

مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری، سال پنجم، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷، شماره پیاپی ۸

بررسی تأثیر سناریوهای ساختار فضایی شهر بر آلودگی هوا (نمونه مورد مطالعه: شهر تهران)

مصطفی قدمی (دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران، نویسنده مسئول)

ghadami56@gmail.com

هادی عبدالله وند (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران)

hadiabdollahvand@gmail.com

تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۷

صص ۲۸۰-۲۶۱

چکیده

ساختار فضایی شهرها به شکلی عمیق با الگوی سفرهای درون شهری به منظور دسترسی به محل کار، سکونت، تفریح و امور روزمره در ارتباط است. این پیوند ناگسستنی به نوبه خود تحت تأثیر کیفیت و شیوه های مختلف سفر می تواند بر کیفیت محیطی شهرها و از آن جمله کیفیت هوا، تأثیر مستقیم برجای بگذارد. از این رو تأثیر ساختار فضایی شهر بر کیفیت هوای شهری تحت تأثیر الگوی های سفر قابل تحلیل و پیش بینی است. این تحقیق است توصیفی-تحلیلی مبتنی بر اطلاعات ثانویه و طی آن ابتدا ساختار فضایی شهر تهران توسط ضریب آنتروپی شانون و ضریب موران بر اساس آمار بلوک های جمعیتی و جرم فعالیت های جاذب سفر در سطح مناطق ۲۲ گانه تهران تعیین گردید. در ادامه به بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر در وضع موجود پرداخته شد. در مرحله بعدی با استفاده از مدل سازی سناریو، تأثیر ساختارهای فضایی مختلف شهری بر آلودگی هوای تهران مورد سنجش قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان می دهد که ساختار فضایی بی مرکز یا پراکنده تأثیری معنی دار بر افزایش میزان آلودگی هوای تهران دارد.

کلیدواژه ها: آلودگی هوا، تهران، ساختار فضایی شهر، سناریوسازی.

۱. مقدمه

۱.۱. طرح مسئله

همراه با رشد جمعیت و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی در فضاهای شهری، شهرها رشد می‌یابند و نواحی شهری بطور سریعی گسترده می‌شوند (ادوارد^۱، ۲۰۰۲؛ دای و همکاران^۲، ۲۰۰۱، ص. ۲۵۷). رشد شتابان شهری اثرات زیانباری را برای انسان و محیط زیست به همراه دارد، که از یک سو موجب رشد و توسعه سریع کلان شهرها و مناطق حاشیه آنها می‌گردد و از سوی دیگر مخاطراتی را در نحوه و چگونگی این توسعه در برابرشان قرار می‌دهد (سازمان ملل - هیئات^۳، ۲۰۰۹؛ شگری، ۱۳۹۰، ص. ۲). در این ارتباط ساختار فضایی یکی از عمده‌ترین موضوعات در شهرها بویژه شهرهای بزرگ می‌باشد. ساختار فضایی به مجموعه‌ای از ارتباطات ناشی از فرم شهری و تجمع مردم، حمل و نقل و جریان کالا و اطلاعات اشاره دارد (رودریگو و همکاران^۴، ۲۰۰۹، ص. ۲۰۵).

امروزه بر خلاف گذشته با تخصصی شدن مشاغل، تنوع در کاربری زمین، تغییر الگوی کاربری زمین و پراکندگی مکانی فعالیت‌ها، علاوه بر افزایش حجم سفرهای روزانه، بر محدوده سفرها یا حوزه نفوذ کاربری‌ها تأثیر گذاشته است، به گونه‌ای که افراد برای تأمین نیازهای اساسی خود مجبور به طی مسافت‌های طولانی به ویژه با اتومبیل شخصی می

باشند (گینزا و لیورت^۵، ۲۰۱۳؛ بورتون^۶، ۲۰۰۰؛ قدمی، ۱۳۹۰، ص ۷۸). در این ارتباط مطالعات برنامه‌ریزان شهری نشان‌دهنده این موضوع است که ساختار و الگوی توسعه شهر بر تشدید وابستگی به وسایل نقلیه از جمله اتومبیل مؤثر است (جنکس و جونز^۷، ۲۰۱۰). به عبارتی می‌توان گفت هر نوع شکل و ساختار فضایی الگوی متفاوت حمل و نقل را در شهر حمایت می‌نماید.

بخش حمل و نقل چه بصورت مستقیم در اثر استفاده از سوخت‌های فسیلی و چه به صورت غیرمستقیم از طریق تولید انرژی‌های دیگر، تولیدکننده انواع گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و می‌توان گفت حمل و نقل از علل اصلی آلودگی هوا به‌شمار می‌رود. از این رو شناخت و طراحی ساختار فضایی که قابلیت تطابق با شرایط موجود و آتی را داشته باشد و در عین حال پایدار باشد، امروزه یکی از ضرورت‌های حیاتی در حیطه برنامه‌ریزی شهری می‌باشد (برتود^۸، ۲۰۰۲، ص. ۲۶۰). این در حالی است که امروزه علیرغم تشدید مسایل و مشکلات متعدد ناشی از گسترش سریع شهرنشینی، سیر تکاملی ساختار فضایی شهر اغلب مورد پایش قرار نمی‌گیرد (همان، ص. ۶). در نتیجه، ناکارآمدی‌های مهم ناشی از یک ساختار فضایی ضعیف اغلب نادیده گرفته می‌شود تا جایی که زمان برای هرگونه اقدامی از دست می‌رود (برتود^۹، ۲۰۱۳، ص. ۱۳).

5. Gainza & Livert
6. Burton
7. Jenks & Jones
8. Bertaud
9. Bertaud

1. Edwards
2. Dai et al
3. UN-Habitat
4. Rodrigue et al

شهر تهران که با شروع دوران قاجار پایتخت کشور شده بود با گذشت زمان، دستخوش تحولات و تغییرات مهمی در ساختار فضایی اش شد و از یک شهر متعارف سستی به یک کلان شهر تبدیل گردید (زبردست^۱، ۲۰۰۶؛ مدنی پور^۲، ۲۰۰۶). پیشی گرفتن رشد مساحت بر رشد جمعیت (مشهدیزاده دهاقانی، ۱۳۸۱، ص. ۴۴۵) باعث شکل گیری پدیده پراکنش شهری و توسعه افقی بی رویه و به دنبال آن کاهش تراکم در شهر شده است. هم اکنون کلان شهر تهران در رده بندی شهرهای بزرگ جهان، جزء شهرهای آلوده جهان است. در واقع شهر تهران یکی از آلوده ترین پایتخت های جهان است (گریدل و همکاران^۳، ۱۹۹۳). با در نظر گرفتن رابطه میان این دو مؤلفه مهم یعنی ساختار فضایی و آلودگی هوا، هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر ساختار فضایی بر روی میزان آلودگی هوا است. این تحقیق در راستای پاسخ به پرسش اصلی زیر صورت گرفته است:

آیا سناریوهای متفاوت ساختار فضایی شهر بر میزان انتشار آلاینده ها تأثیر متفاوتی ایجاد می کند؟

۲.۱. پیشینه پژوهش و مبانی نظری

برخی از مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر ساختار فضای شهر بر آلودگی هوای شهری در جدول شماره ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از مطالعات مشابه نشان دهنده اهمیت پرداختن به ساختار فضایی شهر می باشد. نتایج مطالعات بیانگر تأثیر احتمالی اشکال ساختار فضایی شهر نظیر

الگوهای فشرده شهری با تراکم مسکونی بالاتر در برابر توسعه های پراکنده با تراکم مسکونی پایین تر، تراکم اشتغال یا پراکندگی آن و توسعه های با محوریت حمل و نقل عمومی در برابر توسعه های متکی بر اتومبیل شخصی در میزان انتشار مواد آلاینده هوا هستند.

ساختارهای فضای شهری با سیستم حمل و نقل شهری در پیوند عمیقی است (رودریگو و همکاران^۴، ۲۰۰۹). با گسترش شهرنشینی، گرایش به سمت حومه نشینی شدت می گیرد و گستردگی شهری خود به علت پراکندگی فضایی و جدایی کاربری اراضی در فضاهای شهری، تأثیر مستقیمی بر جریان های جابجایی و دسترسی شهری می گذارد (بنت و همکاران^۵، ۲۰۱۰؛ گارسیا^۶، ۲۰۱۰، ص. ۱۹۷). در نتیجه پراکندگی شهری به پراکندگی الگوهای سفر می انجامد.

شهرهای پراکنده با تراکم نسبی پایین، عدم پیوستگی فضایی فعالیت ها، مسافت طولانی سفرها و در نتیجه وابستگی به اتومبیل کیفیت زندگی را در محیط های شهری کاهش می دهند و هزینه های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی (نظیر مصرف بیش از حد انرژی و آلودگی هوا و صدا، هزینه سفرهای روزانه و تأمین زیرساخت های عمومی) را به دنبال دارد (برتود و مالپزی^۷، ۲۰۰۳، ص. ۳-۴؛ ویلیامز و همکاران، ۱۳۸۳، ص. ۲۹۰؛ رهنما و همکاران، ۱۳۸۷).

4. Rodrigue et al
5. Bent, et al
6. Garcia
7. Bertaud & Malpezzi

1. Zebardast
2. Madanipour
3. Graedel et al

بحث در مورد اثرات ساختار فضایی شهر بر الگوی سفر بیشترین انگیزه جهت بررسی ساختار فضایی را فراهم نموده است. امروزه مداخله در ساختار فضایی شهر را به عنوان ابزاری جهت کاهش تقاضای سفر در شهر در نظر می‌گیرند.

میزان آلودگی هوای تولید شده توسط حمل و نقل شهری به طول، سرعت و تعداد سفرهای موتوری (سفرهای تولید شده توسط وسایل نقلیه موتوری) و نوع وسایل نقلیه بستگی دارد. آلودگی‌های شهری، طول و تعداد سفرهای روزانه موتوری بطور نزدیکی با میانگین تراکم آلودگی در نواحی ساخته شده و توزیع فضایی مبدأ و مقصد سفرها رابطه دارند. به این ترتیب استراتژی حمل و نقل و کاربری زمین بر روی کنترل کیفیت هوا اثر گذار خواهند بود (کورنو^۱، ۲۰۰۹، ص. ۶۱؛ لیوایز^۲، ۲۰۰۶). شیوه سفر را می‌توان از طریق عوامل متنوع فرم فضایی و کاربری زمین شهری بررسی کرد و عبارتند از: اندازه سکونتگاه، تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی، توزیع فضایی کاربری‌ها، ترکیب کاربری، تأمین امکانات و خدمات محلی، نزدیکی به مرکز شهر، نحوه اتصال کاربری‌های مختلف به شبکه حمل و نقل و دسترسی به پارکینگ (بردهن و هاناک^۳، ۲۰۱۵؛ جنکیس و جونز^۴، ۲۰۱۰؛ میلدر^۵، ۲۰۱۲).

اشکال مختلف ساختار فضایی شهری نتایج متفاوتی در ارتباط با آلودگی هوای شهر دارند. مسافرت افرادی که در مناطق شهری با تراکم بالا

زندگی می‌کنند نسبت به کسانی که در سکونتگاه‌های پراکنده‌ترند کمتر می‌باشد. شهرهایی با تراکم بالاتر حمل و نقل عمومی را کارآمدتر می‌سازند، در حالی که در مناطق با تراکم پایین به شدت وابسته به ماشین شخصی برای حمل و نقل اند (مونیز و گالیندو^۶، ۲۰۰۵). در شهرهای پراکنده، پراکنش تقاضا در تمام مناطق بالاست و مقاصد هم به‌طور رشدیافته-ای پراکنده‌اند، زیرا شاغلان ساکن حومه‌ها هستند و عدم وجود یک مرکز قوی در کنار وجود چندین مرکز ضعیف بر میزان تردد با اتومبیل شخصی در شهر می‌افزاید (اوای.سی.دی، ۲۰۱۲^۷؛ نیومن و کینورث^۸، ۱۹۹۹).

از این رو با توجه بر تشدید مسایل آلودگی هوای شهر ناشی از ساختار فضایی ناپایدار در شهرها که منجر به کاهش کیفیت زندگی و کارایی می‌گردد (فرگوسن و وودز^۹، ۲۰۱۰). شناخت ساختار فضایی شهر و هدایت آن در راستای توسعه پایدار، امروزه جزء اهداف برنامه‌ریزی شهری در آمده است.

۲. روش شناسی پژوهش

۲.۱. روش پژوهش

تحقیق حاضر تحقیقی است توصیفی و تحلیلی مبتنی بر استفاده از اطلاعات ثانویه و رسمی منتشر شده توسط مرکز آمار ایران و سازمان حفاظت محیط وابسته به شهرداری تهران و سازمان حفاظت محیط زیست است. در این پژوهش از نرم‌افزار GIS به صورت پایه‌ای در مدل‌سازی ساختار فضایی شهر و

6. Muñiz and Galindo
7. OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)
8. Newman & Kenworthy
9. Ferguson & Woods

1. Kornov
2. Lewis
3. Bardhan, & Hanaki
4. Jenks & Jones
5. Milder

تولید و طبقه‌بندی اطلاعات جمعیت و فعالیت به تفکیک مناطق تهران استفاده شده است. در این تحقیق، ابتدا ساختار فضایی شهر تهران توسط ضریب آنتروپی شانون و ضریب موران بر اساس آمار بلوک-های جمعیتی و حجم فعالیت‌های جاذب (تجاری، خدماتی) در سطح مناطق شهر تعیین شده است. در ادامه به بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر تهران در وضع موجود پرداخته شده است. در پی این وضعیت در جهت بررسی تأثیر ساختار فضایی بر روی آلودگی هوا اقدام به سناریوسازی ساختار فضایی شده است. در این قسمت با افزایش ۳۰ درصد در میزان کاربری‌های جاذب جمعیت در هر سناریو به بررسی آلودگی هوا پرداخته شده است. مجموعه سناریوهای این تحقیق شامل سه دسته اند: الف: سناریوی روند گذشته که همان ادامه وضع موجود، ب: سناریوی پراکنده‌رویی و ج: سناریوی تمرکزگرایی در حوزه میانی و مرکزی تهران.

۲.۲. قلمرو جغرافیایی پژوهش

قلمرو جغرافیایی این تحقیق مبتنی است بر شهر تهران بر اساس مرزبندی اداری و مناطق شهرداری تهران.

۳. یافته‌های پژوهش

۳.۱. بررسی تغییرات فضایی شهر تهران

آمارهای مربوط به شهر تهران نشان می‌دهد که که نرخ مصرف زمین در این شهر بسیار بالاست. بالا بودن میزان مصرف زمین در این شهر باعث شده است که مساحت و وسعت این شهر رشد فوق‌العاده بالایی داشته باشد. چنان که در فاصله سال‌های ۱۳۰۰ تا ۱۳۷۵ مساحت این شهر ۱۰۹ برابر شده است (مشهدیزاده دهقانی، ۴۴۵، ص. ۱۳۸۱). در حالی که در همین دوره جمعیت آن ۳۳ برابر شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۷۵). پیشی گرفتن رشد مساحت بر رشد جمعیت باعث شده پدیده پراکنش شهری و توسعه افقی بی‌رویه و به دنبال آن کاهش تراکم در شهر بوجود آید. بررسی تراکم جمعیتی شهر در دوره‌های مختلف حاکی از روند نزولی شدید تراکم در این شهر می‌باشد بطوریکه تراکم آن در سال ۱۳۰۰ ه.ش، ۲۹۱/۶ نفر در هکتار بوده که این میزان در دوره‌های بعدی کاهش یافته و در سال ۱۳۸۵ به ۹۶/۳ نفر در هکتار رسیده است.

جدول ۱. گزارشی مختصر از پیشینه تحقیق

نام محقق	سال انجام	موضوع تحقیق	نتیجه اصلی
دای و همکاران ^۱	۲۰۰۱	ارزیابی توسعه شهری تغییر کاربری زمین در چین با استفاده از GIS	الگوی فضایی پراکنده تأثیر مستقیم بر استفاده از وسایل نقلیه شخصی دارد
پل زین ^۲	۲۰۰۴	ارتباط بین کاربری زمین، فرم شهر و سفرهای موتورسی	با توجه به موقعیت فضایی متفاوت فعالیت‌ها در شهر، الگوی کاربری زمین تأثیر بسزایی بر رفتار ترافیکی مردم دارد.

1. Dai F.C et al

2. Polzin

ادامه جدول ۱

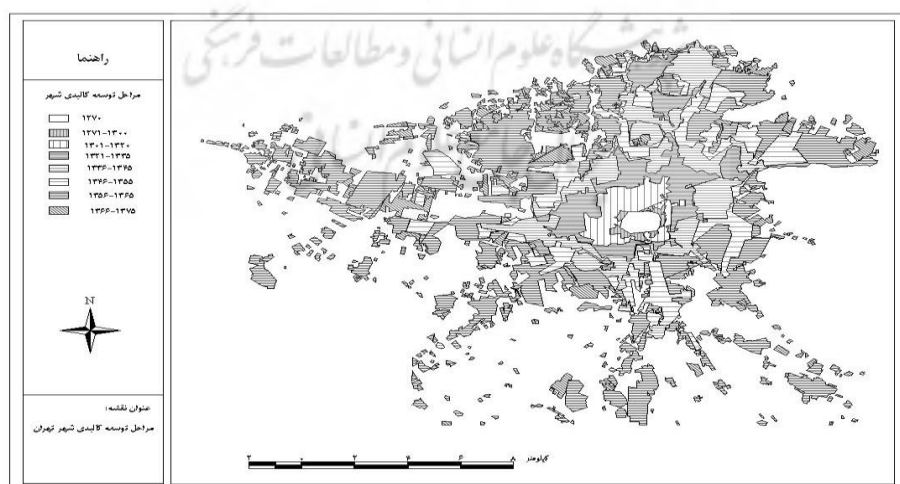
نام محقق	سال انجام	موضوع تحقیق	نتیجه اصلی
رافع جبارین ^۱	۲۰۰۶	کیفیت هوا و فرم شهری در مناطق شهری ایالات متحده	فرم‌های مختلف شهری تأثیرات متفاوتی بر روی مؤلفه‌های شهری دارند.
ونس و هندل ^۲	۲۰۰۶	بررسی فرم شهر و کاربرد اتومبیل در آلمان	فرم و الگوی شهری نقشی مهم در تقاضای سفر شهروندان دارد.
پری شکری فیروز جاه	۱۳۸۸	تأثیر پراکنش فضایی کاربری‌های شهری تبریز بر آلودگی هوا	ارتباط مثبت بین پراکنندگی کاربری‌ها و آلودگی هوا
اصغر ضرابی	۱۳۸۹	بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای اصفهان	بالای ۷۰ درصد آلودگی‌ها به وسیله منابع متحرک می‌باشد.
قدمی	۱۳۹۴	تحلیلی بر تغییرات ساختار فضایی شهر اصفهان با گریزی بر آلودگی هوا	سهم بالای ساختار فضای پراکنده در آلودگی هوا

جدول ۲. میزان جمعیت، مساحت و تراکم جمعیتی در تهران از سال ۱۳۰۰ تا ۱۳۸۵

سال	۱۳۰۰	۱۳۲۰	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵
جمعیت	۲۱۰۰۰۰	۶۹۶۰۰۰	۱۵۱۲۰۸۲	۲۷۱۹۷۳۰	۴۵۳۰۲۲۳	۶۰۴۲۵۸۴	۶۷۵۸۸۴۵	۷۷۱۱۰۰۰
مساحت (هکتار)	۷۲۰	۴۵۰۰	۱۰۰۰۰	۱۹۰۰۰	۳۲۰۰۰	۶۲۰۰۰	۷۳۹۵۰	۸۰۰۰۰
تراکم (نفر در هکتار)	۲۹۱/۶	۱۵۴	۱۵۱	۱۴۳	۱۴۱	۹۷/۴	۹۱	۶۹/۳

مأخذ: (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵)

تغییرات فضایی شهر تهران نشان از الگوی رشد سریع و میل به پراکنده‌رویی دارد. به‌طوری‌که با وجود اراضی خالی در داخل شهر، گرایش به ساخت و ساز در مناطق بیرونی بالاست.



شکل ۱. مراحل توسعه کالبدی شهر تهران تا ۱۳۷۵. مأخذ: (مرکز تحقیقات معماری و شهرسازی ایران، ۱۳۷۵)

1. Jabareen, Y.R
2. Vance & Hedel

۲.۳. مدل سازی ساختار فضایی شهر تهران

در این تحقیق، مدل آنتروپی شانون برای شناخت گستردگی شهر تهران در دوره‌های زمانی ۸۵-۱۳۷۵ به کار گرفته شده است. محاسبات نشان می‌دهد که در زمینه تراکم ساختمانی از سال ۱۳۷۵ به سال ۸۵ مقدار ۲ درصد شهر تهران به سمت متراکم‌تر شدن پیش رفته است، اما این رقم طی ده سال چندان قابل

توجه نیست. همچنین آنتروپی محاسبه شده برای جمعیت شهر تهران از سال ۱۳۷۵ به ۱۳۸۵ تغییری را نشان نمی‌دهد. نتایج مدل، که ارزش مقداری آن بین صفر و یک است، نشانگر رشد پراکنده شهر تهران است.

جدول ۳. محاسبه ارزش آنتروپی شانون در سال‌های ۸۵-۱۳۷۵ در شهر تهران

سال	۱۳۷۵	۱۳۸۱	۱۳۸۵
جمعیت	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۶
تراکم ساختمانی	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۶

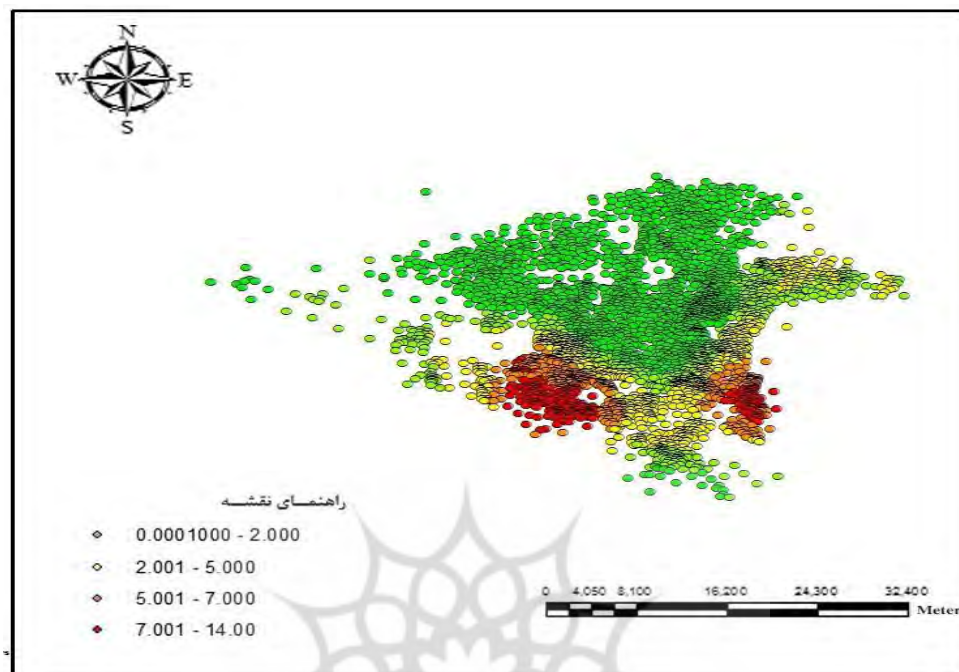
مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج آماره G_i (getis-ord) و خوشه-بندی Hot - spot در سال ۱۳۷۵ شهر تهران دارای ۲ حوزه تراکمی در ۴ ناحیه است که شامل مناطق ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۸ می‌شود که به ترتیب دارای جمعیت ۶۴۹۳۷۰۰، ۴۵۰۱۶۰، ۲۶۴۳۰۰، ۲۹۸۶۰۰ می‌باشند. مناطق ۱۴ و ۱۵ جزء مناطق جنوب شرقی و مناطق ۱۷ و ۱۸ جزء مناطق جنوب غربی تهران محسوب می‌شوند. مناطق بیرونی تهران که واحدهای صنعتی و تولیدی بیشتری را در مقایسه با سایر مناطق در خود جای داده است، بیشترین درصد مهاجر را پذیرفته است.

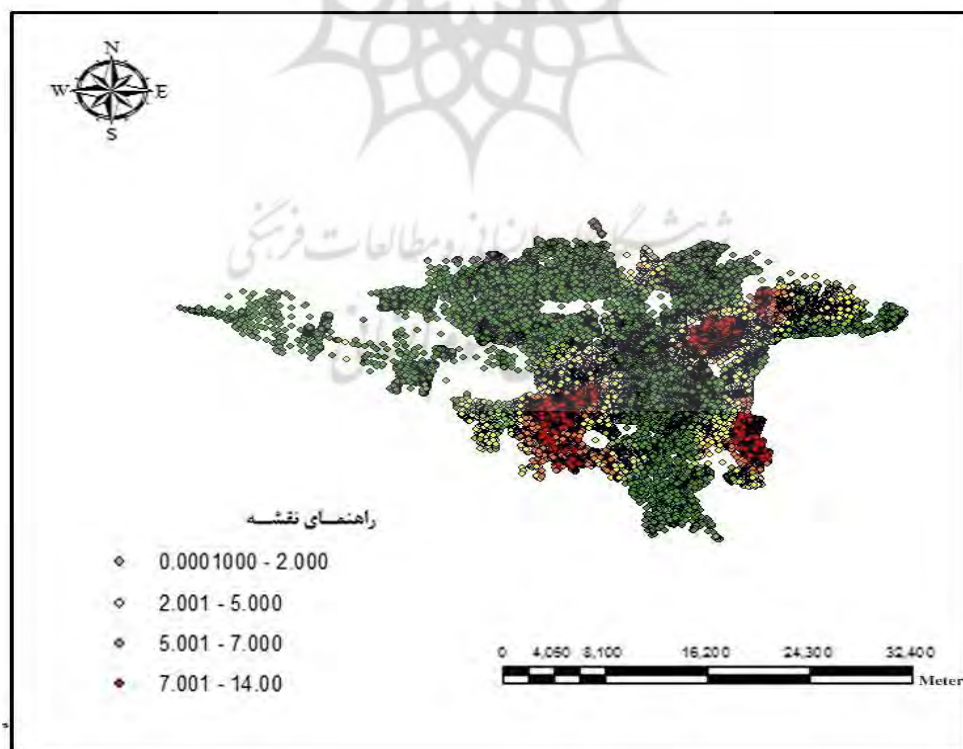
سال‌های اخیر اکثر زمین‌های خالی سطح منطقه توسط واحدهای مسکونی اشغال شده است. اما در سال ۱۳۸۵ خوشه‌های تراکمی شهر تهران افزایش پیدا می‌کند و به ۴ حوزه در ۸ ناحیه می‌رسد که شامل مناطق ۴، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۹ است که به ترتیب دارای جمعیت ۸۱۳۲۳۸، ۳۰۵۲۴۰، ۳۱۵۱۷۳، ۲۷۵۲۴۱، ۴۷۵۵۲۰، ۶۴۳۲۹، ۲۵۵۸۶۴، ۲۴۹۷۸۶ هستند. افزایش تعداد خوشه‌های تراکمی در سال ۱۳۸۵ با سیاست‌های تراکمی شهر تهران، مانند مصوبه ۲۶۹ که برای جلوگیری از رکود بازار مسکن تصویب شد، مصوبه ۳۲۹ که تراکم مبنای را در شهر تهران ۱۲۰ درصد در نظر می‌گیرد، مصوبه تراکم تشویقی شهرداری تهران به بافت‌های فرسوده در سال ۱۳۸۳ که منجر به افزایش ساخت و ساز در قسمت‌های جنوبی شهر تهران می‌شود و افزایش تعداد مناطق تهران در سال ۱۳۸۳ از ۲۰ منطقه به ۲۲ منطقه

روند افزایش شاغلین در منطقه ۱۴ در طول سال‌های ۸۵-۱۳۷۵ صعودی بوده به نحوی که نرخ رشد شاغلین منطقه سالانه ۲/۲۳ درصد و تعداد شاغلین منطقه از ۹/۳۷ هزار نفر در سال ۱۳۷۵ به ۴/۱۱ هزار نفر در سال ۱۳۸۵ رسیده است. رشد منطقه ۱۵ نیز طی چند دهه اخیر پیوسته جریان داشته است و در

از طریق تغییر حریم منطقه ۵ به منطقه ۲۲ و حریم مناطق ۹ و ۱۸ به منطقه ۲۱ در ارتباط است.



شکل ۲. لکه های داغ تراکم ساختمانی شهر تهران در سال ۱۳۷۵



شکل ۳. لکه های داغ تراکم ساختمانی شهر تهران در سال ۱۳۸۵

۳.۳. بررسی وضعیت آلودگی هوای تهران در

وضع موجود

۳.۳.۱. بررسی تعداد سفرهای بین منطقه‌ای در

شهر تهران

با توجه به این موضوع که شهر تهران یکی از کلان‌شهرهای آلوده جهان می‌باشد و در آلودگی هوای شهر بیشترین سهم را حمل و نقل به خود اختصاص داده است، از این رو برای برآورد میزان آلودگی هوا نیاز به تعداد سفرهای انجام شده بین مناطق می‌باشد.

۳.۳.۲. محاسبه میزان جاذبه (سفر) بین مناطق

در این بخش برای محاسبه میزان جاذبه بین مناطق، ابتدا مساحت کاربری‌های جاذب (کاربری-های تجاری، آموزشی، درمانی، بهداشتی، اداری، جهانگردی و پذیرایی، تفریحی، فرهنگی، نظامی) و جمعیت موجود هر منطقه به تفکیک مناطق طبق آخرین سرشماری، محاسبه و سپس فاصله بین مناطق با استفاده از ابزار Network analyst در محیط GIS محاسبه می‌شود. در گام بعدی با استفاده از مدل جاذبه سفر محدود به محاسبه میزان سفر بین مناطق اقدام می‌شود.

۳.۳.۳. شاخص‌های عملکرد سیستم حمل

و نقل در شهر تهران در وضع موجود

با توجه به آمار ترافیکی تهیه شده از سازمان ترافیکی شهرداری تهران، آمار تعداد سفرهای خودروهای بنزینی و خودروهای گازی و تیلی و تعداد جابجایی آنها در سال ۱۳۸۹ در جدول ۵ مشخص گردیده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین سهم از نظر جابجایی توسط سواری و وانت صورت می‌گیرد و کمترین آن مربوط به مینی‌بوس است. به طوری که روزانه در شهر تهران ۱۵۸۰۰۰۰۰ سفر و ۲۰۲۴۵۰۰۰ جابجایی انجام می‌شود.

۳.۳.۴. بررسی میزان انتشار آلودگی از منابع

متحرک در وضع موجود

در بین منابع آلوده‌کننده هوا خودروهای بنزین-سوز به عنوان یکی از مهمترین منابع به شمار می‌آیند. فاکتورهای انتشار آلاینده‌های مختلف هوا برای وسایل بنزین‌سوز و گازوئیل‌سوز به شرح جداول ۶ می‌باشد:

جدول ۴. تعداد جذب سفر به تفکیک مناطق

مناطق	میزان جاذبه سفر	مناطق	میزان جاذبه سفر
۱	۲۷۷۷۴۹۰	۱۲	۲۴۵۵۲۶۰
۲	۵۱۳۶۴۵۶	۱۳	۸۲۴۱۲۲
۳	۵۲۶۸۰۶۹	۱۴	۱۰۷۴۳۰۸
۴	۸۳۲۵۶۵۹	۱۵	۴۳۱۸۹۰۶
۵	۴۲۸۱۷۶۳	۱۶	۲۱۸۲۰۱۵
۶	۳۸۶۰۴۱۱	۱۷	۸۹۳۴۹۸
۷	۱۲۳۷۱۸۴	۱۸	۶۴۷۸۹۱۳
۸	۹۰۹۳۱۶	۱۹	۱۲۸۹۰۷۸

ادامه جدول ۴

مناطق	میزان جاذبه سفر	مناطق	میزان جاذبه سفر
۹	۸۱۲۶۳۵	۲۰	۲۴۵۰۴۷۰
۱۰	۸۵۸۲۸۹	۲۱	۴۱۰۲۹۲۵
۱۱	۱۴۸۴۲۰۵	۲۲	۸۴۷۳۴۰۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵. برآورد سفرهای روزانه شهر تهران در سال ۱۳۸۹

سیستم	وسیله	تعداد	درصد	ضریب جابجایی	جابجایی روزانه. تعداد	جابجایی روزانه درصد
شخصی	موتور سبکت	۱۱۰۰۰۰۰	۷	۱	۱۱۰۰۰۰	۵/۴
	سواری و وانت	۵۵۰۰۰۰۰	۳۴/۸	۱	۵۵۰۰۰۰۰	۲۷/۲
عمومی	اتوبوس واحد	۲۴۵۰۰۰۰	۱۵/۵	۱/۶	۳۹۲۰۰۰۰	۱۹/۴
	مینی بوس	۳۰۰۰۰۰۰	۲	۱/۵	۴۵۰۰۰۰۰	۲/۲
	مترو	۱۰۳۰۰۰۰۰	۶/۵	۱/۵	۱۵۴۵۰۰۰۰	۷/۶
نیمه عمومی	از این قبیل تاکسی و ون	۳۸۵۰۰۰۰۰	۲۴/۳	۱/۶	۶۱۶۰۰۰۰۰	۳۰/۵
	سرویس وسایر	۱۵۷۰۰۰۰۰	۱۰	۱	۱۵۷۰۰۰۰۰	۷/۷
جمع کل		۱۵۸۰۰۰۰۰۰	۱۰۰	۰	۲۰۲۴۵۰۰۰۰	۱۰۰

مأخذ: (سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۸۹)

جدول ۶. فاکتورهای انتشار آلاینده‌های مختلف هوا برای وسایل بنزین سوز

نوع آلاینده	میزان انتشار	میزان انتشار
بنزینی	گرم به ۱۰۰۰ وسیله	گرم به ۱۰۰۰ لیتر بنزین
آلدیدها	۸۵/۰۵	۴۸۰
منواکسید کربن	۴۶۷۷۷/۵	۲۷۵۹۹۴
هیدرو کربورها	۳۵۴۴	۲۳۹۹۹/۵
اکسیدهای ازت	۲۴۱۰	۱۳۵۵۹/۷
اکسیدهای گوگرد	۱۷۰/۱	۱۰۸۰
اسیده ای آلی	۸۵/۰۵	۴۸۰
ذرات معلق	۲۲۷	۱۴۴۰
سرب	۵۵/۷۱	۴۱۲/۷

مأخذ: (خالقی، ۱۳۷۵، ص. ۱۵)

جدول ۷. فاکتورهای انتشار آلاینده‌های مختلف هوا برای وسایل گازویل سوز

گازویلی	گرم در ۱۰۰۰ لیتر
آلدیدها	۱۲۰۰
منواکسید کربن	۷۲۰۰

ادامه جدول ۷

۱۶۳۲۰	هیدروکربورها
۲۶۶۴۰	اکسیدهای ازت
۴۸۰۰	اکسیدهای گوگرد
۳۷۲۰	اسیدهای الی
۱۳۲۰۰	ذرات معلق
۷۳۰۸۰	مجموع

مأخذ: (خالقی، ۱۳۷۵، ص. ۱۳)

ذرات معلق و سرب می‌باشد، در وضع موجود در سال ۱۳۸۹ بر اساس فاکتورهای آلاینده‌گی وسایل نقلیه بنزین سوز، گازوییل سوز در این سال در جدول شماره ۷ آمده است:

۳.۳.۵. بررسی میزان آلودگی تولید شده به تفکیک وسایل نقلیه در وضع موجود
میزان کل انتشار آلاینده‌ها در ارتباط با وسایل نقلیه که شامل، آلدیدها، منواکسید کربن، هیدروکربورها، اکسیدهای ازت، اکسیدهای گوگرد، اسیدهای آلی،

جدول ۸. غلظت آلاینده‌ها به تفکیک وسایل نقلیه

میزان غلظت (به گرم)	میزان غلظت (تن)	کل آلودگی - وسیله
۲/۹۶۷۳۶۱۹۰۹	۳۶۱۹۰۹۲/۹۶۷	سواری
۲۶۱۶۲۵۹۳۸۸	۲۵۹۳۸۸/۲۶۱۶	موتور
۸/۹۲۳۲۸۲۵	۲۳۲۸۲۵۸/۹	اتوبوس
۵/۲۹۷۸۳۳۱۰	۷۸۳۳۱۰۵/۲۹	مینی بوس
۸/۵۶۰۸۵۰۱۶۲	۸۵۰۱۶۲۸/۵۶۰	ون و تاکسی
۲۳۰۸۰۲۵۳۷	۸۰۲۵۳۷/۲۳۰	سایر وسایل نقلیه
۴۴۱۴۲۹۰۱۳۳	۲۹۰۱۳۳/۴۴۱۴	مجموع کل آلودگی در وضع موجود

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مجموع کل آلاینده‌ها در وضع موجود تهران معادل ۴۴۱۴ تن است.

۳.۳.۶. بررسی میزان آلاینده‌ها به تفکیک آلاینده‌ها و کل آلاینده‌ها در وضع موجود
بر اساس آمارهای موجود سال ۱۳۸۹ و همچنین بر اساس استانداردهای تعریف‌شده در ارتباط با

کل انتشار آلاینده‌های هوا در سال ۱۳۸۹ بر اساس کل وسایل نقلیه در شهر تهران نشان می‌دهد، بیشترین سهم آلاینده‌گی در میان وسایل نقلیه در سال ۱۳۸۹ مربوط به سواری است که حدود ۵۶۱۴۱۱ تن و کمترین سهم مربوط به اتوبوس است که حدود ۹۲۳۲ تن می‌باشد. اختلاف این دو در حدود ۵۵۲۱۷۹ تن است که اختلاف چشم‌گیری می‌باشد.

وسایل نقلیه، غلظت آلاینده‌ها به تفکیک آلاینده‌ها به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۹. میزان آلاینده به تفکیک آلاینده‌ها در سال ۱۳۸۹ در شهر تهران

آلاینده	میزان غلظت (به تن)	میزان غلظت (به گرم)
آلدیدها	۶۲۰۸۱۶۳۴۹/۷	۳۴۹/۷۶۲۰۸۱۶
منو اکسید کربن	۸۱۹۴۶۵/۳۸۳۹	۳۸۳۹۸۱۹۴۶۵
هیدرو کربورها	۴۱۲۸۴۵۱/۲۹۹	۱/۲۹۹۴۱۲۸۴۵
اکسید ازت	۹۷۹۱۸۰۳/۲۱۱	۳/۲۱۱۹۷۹۱۸۰
دی اکسید گوگرد	۵۳۴۳۸۸۳۱/۱۶	۳۱/۱۶۵۳۴۳۸۸
اسید آلی	۹۷۸۲۰۹۷۴۴/۸	۷۴۴/۸۹۷۸۲۰۹
ذرات معلق	۷۲۵۰۵۹۴۶/۲۵	۴۶/۲۵۷۲۵۰۵۹
سرب	۵۶۸۴۴۱۷۵۴/۴	۷۵۴/۴۵۶۸۴۴۱

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

گرفته شده است. در ادامه به بررسی این سه سناریو پرداخته می‌شود.

۳. ۴. ۱. سناریوی تغییر ساختار فضایی با ۳۰ درصد افزایش در الگوی وضع موجود (سناریوی A)

۳. ۴. ۱. ۱. بررسی میزان آلودگی تولید شده به تفکیک وسایل نقلیه و آلاینده‌ها در سناریوی A در سناریوی A با افزایش ۳۰ درصد در تعداد جمعیت و کاربری‌های جاذب سفر در مناطق ۲۲ گانه تهران مطابق الگوی وضع موجود به بررسی آلودگی هوا پرداخته شده است. میزان کل انتشار آلاینده‌ها که شامل، آلدیدها، منو اکسید کربن، هیدروکربورها، اکسیدهای ازت، اکسیدهای گوگرد، اسیدهای آلی، ذرات معلق و سرب می‌باشد، در سناریوی A در ارتباط با وسایل نقلیه به شرح جدول زیر می‌باشد:

نتایج محاسبات انجام شده در شهر تهران در وضعیت موجود به این شرح می‌باشد که بیشترین سهم در میان آلاینده‌ها مربوط به منو اکسید کربن معادل ۳۸۳۹ تن بوده و کمترین سهم مربوط به سرب می‌باشد.

۳. ۴. میزان آلودگی هوای تهران با توجه به سناریوسازی ساختار فضایی شهر تهران در راستای بررسی تأثیر ساختار فضایی بر روی آلودگی هوا در شهر تهران به سناریوسازی ساختار فضایی شهر پرداخته می‌شود، بدین معنی که با افزایش ۳۰ درصد در تعداد جمعیت و کاربری‌های جاذب در وضع موجود به بررسی آلودگی هوا پرداخته شده است. سناریوها شامل سه سناریوی ادامه الگوی وضع موجود، پراکنده‌رویی و تمرکزگرایی می‌باشد، که سناریوی وضع موجود A، سناریوی پراکنده سازی B، و سناریوی تمرکزگرایی C در نظر

جدول ۱۰. غلظت آلاینده‌ها به تفکیک وسایل نقلیه در سناریوی A

وسيله نقلیه	غلظت آلاینده(تن)	غلظت آلاینده (گرم)
سواری	۵۷۰۵۰۱/۱۲۵۷	۱۲۵۷۵۷۰۵۰۱
موتور سیکلت	۱۳۷۲۵۸/۳۴۰۱	۳۴۰۱۱۳۷۲۵۸
اتوبوس	۹۱۶۹۶۵۴۵/۱۱	۴۵/۱۱۹۸۶۹۶۵
مینی‌بوس	۷۱۸۳۰۳۶/۳۸	۶/۳۸۷۱۸۳۰۳
ون و تاکسی	۱۰۵۲۲۳/۷۲۹	۷۲۹۱۰۵۲۲۳
سایر وسایل نقلیه	۰۴۳۳۰۱۷/۳۰۰	۷/۳۰۰۰۴۳۳۰۱

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۱۱. میزان آلاینده‌ها به تفکیک آلاینده‌ها وکل آلاینده‌ها در سناریوی A

آلاینده	غلظت آلاینده(به تن)	غلظت آلاینده(به گرم)
آلدهیدها	۹۰۷۰۶۱۴۰۵/۹	۴۰۵/۹۹۰۷۰۶۱
منو اکسید کربن	۷۶۵۳۸۱/۴۹۹۱	۴۹۹۱۷۶۵۳۸۱
هیدرو کربورها	۲۳۶۷۰۴۵/۳۸۹	۵/۳۸۹۲۳۶۷۰۴
اکسیدهای ازت	۵۷۲۹۳۸۶/۲۷۵	۶/۲۷۵۵۷۲۹۳۸
اکسیدهای گوگرد	۴۹۴۷۰۵۱۳/۲۱	۱۳/۲۱۴۹۴۷۰۵
اسید های آلی	۶۷۱۶۷۲۸۴/۱۱	۸۴/۱۱۶۷۱۶۷۲
ذرات معلق	۴۲۶۸۶۹۱۳/۳۳	۱۳/۳۳۴۲۶۸۶۹
سرب	۹۳۸۹۷۴۳۷۱/۵	۵۹۳۸۹۷۴۳۷۱
مجموع	۵۶۱۵۵۳/۵۷۳۸	۵۷۳۸۵۶۱۵۵۳

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

طبق نتایج، در وضعیت ۳۰ درصد افزایش در الگوی ساختار فضایی وضعیت موجود بیشترین سهم در آلاینده‌گی هوا مربوط به منواکسید کربن می باشد و کمترین سهم مربوط به سرب می باشد. این وضعیت در مقایسه با وضعیت موجود بدون افزایش ۳۰ درصد تغییراتی را نشان می دهد. این تغییرات شامل افزایش سهم منواکسید کربن در آلاینده‌گی هوا می باشد. در وضعیت موجود این سهم برای اکسید گوگرد بود.

۳. ۴. ۲. سناریوی ۳۰ درصد رشد در پراکنده- رویی ساختار فضایی (سناریوی B) در این بخش با افزایش ۳۰ درصد به میزان کاربری‌های جاذب و جمعیت در مناطق بیرونی تهران شامل مناطق ۱-۲-۳-۴-۵-۸-۱۳-۱۴-۱۵-۱۸-۱۹-۲۱-۲۲، به بررسی پتانسیل سناریوی B در ارتباط با آلودگی هوا پرداخته شده است.

باشد. در این سناریو میزان آلودگی تولید شده توسط موتور سیکلت برابر با ۳۲۹۸ تن است و سهم اتوبوس در این آلودگی برابر با ۱۱ تن می‌باشد.

۳. ۴. ۱. بررسی میزان آلودگی تولید شده به

تفکیک وسایل نقلیه و آلاینده‌ها در سناریوی B

در سناریوی B موتور سیکلت بیشترین سهم و اتوبوس کمترین سهم را در آلودگی هوا دارا می‌-

جدول ۱۲. بررسی میزان آلودگی تولید شده به تفکیک وسایل نقلیه در سناریوی B

وسيله نقلیه	غلظت آلاینده (به تن)	غلظت آلاینده (به گرم)
سواری	۷۱۶۱۴۸/۱۲۱۹	۱۲۱۹۷۱۶۱۴۸
موتور سیکلت	۷۵۹۰۲/۳۲۹۸	۳۲۹۸۷۵۹۰۲۰
اتوبوس	۶۴۵۵۸۷۷۴/۱۱	۷۴/۱۱۶۴۵۵۸۷
مینی بوس	۵۵۲۸۳۷۰۶/۳۷	۰۶/۳۷۵۵۲۸۳۷
ون و تاکسی	۱۵۸۲۹۷/۷۰۷	۷۰۷۱۵۸۲۹۷
سایر وسایل نقلیه	۰۱۱۶۴۴۹/۲۹۱	۹/۲۹۱۰۱۱۶۴۴

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۱۳. میزان آلاینده‌ها به تفکیک آلاینده‌ها و کل آلاینده‌ها در سناریوی B

آلاینده	غلظت آلاینده (به تن)	غلظت آلاینده (به گرم)
آلدیها	۶۰۷۳۹۴۶۹/۹	۶۹/۹۶۰۷۳۹۴
منو اکسید کربن	۴۹۸۶۴۸/۴۸۴۱	۴۸۴۱۴۹۸۶۴۸
هیدرو کربورها	۵۰۰۴۶۷۳/۳۷۷	۳/۳۷۷۵۰۰۴۶۷
اکسیدهای ازت	۲۴۵۶۲۳۲/۲۶۷	۲/۲۶۷۲۴۵۶۲۳
اکسیدهای گوگرد	۸۴۱۸۷۹۲/۲۰	۲/۲۰۸۴۱۸۷۹
اسیدهای آلی	۳۱۵۸۳۹/۱۱	۱۱۳۱۵۸۳۹
ذرات معلق	۴۲۴۱۴۷۶/۳۲	۶/۳۲۴۲۴۱۴۷
سرب	۷۶۰۲۰۴۲۴۷/۵	۲۴۷/۵۷۶۰۲۰۴
کل آلودگی	۸۴۳۵۳۴/۵۵۶۵	۵۵۶۵۸۴۳۵۳۴

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

۳. ۴. ۳. سناریوی ۳۰ درصد تمرکزگرای

ساختار فضایی

در این سناریو جهت تمرکزگرای ساختار فضایی ۳۰ درصد به میزان کاربری‌های جاذب و جمعیت در مناطق مرکزی و میانی تهران که شامل مناطق ۲، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲ می‌باشد، اضافه می‌گردد و سپس به

منواکسیدکربن نسبت به سایر آلاینده‌ها در سناریو

B سهم بسیار بالای را نشان می‌دهد و همچنان سرب کمترین سهم را در آلودگی هوا دارا می‌باشد. مجموع کل آلاینده‌ها در این سناریو نیز معادل ۵۵۶۵ تن است که نسبت به سناریو مشابه (سناریوی A) گویای افزایش میزان آلاینده‌هاست.

بررسی وضعیت آلودگی هوا در این سناریو پرداخته خواهد شد. هدف از این مرحله تمرکزگرایی ساختار فضایی می‌باشد تا از این طریق به ارزیابی وضعیت آلودگی در این سناریوی پرداخته شود.

۳.۴.۳. میزان آلودگی به تفکیک وسایل نقلیه و آلاینده‌ها در سناریوی C در ادامه به بررسی پتانسیل هر یک از وسایل نقلیه در آلودگی هوای شهر در سناریوی C پرداخته شده است.

جدول ۱۴. میزان آلودگی تولید شده به تفکیک وسایل نقلیه در سناریوی C

وسيله نقلیه	غلظت آلاینده(به تن)	غلظت آلاینده(به گرم)
سواری	۱۱۳۷/۹۹۲	۱۱۳۷۹۹۲۶۳۳
موتور	۳۰۷۷/۷۳۵	۳۰۷۷۳۵۳۱۵
اتوبوس	۱۰/۸۷۰	۱۰۸۷۰۶۵۶/۵۹
مینی بوس	۳۵/۰۳۶	۳۵۰۳۶۷۱۸/۹۹
ون تاکسی	۶۵۹/۷۷۷	۶۵۹۷۷۷۲۲۲/۶
سایر وسایل نقلیه	۲۷۱/۵۱۳	۲۷۱۵۱۳۲۶۰/۳

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

بر اساس جدول فوق همچنان در این سناریو موتور سیکلت بیشترین سهم را در آلودگی هوا را دارا می‌باشد. اما در مقایسه با سناریوی ۳۰ درصد پراکنده‌رویی کاهش چشم‌گیری را نشان می‌دهد. این کاهش حدود ۲۲۱ تن می‌باشد. به همین صورت این کاهش در سایر وسایل نقلیه نیز صادق است. در این سناریو همچنین کمترین سهم آلودگی مربوط به اتوبوس می‌باشد.

جدول ۱۵. میزان آلاینده‌ها به تفکیک آلاینده‌ها و کل آلاینده‌ها در سناریوی C

نوع آلاینده	غلظت آلاینده(به تن)	غلظت آلاینده(به گرم)
آلدیدها	۸/۹۶۳۱۶۰۳۷۴	۸۹۶۳۱۶۰۳۷۴
منو اکسید کربن	۴۵۱۷/۱۰۵۰۷۱	۴۵۱۷۱۰۵۰۷۱
هیدرو کربورها	۳۵۲/۲۰۰۹۴۷	۳۵۲۲۰۰۹۴۷
اکسیدهای ازت	۲۴۹/۳۲۸۰۹۱۴	۲۴۹۳۲۸۰۹۱۴
اکسیدهای گوگرد	۱۹/۴۴۳۳۵۴۳۳	۱۹۴۴۳۳۵۴۳۳
اسیدهای آلی	۱۰/۵۵۶۰۴۵۶۴	۱۰۵۵۶۰۴۵۶۴
ذرات معلق	۳۰/۲۵۱۳۰۱۶۶	۳۰۲۵۱۳۰۱۶۶
سرب	۵/۳۷۴۲۵۸۶	۵۳۷۴۲۵۸۶
مجموع کل آلودگی در وضع موجود	۵۱۹۲/۹۲۵۸۰۷	۵۱۹۲۹۲۵۸۰۷

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

ها در این سناریو نیز معادل ۵۱۹۲ تن می‌باشد که نسبت به سناریو مشابه (سناریوی B-A) عدد پایین-تری را نشان می‌دهد.

۳.۵. بررسی تطبیقی تأثیر سناریوهای تغییرات در ساختار فضایی بر آلودگی هوای تهران
جدول زیر بررسی تطبیقی بین سناریوهای ساختار فضایی در ارتباط با آلودگی هوا بر اساس وسایل نقلیه را نشان می‌دهد.

بر اساس جدول بالا منواکسیدکربن بیشترین سهم را در آلودگی هوای شهر دارا می‌باشد. در این سناریو (۳۰ درصد تمرکزگرایی) در مقایسه با سناریوی B کاهش چشم‌گیری در میزان سهم آلاینده-ها در آلودگی هوا مشاهده می‌گردد. به عنوان نمونه سهم منواکسیدکربن در سناریو ۳۰ درصد پراکنده-رویی برابر با ۴۸۴۱ تن می‌باشد، ولی این عدد در سناریو C برابر با ۴۵۱۷ تن است. مجموع کل آلاینده-

جدول ۱۶. بررسی تطبیقی میان سناریوهای A, B, C در ارتباط با آلودگی هوا به تفکیک وسایل نقلیه (تن)

وسایل نقلیه	وضع موجود (A)	پراکنده سازی (B)	تمرکزگرایی (C)
سواری	۱۱۳۸	۱۲۱۹/۷۱۶	۱۲۵۷/۵۷
موتور	۳۰۷۷/۷	۳۲۹۸/۷۵۹	۳۴۰۱/۱۴
اتوبوس	۱۰/۸۷۱	۱۱/۶۴۵۵۹	۱۱/۹۸۷
مینی بوس	۳۵/۰۳۷	۳۷/۵۵۲۸۴	۳۸/۷۱۸۳
ون و تاکسی	۶۵۹/۷۸	۷۰۷/۱۵۸۳	۷۲۹/۱۰۵
سایر وسایل نقلیه	۲۷۱/۵۱	۲۹۱/۰۱۱۶	۳۰۰/۰۴۳

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

سناریو B برابر با ۳۲۹۸ تن و در آخر کمترین میزان غلظت آلودگی برای سناریوی C با ۳۰۷۷ تن می‌باشد. بر این اساس می‌توان گفت در بین سناریوهای ساختار فضایی بیشترین میزان غلظت آلاینده‌ها به ترتیب مربوط است به ادامه الگوی وضع موجود، پراکنده‌سازی و تمرکزگرایی می‌باشد.

بر اساس جدول فوق در بین وسایل نقلیه بیشترین پتانسیل آلودگی برای موتور سیکلت در تمام سناریوها می‌باشد، و کمترین سهم برای اتوبوس است. اما تفاوت عمده بین سناریوها در میزان غلظت آلاینده‌ها می‌باشد. که به ترتیب بیشترین سهم در بین سناریوها مربوط به سناریو A برابر با ۳۴۰۱ تن،

جدول ۱۷. بررسی تطبیقی میان سناریوهای A, B, C ساختار فضایی در ارتباط با آلودگی هوا به تفکیک آلاینده-

ها (تن)

آلاینده	وضع موجود (A)	پراکنده سازی (B)	تمرکزگرایی (C)
آلدیها	۹/۹۰۷	۹/۶۰۷۳۹	۸/۹۶۳۱۶
منو اکسید کربن	۴۹۹۲	۴۸۴۱/۵	۴۵۱۷/۱۱
هیدرو کربورها	۳۸۹/۲	۳۷۷/۵	۳۵۲/۲

ادامه جدول ۱۷

آلاینده	وضع موجود (A)	پراکنده سازی (B)	تمرکزگرایی (C)
اکسید ازت	۲۷۵/۶	۲۶۷/۲۴۶	۲۴۹/۳۲۸
اکسید گوگرد	۲۱/۴۹	۲۰/۸۴۱۹	۱۹/۴۴۳۴
اسید آلی	۱۱/۶۷	۱۱/۳۱۵۸	۱۰/۵۵۶
ذرات معلق	۳۳/۴۳	۳۲/۴۲۴۱	۳۰/۲۵۱۳
سرب	۵/۹۳۹	۵/۷۶۰۲	۵/۳۷۴۲۶

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

۴۸۴۱ تن و در آخر کمترین میزان غلظت آلاینده‌گی برای سناریو C با ۴۵۱۷ تن می‌باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد تفاوت بین سناریوی تمرکزگرایی با سناریوی وضع موجود بیش از ۴ تن می‌باشد. بر این اساس می‌توان گفت در بین سناریوها، سناریوی تمرکزگرایی کمترین پتانسیل آلاینده‌گی در ارتباط با آلاینده‌ها را دارا می‌باشد.

بر اساس جدول فوق که به تفکیک سناریوهای مختلف ساختار فضایی می‌باشد، در بین آلاینده‌ها بیشترین پتانسیل غلظت آلاینده‌گی برای مونواکسیدکربن در تمام سناریوها می‌باشد، و کمترین سهم برای سرب است. اما تفاوت عمده بین سناریوها در میزان سهم آلاینده‌ها در آلاینده‌گی هوا می‌باشد. که به ترتیب بیشترین سهم در بین سناریوها برای سناریو A برای مونواکسیدکربن برابر با ۴۹۹۲ تن، سناریو B

جدول ۱۸. مجموع کل آلودگی هوا به تفکیک سناریوهای نسبی ساختار فضایی (تن)

سناریوها	وضع موجود (A)	پراکنده سازی (B)	تمرکزگرایی (C)
مجموع کل آلودگی	۵۷۳۸/۵۶۲	۵۵۶۵/۸۴۴	۵۱۹۲/۹۳

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

در ادامه جهت رتبه‌بندی سناریوهای مختلف در ایجاد آلودگی شهر تهران از آزمون فریدمن در محیط نرم‌افزار آماری SPSS استفاده به عمل آمده است.

بر اساس جدول فوق بیشترین پتانسیل آلاینده‌گی هوا در بین سناریوها برای سناریوی A با بیش از ۵۷۳۸ تن می‌باشد و کمترین پتانسیل آلاینده‌گی برای سناریوی C برابر با ۵۱۹۲ تن می‌باشد.

جدول ۱۹. رتبه بندی آزمون فریدمن مربوط به میزان آلودگی هوا به تفکیک سناریوهای ساختار فضایی تهران

سناریوها	تعداد	میانگین	df	Chi-Square	sig
پراکنده سازی	۲۲	۲/۵۲۹۹	۲	۶/۰۹۱	۰/۰۴۸
وضع موجود	۲۲	۲/۵۵۱۷			
تمرکزگرایی	۲۲	۲/۳۶۰۴			

مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

با توجه به سطح معنی داری آزمون (0/048 \leq sig=)، با ۰/۹۵ اطمینان می توان گفت که بین سناریوهای مختلف ساختار فضایی به لحاظ ایجاد میزان آلودگی هوا تفاوت معنی داری وجود دارد.

۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف این تحقیق بررسی تأثیر ساختار فضایی شهر بر روی آلودگی هوا می باشد. نتایج نشان می دهد، ساختار فضایی شهر تهران بر اساس ضریب آنتروپی شانون دارای الگوی غیر متمرکز و تصادفی اما بر اساس ضریب موران طبق جرم جمعیتی دارای الگوی چند مرکزی است.

در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر ساختار فضایی بر روی میزان آلودگی هوا در شهر تهران سه سناریو A (ادامه الگوی وضع موجود)، B (پراکنده سازی) و C (تمرکزگرایی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از سناریوسازی ساختار فضایی نشان می دهد در بین سناریوهای مختلف بیشترین پتانسیل آلاینده‌رویی که پراکنده‌رویی را تشدید می کنند، مشاهده می شود و به همین ترتیب کمترین پتانسیل آلاینده‌رویی به سناریوی تمرکزگرایی مربوط است. این یافته نشان می دهد ساختار فضایی نقش مهمی در میزان آلودگی هوا دارد.

از مجموع آنچه که بیان شد، می توان چنین نتیجه گیری کرد که دو سناریوی ادامه وضع موجود و رشد پراکنده‌رویی (از طریق رشد جمعیت و فعالیت در مناطق بیرونی تهران) بالاترین پتانسیل افزایش میزان آلودگی هوا را دارا می باشند. سناریوهای مذکور با الگوی فعلی ساختار فضایی تهران رابطه قوی تری دارند و این نشان می دهد، مسئله آلودگی هوای تهران بدون توجه به ساختار کلان فضایی شهر همچنان به قوت خود باقی خواهد بود و در صورت عدم تغییرات اساسی در ساختار فعلی، افزایش شدیدتر آلودگی تهران مورد انتظار است.

با توجه به نتایج به دست آمده در شهر مورد مطالعه، در نظر گرفتن ملاحظات کلان فضایی در برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، تأکید بر ترکیب و اختلاط کاربری ها در مقیاس های محله ای و ناحیه ای، بازآفرینی بافت های فرسوده و مناطق مرکزی شهر و حمایت از طرح های انبوه سازی در کانون های مرکزی با دسترسی به ایستگاه های شبکه حمل و نقل عمومی همچون ایستگاه های مترو، در راستای پایدارسازی ساختار فضایی شهر تهران مفید و مؤثر به نظر می رسد.

کتابنامه

۱. خالقی، ح. (۱۳۷۵)، طرح بررسی منابع آلوده کننده هوای اصفهان، تعیین استانداردهای خروجی از منابع آلودگی هوای تهران، اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان.
۲. رهنما، م.، عباس زاده، غ. (۱۳۸۷)، اصول، مبانی و مدل های سنجش فرم کالبدی شهر، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول.

۳. سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران (۱۳۸۹)، *طرح جامع حمل و نقل شهر تهران*.
۴. شکری فیروجاه، پ. (۱۳۹۰)، *تأثیر پراکنش فضایی کاربریهای شهری تبریز بر آلودگی هوا*، دوفصلنامه پژوهش های بوم شناسی شهری، دوره ۲، شماره ۳، صص. ۷۸-۸۲.
۵. ضرابی، ا.، محمدی، ج.، عبدالمهی، ع. (۱۳۸۹)، *بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر، مطالعه موردی اصفهان*، مجله پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، دوره جدید، شماره ۲۶، صص ۱۵۱-۱۶۴.
۶. قدمی، م.، محمدی، س.، و غلامیان، ط. (۱۳۹۱)، *بررسی نقش ساختار فضایی شهر در تمایل شهروندان به شیوه سفر شخص، مطالعه موردی شهر بابلسر*؛ مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، دوره ۳، شماره ۹، صص. ۹۴-۷۷.
۷. قدمی، م.، یوسفیان، پ. (۱۳۹۳)، *تحلیلی بر تغییرات ساختار فضایی شهر اصفهان با گریزی بر آلودگی هوا*، فصلنامه مطالعات ساختار و کارکرد شهری، دوره ۲، شماره ۸، صفحه ۶۳-۸۶.
۸. مرکز آمار ایران، *سرشماری نفوس و مسکن شهر تهران*، (۱۳۷۵).
۹. مرکز آمار ایران، *سرشماری نفوس و مسکن شهر تهران*، (۱۳۸۵).
۱۰. مرکز تحقیقات معماری و شهرسازی ایران، (۱۳۷۵)، *طرح مجموعه شهری تهران، وزارت مسکن و شهرسازی*.
۱۱. ویلیامز، ک.، برتون، ا.، جنکتر، م. (۱۳۸۳)، *دستیابی به شکل پایدار شهری؛ شکل پایداری و حمل و نقل، ترجمه و آرازد مرادی مسیحی*، جلد اول، چاپ اول، شرکت پردازش و برنامه ریزی شهری، تهران.
12. Bardhan, R., Kurisu, K., & Hanaki, K. (2015). Does compact urban forms relate to good quality of life in high density cities of India? Case of Kolkata. *Cities*, 48, 55-65.
13. Bento, A. M., Cropper, M. L., Mobarak, A. M., & Vinha, K. (2005). The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 87(3), 466-478.
14. Bertaud, A. (2003). *Tehran spatial structure: Constraints and opportunities for future development* Retrieved from http://alain-bertaud.com/images/AB_Teheran_report_final_3.pdf
15. Bertaud, A., & Malpezzi, S. (2003). *The spatial distribution of population in 48 world cities: Implications for economies in transition* Retrieved from <https://www2.lawrence.edu/fast/finklerm/Complete%20Spatial%20Distribution%20of%20Population%20in%2050%20World%20Ci.pdf>:
16. Branscomb, L. M. (2006). Sustainable cities: Safety and security. *Technology in Society*, 28(1), 225-234.
17. Burton, E. (2000). The compact city: Just or just compact? A preliminary analysis. *Urban Studies*, 37(11), 1969-2006.
18. Dai, F. C., Lee, C. F., & Zhang, X. H. (2001). GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: A case study. *Engineering Geology*, 61(4), 257-271.
19. Edwards, B. (2002). *Rough guide to sustainability*. London, England: RIBA.
20. Ferguson, N., & Woods, L. (2010). Travel and mobility. In M. Jenks & C. Jones (Eds.), *Dimensions of the sustainable city* (Vol. 2, pp. 53-74). London, England: Springer.
21. Gainza, X., & Livert, F. (2013). Urban form and the environmental impact of commuting in a segregated City, Santiago de Chile. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(3), 507-522. García-Palomares, J. C. (2010). Urban sprawl and travel to work: The case of the metropolitan area of Madrid. *Journal of Transport Geography*, 18(2), 197-213.

22. Graedel, T. E., & Crutzen, P. J. (1993). *Atmospheric change: An earth system perspective*. New York, NY: W. H. Freeman and Company.
23. Jenks, M., & Jones, C. (2010). *Dimensions of the sustainable city*. London, England: Springer.
24. Kørnøv, L. (2009). Strategic environmental assessment as catalyst of healthier spatial planning: The Danish guidance and practice. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(1), 60-65.
25. Madanipour, A. (2006). Urban planning and development in Tehran. *Cities*, 23(6), 433-438.
26. Milder, J. (2012). Sustainable urban form. In E. V. Bueren, H. V. Bohemen, L. Itard, & H. Visscher (Eds.), *Sustainable urban environments: An ecosystem approach* (pp. 263-284). London, England: Springer.
27. Muñoz, I., & Galindo, A. (2005). Urban form and the ecological footprint of commuting: The case of Barcelona. *Ecological Economics*, 55(4), 499-514.
28. Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence*. London, England: Island Press.
29. OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2012). *Compact city policies: A comparative assessment*. East Jerusalem, Israel: OECD.
30. Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2009). *The geography of transport systems*. London, England: Routledge.
31. United Nations Human Settlements Programme. (2009). *Planning sustainable cities: Global report on human settlements*. London, England: Earthscan/UNHabitat.
32. Zebardast, E. (2006). Marginalization of the urban poor and the expansion of the spontaneous settlements on the Tehran metropolitan fringe. *Cities*, 23(6), 439-454.