر گرفته می‌شود پس برآوردهای تعدیل شده استفاده خواهند شد.



شکل ۱- سهم وسایل نقلیه در سفرهای روزانه یک روز عادی سال ۱۳۹۰



شکل ۲- سهم سفرهای (غیر بازگشت) ساکنین مشهد به تفکیک نوع هدف در سال ۱۳۹۰

جدول ۲- سهم و حجم وسایل نقلیه در سفرهای روزانه در یک روز عادی سال ۱۳۸۵ به تفکیک هدف سفر

تفریح	خرید	تحصیل	کار	
۲۲۴۱۲۷	۱۰۸۹۹۷	۱۵۸۴۷۳	۵۸۳۶۲۰	سواری
۱۶۹۷۸۱	۹۱۸۸۸	۲۴۸۲۸۷	۲۸۶۸۰۳	تاکسی و مسافرکش
۹۹۷۳	۷۹۷۴	۴۷۱۹	۶۵۷۹۱	وانت
۱۳۴۹۲	۱۲۶۶۰	۱۳۸۸۰۸	۷۶۲۶۵	مینی‌بوس
۱۴۶۳۱۱	۱۰۴۵۲۲	۲۲۹۰۹۲	۲۳۵۴۲۵	اتوبوس واحد
۱۵۶۴	۵۳۴	۴۳۹۵۵	۵۴۴۹۸	اتوبوس غیر واحد
۵۷۸۵۶	۴۹۴۳۰	۵۸۴۲۵	۲۱۸۷۰۷	موتورسیکلت
۲۸۶۹۹	۳۵۰۴۵	۴۳۶۰۵	۱۱۵۴۷۵	دوچرخه
۱۵/۱۱	۹/۵۳	۲۱/۴۵	۳۷/۹۳	در صد از کل
درصد از کل	هیچ سرخانه	زیارتی	شخصی	
۲۸/۸۷	۳۶۰۱۲	۱۱۱۳۱	۱۲۳۵۱۸	سواری
۲۳/۳۴	۹۶۵۴۹	۱۸۸۳۸	۹۵۰۳۶	تاکسی و مسافرکش
۲/۵۶	۱۲۴۵۸	۶۲۱	۸۸۸۶	وانت
۶	۶۳۰۴	۱۵۷۲	۹۹۴۲	مینی‌بوس
۲۰/۶۵	۵۴۷۲۱	۳۸۳۴۱	۸۲۵۹۸	اتوبوس واحد
۲/۲۴	۲۲۸۶	۴۸۷	۱۲۳۸	اتوبوس غیر واحد
۱۰/۲۷	۲۷۸۹۰	۳۰۳۲	۲۷۸۳۶	موتورسیکلت
۵/۸۸	۱۴۹۴۸	۸۵۴	۱۵۱۰۷	دوچرخه
	۵/۸۲	۱/۷۴	۸/۴۴	درصد از کل

بر اساس این شکل سفرهای با هدف کار بیشترین سهم را در سفرهای روزانه دارند (۳۷/۹۳٪). سفرهای با هدف تحصیل در دومین رده قرار دارند (۲۱/۴۵٪) و سفرهای با اهداف تفریحی، خرید، شخصی، هیچ سرخانه (سفرهای منتهی نشده به منزل)، و زیارتی به ترتیب در رده‌های سوم تا هفتم قرار دارند.

بنابراین سواری بیشترین سهم را در حمل و نقل داراست و سفرهای کاری مهم‌ترین بخش سفرهای شهری را به خود اختصاص می‌دهند.

با استفاده از جدول (۲) می‌توان سهم و حجم وسایل نقلیه را در یک سال محاسبه نمود که به تفکیک هدف سفر در جدول (۳) ارائه شده است.

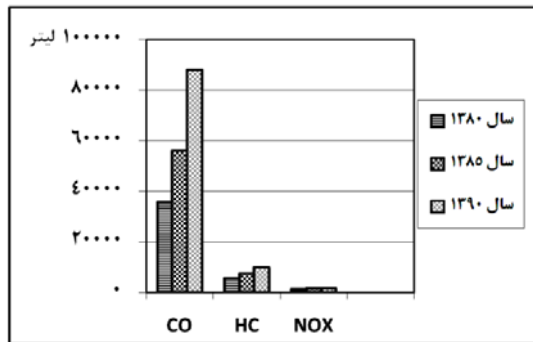
در جدول (۳) سهم وسایل نقلیه مختلف بر حسب درصد استفاده از آن‌ها در برخی از سفرهای شهری قابل رویت است. در حالی که در جدول (۲) سهم هر وسیله از کل سفرها و سهم هر سفر از مجموع سفرها قابل مشاهده بود. داده‌های جدول (۳) براساس داده‌های جدول (۲) که سهم هر یک از وسایل نقلیه را در سفرهای روزانه در یک روز عادی نشان می‌دهد به دست آمده‌اند. به طور مثال برای سواری که بر اساس جدول (۲) تعداد ۵۸۳۶۲۰ سفر از کل سفرهای کاری که ۱۶۳۶۵۸۴ می‌باشد، توسط سواری انجام می‌گیرند. بنابراین، سهم سواری در سفرهای کاری برابر $0.3566 = \frac{583620}{1636584}$ یا ۳۵/۶۶٪ خواهد بود که برای انواع وسایط نقلیه به همین ترتیب محاسبه شده و نتایج در جدول (۳) مشاهده می‌گردند.

جدول ۳- درصد سهم هر یک از وسایل نقلیه در سفرهای

روزانه در یک روز عادی سال ۱۳۸۵	کار	تحصیل	تفریح	خرید	تعداد سفر
سواری	۳۵/۶۶	۱۷/۱۳	۳۴/۳۹	۲۶/۵۲	۴۵۴۷۴۴۷۰
تاکسی و مسافرتی	۱۷/۵۲	۲۶/۸۳	۲۶/۰۵	۲۲/۳۵	۳۶۷۶۲۱۴۳۰
وانت	۴/۰۲	۰/۵۱	۱/۵۳	۱/۹۴	۴۰۳۰۴۰۳۰
مینی‌بوس	۴/۶۶	۱۵/۰۰	۲/۰۷	۳/۰۸	۹۴۵۵۰۶۹۵
اتوبوس واحد	۱۴/۳۹	۲۴/۷۶	۲۲/۴۵	۲۵/۴۳	۳۲۵۲۱۸۶۵۰
اتوبوس غیر واحد	۳/۳۳	۴/۷۵	۰/۳۴	۰/۱۳	۳۸۱۶۵۱۳۰
موتور سیکلت	۱۲/۳۶	۶/۳۱	۸/۸۸	۱۲/۰۳	۱۶۱۷۵۹۲۴۰
دوچرخه	۷/۰۶	۴/۷۱	۴/۴۰	۸/۵۳	۹۲۶۱۲۵۴۵

جدول ۴- میزان مصرف سوخت و نشر آلودگی وسایل نقلیه در

سال	سال	سال	شرح	
۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۸۰	بنزین	مصرف سوخت
۲۲۲۸۷۸	۱۴۱۰۶۲	۸۹۲۱۹	گازوئیل	(کیلوگرم)
۳۵۸۳۲	۲۹۸۶۰	۲۴۸۹۷	CO	میزان نشر
۸۷۷۸۲	۵۵۹۱۲	۳۵۷۰۷	HC	آلاینده
۹۷۲۹	۷۳۱۵	۵۵۰۷	NOX	(کیلوگرم)
۱۴۹۶	۱۳۳۶	۱۱۹۶		



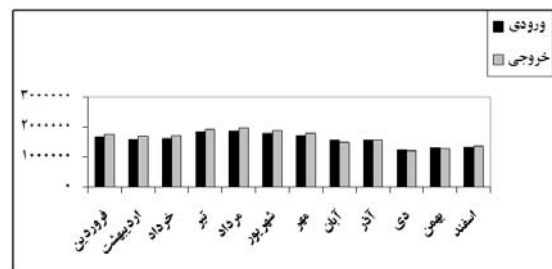
شکل ۴- میزان نشر آلودگی وسایل نقلیه در مشهد در یک ساعت اوج صبح (برحسب لیتر)

لازم به ذکر است محاسبات در مورد وسایل نقلیه سنگین بر مبنای اطلاعات مربوط به تیپ‌های مختلف خودروهای سنگین و برای خودروهای سبک با معیار قرار دادن خودروی پراید و در نظر گرفتن میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده‌های این خودرو انجام شده است. اکنون با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول فوق که برای یک ساعت اوج در صبح محاسبه شده اند و با در نظر گرفتن ضریب ساعت اوج صبح سفرهای روزانه که برای سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ هر دو برابر ۱/۰۴٪ و برای سال ۱۳۹۰ برابر ۱/۱۱٪ است می‌توان میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها (بر حسب لیتر) را در سال ۱۳۸۰ به ترتیب زیر محاسبه نمود:

- مصرف بنزین در روز = $۸۵۷۸۷۵ = ۸۹۲۱۹ \times ۱۰۰ \div ۱۰/۴$
 - مصرف بنزین در سال = $۳۱۳۱۲۴۳۷۵ = ۸۵۷۸۷۵ \times ۳۶۵$
 - مصرف گازوئیل در روز = $۱۳۵۶۳۶۵/۳ = ۱۴۱۰۶۲ \times ۱۰۰ \div ۱۰/۴$
 - مصرف گازوئیل = $۴۹۵۰۷۳۳۶۵/۴ = ۱۳۵۶۳۶۵/۳ \times ۳۶۵$
- برای سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ میزان مصرف سوخت به طریق فوق محاسبه می‌گردد. نتایج محاسبات در جدول (۵) درج شده‌اند.

در ادامه در شکل (۳) می‌توان حجم وسایل ورودی به و خروجی از شهر مشهد از محورهای شش گانه شهر به تفکیک ماه در سال ۱۳۹۰ را مشاهده کرد. حجم کل این وسایل ۳۸۷۷۱۷۷۵ می‌باشد. این اطلاعات با شمارش دقیق خودروها در محورهای شش گانه شهر مشهد توسط سنسورهای مخصوص به دست آمده‌اند. این حجم عظیم تردد (ورودی به و خروجی از مشهد) نیز خود مشکلات ترافیکی و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی قابل توجهی ایجاد می‌نماید که قابل بررسی است. میزان مصرف سوخت و نشر آلودگی وسایل نقلیه در شهر مشهد در یک ساعت اوج صبح سال ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ پرداخته می‌شود (جدول (۴)).

با توجه به داده‌های پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط شهروندان مسافت پیموده شده در هر سفر را با معلوم بودن فاصله بین نواحی ترافیکی محاسبه می‌نماییم، بنابراین مجموع فواصل طی شده در کل سفرها به تفکیک نوع وسیله نقلیه (سبک و سنگین) مشخص می‌شود. اکنون با توجه به میزان مصرف سوخت وسایل نقلیه در مسافت مشخص و میزان تولید آلاینده‌های ناشی از مصرف هر لیتر سوخت می‌توان میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده‌های ناشی از آن را در یک ساعت اوج به دست آورد (جدول (۵)) و سپس با توجه به ضریب ساعت اوج، مصرف یک روز را محاسبه نمود.



شکل ۳- حجم کل وسایل ورودی به و خروجی از شهر مشهد از محورهای شش گانه شهر به تفکیک ماه در سال ۱۳۹۰

جدول ۵- میزان مصرف سوخت و نشر آلودگی وسایل نقلیه در یک سال در شهر مشهد (بر حسب لیتر)

شرح	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۹۰
	مصرف سوخت (کیلوگرم)	۳۱۳۱۲۴۳۷۵	۴۹۵۰۷۳۳۶۵
بنزین	۸۷۳۷۸۸۹۴	۱۰۴۷۹۷۱۱۵	۱۱۴۷۲۵۲۶۳
گازوئیل	۱۲۵۳۱۷۸۳۷	۱۹۶۲۳۹۶۱۵	۲۸۱۰۵۵۸۹۱
میزان نشر آلاینده (کیلو گرم)	NO _x	۴۱۹۷۵۰۰	۴۶۸۸۸۴۶
HC	۱۹۳۲۷۴۵۲	۲۵۶۷۲۸۳۷	۳۱۱۴۹۷۰۸
CO	۱۹۳۲۷۴۵۲	۲۵۶۷۲۸۳۷	۳۱۱۴۹۷۰۸

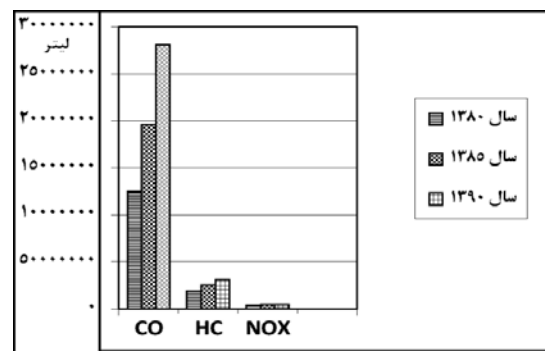
جدول ۶- مقدار تقریبی آلاینده‌های حاصل از موتورهای بنزینی و گازوئیلی (برحسب گرم به ازای هر لیتر سوخت مصرفی)

آلاینده	اکسیدهای ازت	هیدروکربن‌ها	اکسید کربن	آلدهیدها
موتور بنزینی	۱۳/۵	۶۳	۳۵۰	۰/۵
موتور گازوئیلی	۲۷	۲۲	۷/۲	۱/۲
آلاینده	اسیدهای آلی	بنزو آلفاپیرن	ذرات	
موتور بنزینی	۰/۵	۸×۱۰ ^{-۵}	۱/۳	
موتور گازوئیلی	۳/۷	۱۰ ^{-۴}	۱۳/۲	

۳- ارزیابی آلاینده‌های ترافیکی در GIS

سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان علم، هنر و تکنولوژی مدیریت و تصمیم‌گیری داده‌های مکانی قادر است که با مدل سازی جهان واقعی و روابط موجود در آن به صورت مدل دیجیتال، نقش قابل توجهی را در کنترل و تجزیه و تحلیل داده‌های ترافیکی و تخمین آلاینده‌ها و آلودگی‌های ناشی از آن در شهر مشهد ایفا کند. این سیستم با ذخیره‌سازی داده‌های مرتبط با آلاینده‌ها، با ساختاربرداری و رستری و به فرم لایه‌هایی مانند محدوده‌بندی‌ها، املاک، جمعیت، کاربری‌ها، تقاطع‌ها و نظیر آن، قادر است که نقش قابل توجهی را در سهم‌بندی و وزن‌دهی عوامل و فاکتورهای مؤثر در آلودگی‌های ناشی از ترافیک ایفا کند. ذخیره‌سازی عوارض با خصوصیات مشترک به صورت لایه به همراه روابط مکانی بین آن‌ها در محدوده شهر مشهد، امکان پردازش و تحلیل توأم را در محیط GIS فراهم می‌سازد. در این میان مساحت و تراکم خیابان‌ها در هر ناحیه شهری حائز نقش و اثر متفاوتی در ترافیک و آلودگی هوا هستند. بدین مفهوم که طولی‌تر و عرضی‌تر شدن خیابان‌ها از نظر طولی و عرضی منجر به پراکندگی مکانی بیشتر وسائط نقلیه متحرک در خیابان‌های شهر شده و منتهی به کاهش آلودگی‌های ترافیکی می‌شوند.

در سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از ابزارهای تحلیلی می‌توان تراکم طولی و عرضی خیابان‌ها در واحد سطح را محاسبه نمود. بدین منظور ابتدا خیابان‌ها در مقیاس ۱:۲۰۰۰ و سیستم تصویر UTM به صورت یک لایه مکانی آماده‌سازی شده و مشخصه‌ای به عنوان طول هر خیابان با آن مرتبط می‌گردد. در شکل (۶) نواحی مختلف شهر مشهد بر اساس اطلاعات حاصل از شهرداری نمایش داده می‌شود که در آن خیابان‌های زمین مرجع شده بر اساس طول طبقه‌بندی گردیده و به همراه نواحی چهارده‌گانه شهر مشهد مشخص شده‌اند.

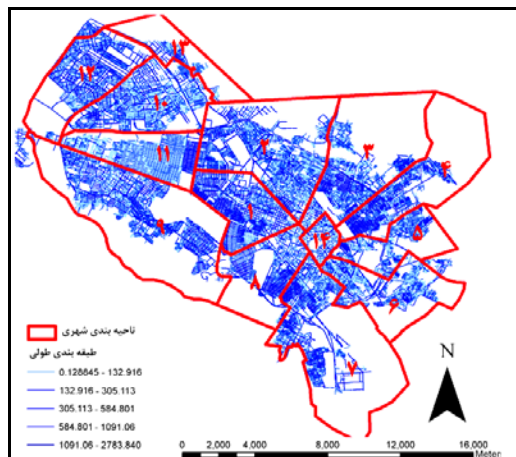


شکل ۵- میزان نشر آلودگی وسایل نقلیه در مشهد

برای محاسبه آلاینده‌های ناشی از مصرف سوخت ابتدا میزان آلاینده‌های تولید شده از سوختن یک لیتر سوخت اندازه‌گیری می‌گردد. براساس آزمایش‌های سازمان محیط زیست شهر مشهد از سوختن یک لیتر سوخت در شرایط ایده‌آل (احتراق کامل) آلاینده‌ها برحسب گرم به ترتیبی که در جدول (۷) نشان داده شده تولید می‌شوند.

با بهره‌گیری از جدول (۶) و با دانستن میزان کل سوخت مصرفی شهر مشهد در روز و سال مقدار کل آلاینده‌های تولیدی در هر یک از این زمان‌ها قابل محاسبه خواهد بود. البته چون شرایط ایده‌آل نیست، مقادیر مندرج در جداول (۴) و (۵) با مقادیری که در شرایط غیرایده‌آل به دست خواهد آمد، تفاوت دارد. همان‌طور که از جداول مذکور پیداست، هر ساله هزاران تن مواد آلاینده از تردد وسایل نقلیه در شهر مشهد تولید می‌شود، و این آلاینده‌ها در هوا منتشر می‌گردد. اینک آثار سوء هر یک از آلاینده‌های ناشی از ترافیک مورد بحث قرار می‌گیرد.

همان‌طور که از شکل (۷) ملاحظه می‌گردد، مناطق پررنگ‌تر با اعداد بزرگ‌تر معرف چگالی طولی بیشتر و مناطق کم‌رنگ‌تر نشان‌گر چگالی طولی کم‌تر هستند. برای تعیین نقش و سهم مناطق شهرداری مشهد در این زمینه و آمارگیری از شبکه به دست آمده، جدولی آماری از تعداد سلول‌های حاصله در هر زون تهیه شده است. در جدول (۷) تغییرات چگالی در هر ناحیه به ازای تمامی سلول‌های موجود محاسبه شده و پارامترهایی مانند میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف معیار و دامنه تغییرات چگالی طولی خیابان‌ها به دست آمده‌اند. بر اساس جدول (۷) مشخص است که منطقه ۵ شهرداری مشهد دارای بیشترین تراکم طولی در واحد سطح می‌باشد. این در حالی است که منطقه ۱ شهرداری بیشترین انحراف معیار دانسیته طولی را به خود اختصاص داده و ناحیه ۱۳ کمترین میانگین تغییرات را دارد. بررسی آماری میانگین جمعیت در نواحی شهرداری مشهد مبین آن است که نواحی ۲ و ۴ دارای بیشترین جمعیت ثابت شهری هستند. برای بررسی ارتباط و وابستگی مکانی این عوامل با ترافیک جاری خیابان‌های شهر، مشخصه‌ای به نام ترافیک در لایه خیابان‌ها ایجاد شده و بر اساس آن نقشه چگالی ترافیکی خیابان‌ها در واحد سطح مطابق با شکل (۸) محاسبه گردید. در شکل (۸) تغییرات ترافیکی خیابان‌ها بر اساس داده‌های آماری سازمان کنترل ترافیک مشهد در سال ۱۳۹۰ در هر یک از خیابان‌ها نمایش داده می‌شود.

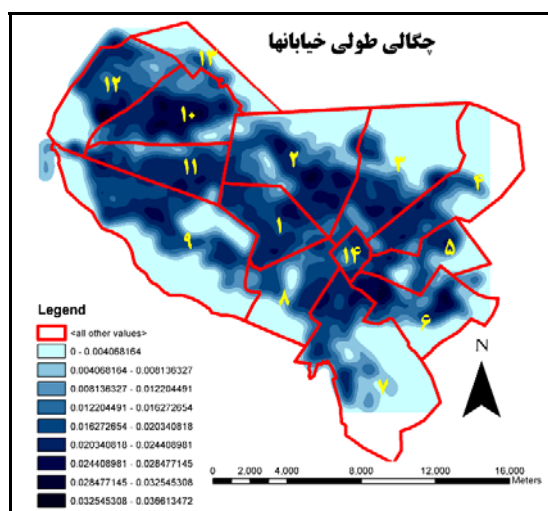


شکل ۶- ناحیه بندی خیابان‌های شهر مشهد از نظر طولی به صورت زمین مرجع شده

به منظور تهیه نقشه چگالی طولی خیابان‌ها، یک شبکه پیکسلی با سلول‌های مبنای مرتبط با سطح جزئیات مکانی مورد نیاز بر روی لایه برداری خیابان‌ها قرار داده شده و از طریق روش کرنل^۱ چگالی طولی محاسبه می‌گردد. در این روش به ازای هر سلول مکانی در شبکه، دایره‌ای به منظور جستجو با شعاع معین تعریف شده و بر اساس آن مجموع مشخصه‌های خیابان‌های یافت شده محاسبه و بر مساحت دایره بر حسب متر مربع تقسیم می‌شود. این عمل برای کلیه سلول‌های شبکه تکرار شده تا نهایتاً لایه‌ای دسترس‌ی به نام دانسیته‌ی طولی خیابان‌های شهر حاصل گردد (شکل (۷)).

جدول ۷- جدول آماری چگالی خیابان‌ها در نواحی شهر مشهد

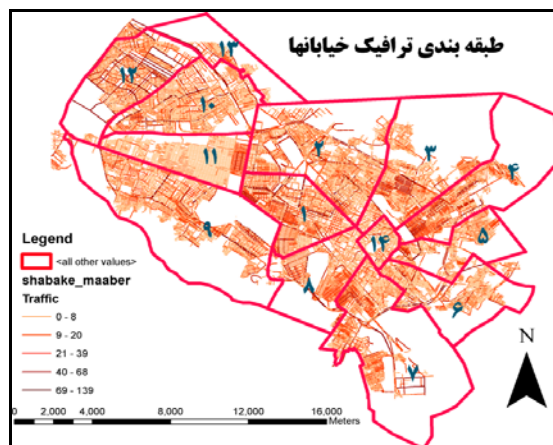
ناحیه شهری	مساحت (متر مربع)	دامنه تغییر	میانگین	انحراف معیار
۶	۱۸۳۹۹۶۰۰	۰/۰۳۰۵۸۷	۰/۰۱۲۶۱۵	۰/۰۰۹۴۴۹
۷	۳۲۲۲۵۴۰۰	۰/۰۲۶۴۱۹	۰/۰۰۹۱۶۳	۰/۰۰۸۳۵۷
۱۴	۳۵۱۹۰۰۰	۰/۰۱۳۱۹۲	۰/۰۱۸۵۷۸	۰/۰۰۳۱۹۳
۵	۱۲۶۱۳۵۰۰	۰/۰۲۶۸۸	۰/۰۱۲۳۹۲	۰/۰۰۷۹۷۹
۱	۱۴۸۸۶۰۰۰	۰/۰۱۹۵۸	۰/۰۱۹۸۱۱	۰/۰۰۳۲۴۵
۲	۳۳۷۸۸۷۰۰	۰/۰۳۰۴۳۶	۰/۰۱۳۷۳	۰/۰۰۸۵۸۶
۳	۳۱۵۴۲۳۰۰	۰/۰۲۶۴۶۹	۰/۰۰۸۷۵۴	۰/۰۰۹۱۴۲
۴	۱۹۶۸۹۳۰۰	۰/۰۲۵۶۱	۰/۰۱۰۳۰۹	۰/۰۰۹۱۸۸
۹	۴۶۶۸۶۶۰۰	۰/۰۲۶۲۷۶	۰/۰۰۹۸۵	۰/۰۰۸۶۲۵
۸	۱۷۳۵۹۲۰۰	۰/۰۲۴۴۹۵	۰/۰۱۱۵۱۷	۰/۰۰۷۷۵
۱۱	۱۵۳۸۶۴۰۰	۰/۰۲۱۰۶۵	۰/۰۱۸۷۱۱	۰/۰۰۵۰۰۹
۱۲	۲۰۷۱۵۳۰۰	۰/۰۳۶۶۱۳	۰/۰۱۳۹۰۸	۰/۰۰۸۰۴۲
۱۳	۱۱۰۹۴۳۰۰	۰/۰۱۹۹۴۸	۰/۰۰۴۵۳	۰/۰۰۵۳۴۶
۱۰	۲۱۶۹۵۴۰۰	۰/۰۱۸۶۵۱	۰/۰۱۸۶۵۱	۰/۰۰۶۶۲۳



شکل ۷- چگالی طولی خیابان‌ها بر اساس روش کرنل

علاوه بر بعد طول، عرض هر خیابان نیز نقش مهمی را در آلودگی‌های ناشی از ترافیک شهری ایفا می‌کند. در شکل (۹) خیابان‌های شهر مشهد بر اساس پهنا طبقه‌بندی شده‌اند. در ادامه جدول (۹) به منظور تحلیل چگالی عرض خیابان‌ها در واحد سطح و آماری چگالی عرض خیابان‌ها در هر زون شهری آماده‌سازی گردیدند.

با نگاهی به راهنمای شکل (۹) و آمار ارائه شده در جدول (۹) مشخص است که میانگین تراکم عرضی خیابان‌ها بر واحد سطح در ناحیه ۵ بیشترین و در ناحیه ۱۳ کمترین می‌باشند. همچنین دامنه تغییرات عرضی خیابان‌ها در ناحیه ۶ نسبت به نواحی دیگر بیشتر است که در نتیجه با استفاده از میانگین چگالی طول خیابان‌ها در جدول (۷) و میانگین چگالی عرض خیابان‌ها در جدول (۹) می‌توان سهم و مشارکت تراکم طولی و عرضی خیابان‌ها در میزان مصرف سوخت و نشر آلودگی در سال ۱۳۹۰ را محاسبه نمود.



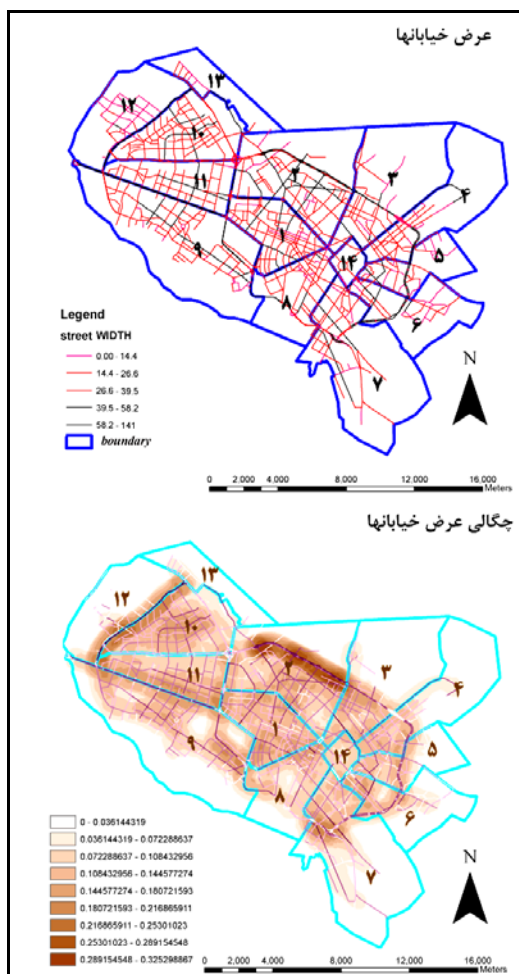
شکل ۸- توزیع ترافیکی در واحد سطح در شهر مشهد

قسمت‌های پررنگ‌تر در این شکل نمایان‌گر ترافیک بیشتر و قسمت‌های کم رنگ‌تر نمایان‌گر ترافیک کمتر هستند. به منظور بررسی آماری توزیع ترافیک شهری مطابق روش توضیح داده شده در قبل عمل نموده و جداول آماری چگالی ترافیکی در هر زون شهرداری مطابق جدول (۸) به دست آمده است.

با بررسی ستون میانگین در جدول (۸) محرز می‌گردد که ناحیه ۵ مشهد بیشترین چگالی و ناحیه ۱۳ کمترین چگالی را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج اولویت‌بندی جداول آماری چگالی ترافیکی طولی خیابان‌ها مبنی بر آن است که تقریباً ارتباطی مستقیم بین چگالی طولی خیابان‌ها و توزیع مکانی ترافیکی وجود دارد. بدین مفهوم که طویل‌تر نمودن خیابان‌ها تا حدی باعث کاهش حجم ترافیک جاری می‌گردد.

جدول ۸- جدول آماری زون‌بندی چگالی ترافیکی در شهر

ناحیه شهری	مساحت (متر مربع)	دامنه تغییر	میانگین	انحراف معیار
۶	۱۸۳۹۹۶۰۰	۰/۸۰۰۷۹۸	۰/۲۴۳۳۳۱	۰/۱۸۹۰۴۶
۷	۳۲۲۲۵۴۰۰	۰/۷۸۱۷۶۸	۰/۲۲۶۲۹۳	۰/۱۸۰۲۶۵
۱۴	۳۵۱۹۰۰۰	۰/۳۲۷۹۷۶	۰/۲۷۲۷۹۵	۰/۰۷۴۷۷۱
۵	۱۲۶۱۳۵۰۰	۰/۵۶۴۸۷۲	۰/۲۲۰۳۸۳	۰/۱۴۲۰۸۹
۱	۱۴۸۸۶۰۰۰	۰/۷۱۷۰۷۳	۰/۵۳۰۷۸۷	۰/۱۱۹۹۴۴
۲	۳۲۷۸۸۷۰۰	۰/۹۶۴۸۹۸	۰/۳۰۶۲۶۷	۰/۲۰۳۲۹۸
۳	۳۱۵۴۲۳۰۰	۰/۷۷۵۰۹۱	۰/۱۷۲۳۸۹	۰/۱۹۹۵۶۲
۴	۱۹۶۸۹۳۰۰	۰/۸۲۶۳۵۴	۰/۲۴۵۴۱	۰/۲۳۳۹۷۶
۹	۴۶۶۸۶۶۰۰	۱/۰۹۱۹۸۲	۰/۲۳۶۹۰۳	۰/۲۲۲۲۱۷
۸	۱۷۳۵۹۲۰۰	۰/۶۷۷۹۸۹	۰/۲۶۶۹۴۱	۰/۱۷۹۶۸
۱۱	۱۵۳۸۶۴۰۰	۰/۸۸۲۳۲۶	۰/۲۵۷۲۳۷	۰/۱۶۷۸۹
۱۲	۲۰۷۱۵۳۰۰	۰/۷۶۰۲۴۲	۰/۳۸۹۹۱۱	۰/۱۸۹۵۵۴
۱۳	۱۱۰۹۴۳۰۰	۰/۶۱۷۴۵۹	۰/۱۰۴۱۹۲	۰/۱۳۲۰۲۷
۱۰	۲۱۶۹۵۴۰۰	۰/۵۸۲۲۹۵	۰/۳۸۴۷۰۲	۰/۱۲۴۰۶۲



شکل ۹- پراکندگی مکانی خیابان‌ها به صورت عرضی

جدول ۹- جدول آماری زون‌بندی چگالی بعد عرضی خیابان‌ها

در شهر مشهد

ناحیه شهری	دامنه تغییر	میانگین	انحراف معیار
۱	۰/۱۰۶	۰/۱۳۹۱۴۳	۰/۰۱۹۱۴۴
۱۱	۰/۱۷۷	۰/۱۲۶۷۵۱	۰/۰۳۵۷۷۳
۱۰	۰/۳۱۹	۰/۱۲۶۶۲	۰/۰۴۹۱۴۳
۲	۰/۳۲۶	۰/۱۱۶۵۰۲	۰/۰۸۳۴۵۳
۱۴	۰/۰۹۷	۰/۰۹۱۱۰۴	۰/۰۱۹۱۲۵
۸	۰/۱۷۹	۰/۰۸۱۱۴۶	۰/۰۴۸۲۹۶
۵	۰/۱۵۵	۰/۰۷۰۰۰۷	۰/۰۵۲۷۱۴
۹	۰/۱۹۹	۰/۰۶۹۰۸۶	۰/۰۵۶۹۳۲
۴	۰/۱۵۶	۰/۰۵۹۳۶۷	۰/۰۵۳۳۸۵
۶	۰/۱۶۱	۰/۰۵۶۹۷۷	۰/۰۵۱۹۱
۷	۰/۳۲۱	۰/۰۵۱۵۹۶	۰/۰۵۳۷۷۲
۳	۰/۳۴۷	۰/۰۴۶۸۸	۰/۰۵۷۲۸۱
۱۲	۰/۲۴۸	۰/۰۴۵۲۵۱	۰/۰۶۵۷۹۵
۱۳	۰/۱۴۵	۰/۰۲۱۹۶	۰/۰۲۸۹۱۲

در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده و در نظر گرفتن میزان مصرف سوخت و نشر آلودگی ناشی از وسائط نقلیه در شهر مشهد، سهم هر ناحیه شهری از مصرف سوخت بنزین، گازوئیل و تولید آلاینده‌های HC، CO و NO_x مطابق جدول (۱۲) محاسبه گردید. نتایج حاصل از جدول (۱۱) حاکی از آن است که نواحی ۱ و ۱۱ و ۱۰ دارای بیشترین سهم در انتشار آلودگی‌ها و نواحی ۱۳ و ۳ کمترین سهم از انتشار آلودگی ناشی از نقش شکل هندسی خیابان‌ها در افزایش ترافیک شهری را دارند.

جدول ۱۱- سهم هر ناحیه شهری از نظر انتشار آلودگی

منطقه شهرداری	اولویت نهایی	بنزین	گازوئیل
۱	۰/۱۱۷۳۸۱	۸۳۷۶۳۴۹۴	۱۳۴۶۶۶۲۳
۱۱	۰/۱۰۸۷۴۶	۷۷۶۰۱۵۵۴	۱۲۴۷۵۹۷۰
۱۰	۰/۱۰۸۵۲۵	۷۷۴۴۳۱۳۶	۱۲۴۵۰۵۰۱
۱۴	۰/۰۹۲۲۱۵	۶۵۸۰۴۴۸۸	۱۰۵۷۹۳۶۱
۲	۰/۰۹۰۴۵۳	۶۴۵۴۷۵۱۶	۱۰۳۷۷۲۷۸
۸	۰/۰۶۸۳۵۶	۴۸۷۷۸۹۴۴	۷۸۴۲۱۷۱
۵	۰/۰۶۵۶۹۹	۴۶۸۸۲۹۰۹	۷۵۳۷۳۴۶
۶	۰/۰۶۰۴۰	۴۳۱۰۱۷۵۲	۶۹۲۹۴۵۱
۱۲	۰/۰۵۸۶۲۳	۴۱۸۳۳۲۹۲	۶۷۲۵۵۲۱
۹	۰/۰۵۸۳۱۷	۴۱۶۱۴۸۲۵	۶۶۹۰۳۹۸
۴	۰/۰۵۵۱۶۸	۳۹۳۶۷۷۳۳	۶۳۲۹۱۳۴
۷	۰/۰۴۸۵۰۳	۳۴۶۱۲۱۲۰	۵۵۶۴۵۷۶
۳	۰/۰۴۵۲۴۵	۳۲۲۸۶۹۵۹	۵۱۹۰۷۶۱
۱۳	۰/۰۲۲۳۶۹	۱۵۹۶۲۸۵۰	۲۵۶۶۳۴۱
منطقه شهرداری	منوکسید کربن	هیدروکربن‌ها	اکسیدهای نیتروژن
۱	۳۲۹۹۰۷۶۱	۳۶۵۶۳۹۹	۵۶۲۳۵۷
۱۱	۳۰۵۶۳۸۴۴	۳۳۸۷۴۲۱	۵۲۰۹۸۸
۱۰	۳۰۵۰۱۴۵۰	۳۳۸۰۵۰۶	۵۱۹۹۲۴
۱۴	۲۵۹۱۷۴۹۸	۲۸۷۲۴۶۲	۴۴۱۷۸۶
۲	۲۵۴۲۲۴۳۱	۲۸۱۷۵۹۳	۴۳۳۳۴۸
۸	۱۹۲۱۱۸۸۳	۲۱۲۹۲۷۲	۳۲۷۴۸۳
۵	۱۸۴۶۵۱۱۹	۲۰۴۶۵۰۷	۳۱۴۷۵۴
۶	۱۶۹۷۵۸۸۷	۱۸۸۱۴۵۴	۲۸۹۳۶۹
۱۲	۱۶۴۷۶۲۹۶	۱۸۲۶۰۸۴	۲۸۰۸۵۳
۹	۱۶۳۹۰۹۵۲	۱۸۱۶۵۴۸	۲۷۹۳۸۶
۴	۱۵۵۰۵۲۲۱	۱۷۱۸۴۵۹	۲۶۴۳۰۰
۷	۱۳۶۳۲۱۹۴	۱۵۱۰۸۶۹	۲۳۲۳۷۲
۳	۱۲۷۱۶۴۱۵	۱۴۰۹۳۷۳	۲۱۶۷۶۲
۱۳	۶۲۸۷۰۶۵	۶۹۶۸۰۱	۱۰۷۱۶۸

با توجه به نواحی شهرداری در سال ۱۳۹۰ میانگین‌های چگالی طولی و عرضی خیابان‌ها به عنوان شاخص در نظر گرفته شده و پس از استاندارد سازی مطابق جدول (۱۰) معین می‌گردد. بدین صورت که هر یک از میانگین‌ها بر مجموع ستون تقسیم شده و متوسط نهایی استاندارد شده حاصل می‌گردد. در این جدول ستون آخر نشان دهنده سهم و مشارکت هر زون شهرداری از نظر معیار تراکم طولی و عرضی خیابان‌ها در تولید آلودگی می‌باشد.

جدول ۱۰- استانداردسازی میانگین‌های چگالی طولی و عرضی

خیابان‌ها

ناحیه شهری	میانگین ۱	میانگین ۲	نتیجه
۱	۰/۵۳۰۷۸۷	۰/۱۳۹۱۴۳	۰/۱۱۷۳۸۱
۱۱	۰/۲۵۷۲۳۷	۰/۱۲۶۷۵۱	۰/۱۰۸۷۴۶
۱۰	۰/۳۸۴۷۰۲	۰/۱۲۶۶۲	۰/۱۰۸۵۲۵
۱۴	۰/۲۷۲۷۹۵	۰/۰۹۱۱۰۴	۰/۰۹۲۲۱۵
۱۲	۰/۳۸۹۹۱۱	۰/۰۴۵۲۵۱	۰/۰۵۸۶۲۳
۲	۰/۳۰۶۲۶۷	۰/۱۱۶۵۰۲	۰/۰۹۰۴۵۳
۶	۰/۲۴۳۳۳۱	۰/۰۵۶۹۷۷	۰/۰۶۰۴۰
۵	۰/۲۲۰۳۸۳	۰/۰۷۰۰۰۷	۰/۰۶۵۶۹۹
۸	۰/۲۶۶۹۴۱	۰/۰۸۱۱۴۶	۰/۰۶۸۳۵۶
۴	۰/۲۴۵۴۱	۰/۰۵۹۳۶۷	۰/۰۵۵۱۶۸
۹	۰/۲۳۶۹۰۳	۰/۰۶۹۰۸۶	۰/۰۵۸۳۱۷
۷	۰/۲۲۶۲۹۳	۰/۰۵۱۵۹۶	۰/۰۴۸۵۰۳
۳	۰/۱۷۳۳۸۹	۰/۰۴۶۸۸	۰/۰۴۵۲۴۵
۱۳	۰/۱۰۴۱۹۲	۰/۰۲۱۹۶	۰/۰۲۲۳۶۹

۴- نتیجه‌گیری

آلودگی هوای ناشی از ترافیک به عنوان یک مسأله با ساختار ضعیف دارای عوامل و پارامترهای تأثیرگذار متعدد و پیچیده‌ای است. این موضوع نقش به‌سزایی در حفظ سلامت شهروندان و ایجاد محیط زیست پاک و سلامت در کلیه جوامع شهری دارد. به استناد آمار و ارقام ارائه شده در متن مقاله، شهر مشهد به دلیل تردد وسایط نقلیه فراوان (اعم از وسایل نقلیه ساکنین مشهد و مسافران) شهری پر ترافیک به حساب می‌آید. از این رو آلودگی ناشی از ترافیک در این شهر امری قابل تأمل است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد. پس از مدل‌سازی تراکم طولی و عرضی خیابان‌های شهر در محدوده‌ی مطالعاتی و بررسی ارتباط و وابستگی مکانی عوامل با ترافیک جاری خیابان‌های شهر مشخص گردید که شکل هندسی شبکه معابر نقشی غیر قابل انکار در انتشار آلودگی‌های ناشی از ترافیک دارد. این موضوع به نحوی با تأثیر بعد طولی و عرضی خیابان‌ها در مسأله ترافیک در ارتباط است. با بررسی اجمالی نواحی ۱، ۱۱ و ۱۰ که وضعیت هندسی خیابان‌ها در آن‌ها بیش‌ترین نقش توزیع آلاینده‌های مختلف را دارد، مشخص می‌گردد که متناسب با ظرفیت هندسی خیابان‌های شهر خدمات‌رسانی مؤثری انجام نشده است. این نواحی شهری دارای بیش‌ترین تراکم طولی و عرضی در انتشار انواع آلاینده می‌باشند. بررسی کلی کاربری‌ها در این سه ناحیه نشان دهنده تمرکز کاربری‌های اداری و تجاری به همراه عدم توجه به جانمایی پارکینگ‌ها است که خود عواملی مهم در عدم کارآمدی شکل هندسی شبکه‌ی معابر می‌باشد. به منظور حل این مشکل علاوه بر احداث پارکینگ در محل‌های شایسته، توزیع مناسب‌تر کاربری‌ها و توجه به زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی، می‌توان از راه حل عریض‌تر نمودن خیابان‌های جنوبی نواحی ۱ و ۱۱ و خیابان‌های شمالی ناحیه ۱۰ استفاده نمود. همچنین گسترش طولی خیابان‌ها از غرب به جنوب شرقی در ناحیه ۱ و از شرق به غرب در ناحیه ۱۱ و به صورت شعاعی در نواحی مرکزی ۱۰ شهرداری مشهد، گامی مؤثر در کم نمودن اثر شکل هندسی خیابان‌هاست. علاوه بر این، برخی از راهکارهای مفید جهت کاهش این آلودگی‌ها به قرار زیرند:

- توسعه مخابرات، تقویت پایگاه‌های اینترنتی و برقراری دولت الکترونیک جهت کاهش استفاده از وسایل نقلیه
- توسعه وسایل نقلیه عمومی، ریلی و خودروهای گازسوز که اثر قابل توجهی در کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی خواهد داشت

• مدیریت و کاهش تقاضای سفر

- سرعت بخشی به روند از رده خارج کردن خودروهای فرسوده
- استفاده از مبدل کاتالیزوری جهت تبدیل مونوکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته به دی‌اکسید کربن
- اجرا معاینه فنی منظم و تنظیم موتور و سرویس به موقع وسایط نقلیه به نحو مطلوب

۵- مراجع

- [1] Rebloj, O., Sturm, P. J., "A GIS Based Component Oriented Integrated System for Estimation Visualization and Analysis of Road Traffic Air pollution", *Environmental Modeling & Software*, 1999, (1), 531-539.
- [2] Badard, T., Richard, P., "Using XML for the Exchange of Updating Information between Geographical Information Systems", *Computers, Environment and Urban Systems*, 2001, 25 (1), 17-31.
- [3] Dangermond, J., "Trends in GIS and Comments", *Computers, Environment and Urban Systems*, 1989, 12 (3), 137-159.
- [4] Bellander, T., Berglund, N., Gustavsson, P., Jonson, T., Nyberg, F., Pershagen, G., "Using Geographical Information Systems to Assess Individual Historical Exposure to Air Pollution from Traffic and House Heating in Stockholm", *Environmental Health Perspectives*, 2001, 109 (6), 633-639.
- [5] Venn, A., Lewis, S., Cooper, M., Hubbard, R., Hill, I., Boddy, R., "Local Road Traffic Activity and the Prevalence, Severity and Persistence of Wheeze in School Children: Combined Cross Sectional and Longitudinal Study", *Occupational Environmental Medicine*, 2000, 57, 153-157.
- [6] Marshal, J. D., Nethery, E., Brauer, M., "Within Urban Variability in Ambient Air Pollution: Comparison of Estimation Methods", *Atmospheric Environment*, 2008, 42 (6), 1359-1369.
- [7] Briggs, D., deHoogh, C., Gulliver, J., Wills, J., Elliott, P., Kingham, S., "A Regression-Based Method for Mapping Traffic-Related Air Pollution: Application and Testing in Four Contrasting Urban Environments", *The Science of the Total Environment*, 2000, 253, 151-167.
- [8] Hoek, G., Fischer, P., Van den Brandt, P., Goldbohm, S., Brunekreef, B., "Estimation of Long-Term Average Exposure to Outdoor

- [11] Wheeler, A. J., Smith-Doiron, M., Xu, X., Gilbert, N. L., Brook, J. R., "Intra-Urban Variability of Air Pollution in Windsor, Ontario Measurement and Modeling for Human Exposure Assessment", *Environmental Health*, 2008, 106, 7-16.
- [12] Wang, X., "Integrating GIS, Simulation Models, and Visualization in Traffic Impact Analysis", *Computers Environment and Urban Systems*, 2005, 29, 471-496
- Air Pollution for a Cohort Study on Mortality", *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 2001, 11 (6), 59-469.
- [9] King, N., Moreng, P., Lapierre, L., "Direction de Santé Publique de Montréal a Publié", *Synthesis Report Series*, 2005, 8, 3.
- [10] Beckerman, B., Jerrett, J., Brook, J. R., Verma, Arian, D. K. M., Finkelstein, C., "Correlation of Nitrogen Dioxide with other Traffic Pollutants Near a Major Expway", *Atmospheric Environment*, 2008, 42, 275-290.

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Length and Width Density on Traffic Air Pollution Using GIS

Mohammad Shokohian ^a, Rouzbeh Shad ^{a,*}, Mohammad Ghazinezhad ^b

^a *Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Ferdowsi of Mashhad, Mashhad 5138806003, Iran*

^b *Faculty of Civil Engineering, Amirkabir University, Tehran, Iran*

Received: 01 August 2013; **Accepted:** 05 February 2014

Keywords:

Traffic, GIS, Streets networks, Pollutants, Criteria.

1. Introduction

In recent years, many researches and activities in the fields of spatial behavior of traffic air pollution have been reported [1-3]. Due to low quality of vehicles and related technologies in developing countries and the lack of the efficient consideration of urban infrastructures, there are higher values of traffic contaminations in the big cities [4, 5]. Mashhad as the second largest city in Iran sees heavy traffic and the problems caused by that-especially in the city center and around the holy shrine. Among 14 to 20 million pilgrims and travelers enter Mashhad which leads to an increasing demand for transportation services. The present study is in the field of evaluating the geometrical effects of urban transport network for modeling the increasing and spreading of emission caused by traffic. In this research we try to: firstly, examine the statistics and comprehensive data related to transportation in the city of Mashhad and secondly, we present practical solutions for decreasing the referred predicament in Mashhad and other metropolitan cities based on estimating and analyzing geometric density results. Obtained results reveal high importance of streets' width and length in decreasing the effects of air pollution spread.

2. Methodology

2.1. Pollution propagation

In this section, we investigate the amount of fuel consumption and pollution propagation of vehicles in Mashhad in a single peak morning hour in 2001, 2006 and 2011. Some data demonstrate the distance traveled in each trip, given the distance between the traffic regions and based on the information provided in the questionnaires by the citizens. Based on the fuel consumption of different vehicles in definite distances and the amount of pollutants produced by using 1 liter of fuel, it is possible to calculate the total amount of fuel used and the total amount of the pollutants produced in a single hour. In order to calculate the amount of the pollutants produced by fuel consumption, first off, the amount of pollutants produced while burning 1 liter of the fuel.

2.2. Traffic pollutants modeling in GIS

Streets density and different urban areas have different roles and effects on the traffic and air pollution. This means that lengthening and widening the streets leads to extended distribution and caused to greater spatial distribution of moving vehicles in city streets. In GIS, using analytical tools, longitudinal and cross density of streets can be computed per unit area. So, streets are prepared in 1:2000 scales and recorded based on UTM map projection system.

* Corresponding Author

E-mail addresses: mshokouhian222@yahoo.com (Mohammad Shokohian), rouzbeh_shad@yahoo.com (Rouzbeh Shad), m_ghazinezhad@yahoo.com (Mohammad Ghazinezhad).

3. Results and discussion

3.1. Effect of geometrical parameters on the traffic pollution distribution

Based on the statistical results Mashhad municipality has the highest longitudinal density per area. While, district 1 of Mashhad municipality has maximum standard deviation of the longitudinal density and district 3 has less variations amount. Statistical analysis of average population in districts of Mashhad Municipality shows that districts 2 and 4 have the highest value of fixed population in Mashhad. To analyze relation and spatial dependency of the factors with the current traffic of urban streets, map of streets' traffic density in unit area was calculated. Traffic variations of streets are shown in fig. 1 based on statistical data of Mashhad Traffic Control Organization in 2011.

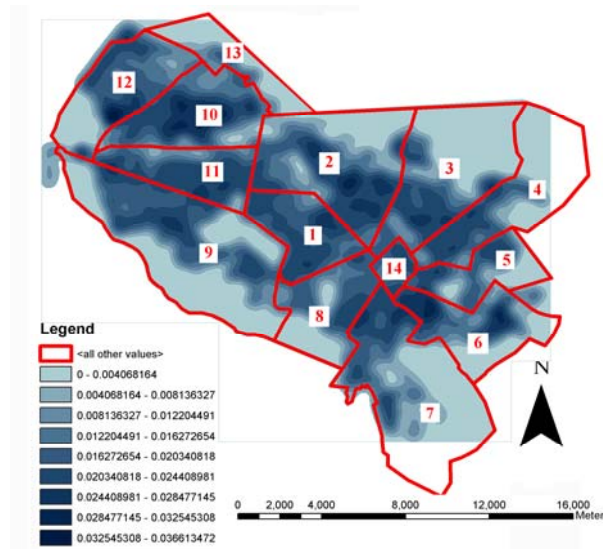


Fig 1. Traffic distribution in Mashhad: Highlighted areas indicate more traffic and less colored areas indicate less traffic.

Evaluation of average of statistical results shows that district 5 of Mashhad has the most density and district 13 has the least density. Prioritization results of statistical tables for longitudinal traffic density of streets are based on the fact that there is a direct correlation between longitudinal density of streets and spatial distribution of traffic. This means that lengthening streets, somehow reduces the current traffic amount. Fig. 2 indicates that district 5 has the highest streets latitudinal density average per unit area and district 13 has the least one.

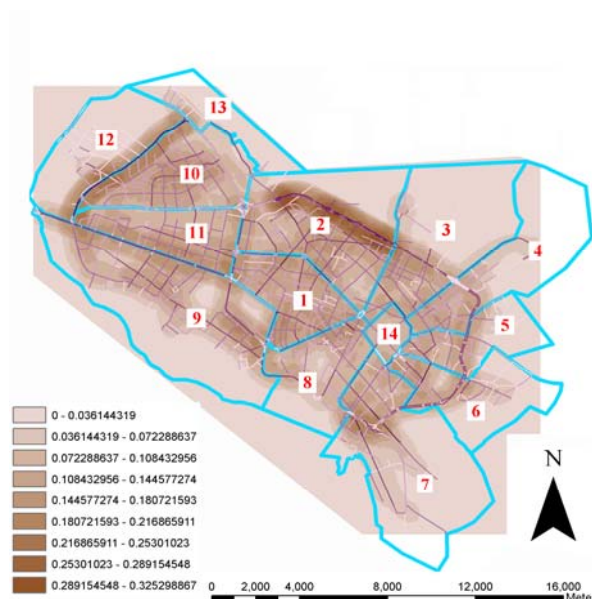


Fig 2. Spatial distribution of streets: range of streets, latitudinal variations in district 6 is higher than other districts.

3.2. Statistical process

We computed the share of streets' longitudinal and latitudinal density in fuel consumption rate and pollution emissions in the year 2011. Regarding municipal zones in the year 2011, streets latitudinal; and longitudinal density average has been considered as index and was determined after standardization. In a way that each of averages are divided to total and eventually presents final standardized average. At last, regarding the results and fuel consumption value and pollution emissions resulted from traffic of vehicles in Mashhad, share of each municipal zone has been determined in case of consuming petroleum, gasoline and production of contaminants including CO, HC and NO_x. Final results show that zone numbers 1, 10 and 11 have the highest contamination share and zones 3 and 13 have the least amount of such share, which refers to the role of streets geometrical form in enhancing urban traffic.

4. Conclusions

In this paper, after modeling the longitudinal and latitudinal density of the streets geometry and examining the connection and the dependence of factors with the current traffic, it became clear that the geometrical shape of the passages networks has an undeniable role in the dissemination of traffic pollution. In a way, this matter has a connection with the influence of longitudinal and latitudinal dimension of the streets in the traffic. By conducting a brief examination in districts 1, 11 and 10 in which the geometrical condition of the streets has the most influential role in dissemination of various sorts of pollutants; it was found that proportionate to the geometrical capacity of the city's streets, the service provision was not sufficient. These urban districts have the most longitudinal and latitudinal density in dissemination of different pollutants. A thorough examination of applications in these three districts illustrates the concentration of commercial and official centers as well as a lack of attention to the construction of parking spaces which itself is an important factor in the inefficiency of geometrical shape of the passage networks. In order to resolve this issue, in addition to the construction of parking spaces in appropriate areas, proper distribution of applications and paying enough attention to public transportation infrastructures, widening the southern streets of districts 1 and 11 and the northern streets of district 10 can be applied as a solution. Also, longitudinal development of the streets from west to south-east in district 1, from east to west in district 11 and a radial widening in central areas of district 10 in the city, is an effective step in the reduction of geometrical effect of the streets.

5. References

- [1] Rebloj, O., Sturm, P. J., "A GIS Based Component Oriented Integrated System for Estimation Visualization and Analysis of Road Traffic Air pollution", *Environmental Modeling & Software*, 1999, (1) , 531-539.
- [2] Dangermond, J., "Trends in GIS and Comments", *Computer Environmental and Urban Systems*, 1989, 12 (3), 137-159.
- [3] Venn, A., Lewis, S., Cooper, M., Hubbard, R., Hill, I., Boddy, R., "Local Road Traffic Activity and the Prevalence, Severity and Persistence of Wheeze in School Children: Combined Cross Sectional and Longitudinal Study", *Occupational Environmental Medicine*, 2000, 57, 153-157.
- [4] Marshal, J. D., Nethery, E., Brauer, M., "Within Urban Variability in Ambient air Pollution: Comparison of Estimation Methods", *Atmospheric Environment*, 2008, 42 (6), 1359-1369.
- [5] Briggs, D., deHoogh, C., Gulliver, J., Wills, J., Elliott, P., Kingham, S., "A Regression-Based Method for Mapping Traffic-related Air Pollution: Application and Testing in Four Contrasting Urban Environments", *The Science of the Total Environment*, 2000, 253, 151-167.