فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و یکم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵، شماره پیاپی ۱۲۳

دکتر ابوالفضل مشکینی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس،تهران
سعید آزادی قطار، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
دکتر عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری، استاد گروه جغرافیا ، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
دکتر احسان مصطفوی، دانشیار بخش اپیدمیولوژی انستیتو پاستور ایران، تهران
دکتر محسن احدنژاد روشتی، دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، ایران

Dr. A. Meshkini
S. Azadi Ghatar
Dr. A. Roknoldin Eftekhari
Dr. E. Mostafavi
Dr M. Ahadnejad Reveshti
S.azadi65@Modares.ac.ir

تحلیل ارتباط بین الگوی جغرافیایی سرطان ریه و آلودگی هوا در ساختار فضایی شهر تهران

چکیده

پدیده آلودگی هوا و بالا رفتن غلظت آلاینده‌ها از حد مجاز تعیین شده به وسیله سازمان بهداشت جهانی (WHO) در شهرهای بزرگ، از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی کلان‌شهرهای امروزی است که سلامت انسان‌ها را تهدید می‌نماید. با رشد تکنولوژی و خروج منابع آلاینده ثابت و صنعتی از شهرها، منابع آلاینده متحرک در بخش حمل‌ونقل شهری به عنوان چالش اصلی در راستای آلودگی کلان‌شهرها مطرح است. در این راستا مطابق یافته‌های سایر تحقیقات انجام شده در ادبیات برنامه‌ریزی شهری، ساختار فضایی شهری که یک مفهوم ترکیبی که در برگیرنده مهم‌ترین و اصلی‌ترین اجزا و عناصر شهر و رابطه ماندگار بین آن‌ها است، در افزایش یا کاهش آلودگی هوا و به تبع آن در پیامدهای سلامتی آن بر روی افراد سهم چشم‌گیری دارد. به عبارت دیگر ساختار فضایی شهری که بیانگر نحوه چیدمان فضاهای عمومی شهری است، بر عملکرد زیست محیطی شهر به ویژه در آلودگی هوا تأثیر به سزایی دارد. در این ارتباط بر اساس نتایج حاصله از اطلاعات مرکز پایش آلودگی هوای شهر تهران، وضعیت هوای این شهر در سال‌های اخیر رو به وخامت گذاشته است و هر روزه اثرات سوء آن بر سلامت عمومی در پژوهش‌های متعددی انعکاس می‌یابد. لذا تحقیق حاضر درصدد است تا با استفاده از رویکرد توصیفی و تحلیلی و با به کاربستن روش‌های آمار فضایی، به تحلیل تطبیقی اثرات ساختار فضایی شهری بر آلودگی هوا و سرطان ریه در کلان شهر تهران و ارائه راهکارهای ساماندهی در آن بپردازد. بدین منظور از داده‌های آلودگی هوای شرکت کنترل کیفیت هوا (پارامتر منواکسید کربن) و از داده‌های بیماری‌های سرطان‌های دستگاه تنفسی وزارت بهداشت و درمان و داده‌های تراکم جمعیتی مرکز آمار ایران استفاده شده است. یافته‌های تحقیق ارتباط بین خوشه‌های سرطان ریه و لکه‌های داغ آلودگی هوا را مورد تأیید قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد که در صورت بکارگیری روش‌های رشد هوشمند شهری و همچنین استفاده از رویکردهای توسعه حمل‌و نقل محور (TOD) و رواج دادن فرهنگ استفاده از حمل‌ونقل عمومی و ایجاد پهنه‌های سبز، باز و طبیعی در حوزه شهر و حوزه‌های پیرامونی به ویژه در حوزه غربی شهر که منابع آلاینده بیشتری وجود دارند می‌توان در میان مدت و بلند مدت بر مشکلات آلودگی هوای شهر تهران و سلامت عمومی فایق آمد.

واژگان کلیدی: ساختار فضایی شهری، آلودگی هوا، سلامت عمومی، سرطان ریه، کلان‌شهر تهران

مقدمه

تحقیقات نشان می‌دهد که سرطان علت اصلی مرگ ومیر در سراسر جهان است، که حدود ۷,۴ میلیون مرگ ومیر (حدود ۱۳ درصدکل مرگ‌ها) را در سال ۲۰۰۴ به خود اختصاص داده است (Samat et al., 2013 :39). مرگ‌ومیر ناشی از سرطان در سراسر جهان برای سال ۲۰۳۰ حدود ۱۲میلیون مرگ پیش‌بینی شده است که در این میان سرطان‌های ریه، معده، کبد، روده بزرگ، مری و پروستات انواع رایج سرطان در بین مردان است و سرطان سینه، ریه، معده، روده بزرگ و دهانه رحم[1] نیز در میان زنان بسیار غالب است (Samat et al., 2013, WHO., 2009). در ایران نیز انواع سرطان‌ها، بعد از بیماری‌های قلبی‌وعروقی و تصادفات جاده‌ای، سومین علت مرگ‌ومیر را به خود اختصاص می‌دهند(اثماریان و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱). با توجه به اینکه سرطان علت عمده مرگ‌ومیر در بسیاری از کشورهاست، بنابراین بهبود و یا ارتقای سلامت مردم از طریق برنامه‌ریزی‌های محیطی و ارزیابی تفاوت های فضایی در توزیع موارد سرطان، و ترسیم نقشه خوشه های احتمالی و شناسایی فاکتورهای احتمالی که ممکن است علت بروز سرطان باشد و پرداختن به استراتژی‌هایی برای بهبود شرایط محیطی و امکانات و تسهیلات بهداشتی، از اهمیت زیادی برخوردار است (Samat et al, 2013,39). اضافه وزن و چاقی، عدم فعالیت فیزیکی، دود داخل ساختمان ناشی از استفاده خانگی از سوخت‌های فسیلی و آلودگی هوای شهری از عوامل خطر محیطی و رفتاری بیماری‌های سرطان محسوب می‌شود (Danaei et al, 2005 :1787). در این تحقیق با توجه به تأثیر تشدیدکنندگی کیفیت هوا برای بسیاری از سرطان‌ها به ویژه سرطان ریه، به عامل آلودگی هوا و ارتباط آن با سرطان ریه با در نظر گرفتن فاکتورهای مداخله‌گر توزیع فضایی کاربری‌های کلیدی زمین شهری از جمله فضاهای سبز شهری، کاربری‌های اداری، تجاری و آموزشی به عنوان کاربری‌های جاذب سفر و دارای نقش مهم در استفاده از وسایط نقلیه موتوری پراخته شده است.

با رشد تکنولوژی و خروج منابع آلاینده ثابت و صنعتی از شهرها، منابع آلاینده متحرک در بخش حمل‌ونقل شهری به عنوان چالش اصلی در راستای آلودگی کلان‌شهرها مطرح شده است. ترافیک سنگین و استفاده از فناوری‌های قدیمی در تولید خودرو موجب شده تا اکثر کلان‌شهرهای درحال توسعه جهان از قبیل مکزیکوسیتی، بانکوک و تهران در ردیف آلوده‌ترین شهرهای دنیا قرار بگیرند. از هفت شهر بزرگ دنیا که میزان آلودگی آن بالاتر از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت است، شش شهر پکن، قاهره، جاکارتا، مکزیکوسیتی، سائوپائولو و تهران از کشورهای درحال توسعه هستند. در این شهرها، بخش حمل‌ونقل نقش اصلی در ایجاد آلودگی هوا دارند (ریاضی، ۱۳۹۱: ۱۴-۱۳). در جوامع کنونی با وجود پیشرفت‌های تکنولوژیکی، همچنان مشکل آلودگی هوا، به عنوان یکی از مسائل مهم، مطرح است. همه روزه انسان‌ها با بسیاری از مواد آلاینده خطرناک در تماس‌اند و این مواد از بسیاری جهات برای سلامت عمومی مضر است. از جمله آلاینده‌های مهمی که توسط محققین مورد توجه قرار گرفته ترکیبات سرطان‌زای محیط است، که از جمله مهم‌ترین این ترکیبات، هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک هستند (شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۵). بنابراین آلودگی هوا، بیشتر از نظر نقشی که در سلامت افراد جامعه به خصوص کودکان و افراد مسن دارد، اهمیت پیدا می‌کند. در این راستا فرم و ساختار فضایی شهری اثرات مستقیمی بر انتشار آلاینده‌های هوا دارد(Yu, 2013:10). ساختار فضایی شهر در حقیقت ترتیب قرار گرفتن عناصر شهر و نحوه ارتباط آن ها در چارچوب محورهای ارتباطی، در عرصه یا حوزه معین جغرافیایی در رابطه با یکدیگر است (Bertaud, 2002: 6). ساختار فضایی شهر، تأثیر مهمی بر کارایی اقتصادی و کیفیت محیط شهری دارد. ساختار فضایی ضعیف و ناکارآمد، با افزایش غیرضروری فاصله بین مردم و مکان فعالیت آن‌ها، افزایش طول شبکه زیرساخت شهر، هزینه عملیاتی و جابجایی‌های درون شهری را به حداکثر می‌رساند. به این ترتیب چنین ساختاری، شهر را به لحاظ اقتصادی، غیررقابتی می‌سازد. از نظر زیست محیطی، ساختار فضایی ناکارآمد، با افزایش زمان صرف

1. Cervical

شده برای حمل ونقل، آلودگی هوا و با گسترش غیرضروری مناطق شهری در اراضی پیرامون، کیفیت زندگی را کاهش می دهد (قدمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴ اقتباس از استیفن[1]،۲۰۰۳ ,Bertaud ,2003). در حالی که تحقیقات فراوانی (شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۷، محمدی و اعتماد، ۱۳۹۰& Zhao et al. 2006, Portnov et al. 2009, Yorifuji et al.2013, Yu et al. 2015, Guo et al. 2016) وجود ارتباط معنی‌دار بین آلودگی هوا و سرطان ریه را مورد بررسی قرار داده‌اند ولی تحقیقات اندکی تلاش نموده‌اند تا چیدمان عناصر ساختار فضایی شهری و مکانیزم‌های مختلفی که کیفیت هوا را تحت تاثیر قرار می‌دهند را پیوند دهند. لذا تحقیق حاضر با هدف ساماندهی آلودگی هوا و بهبود سلامت عمومی در شهر تهران از منظر ساختار فضایی شهری، درصدد است تا با استفاده از رویکرد توصیفی و تحلیلی و با بکاربستن روش‌های آمار فضایی، به تحلیل تطبیقی ارتباط بین الگوی جغرافیایی سرطان ریه و آلودگی هوا در ساختار فضایی کلان‌شهر تهران و ارائه راهکارهای ساماندهی در آن بپردازد.

مبانی نظری

ساختار فضایی شهر

ساختار فضایی یک شهر بسیار پیچیده است. برآیند فیزیکی فعل و انفعالات دقیق چندین قرن بین بازارهای زمین و توپوگرافی، زیرساخت‌ها، مقررات و مالیات است (Burger et al. 2011: 3). ساختار فضایی شهر در حقیقت ترتیب قرارگرفتن عناصر شهر و نحوه ارتباط آن ها در چارچوب محورهای ارتباطی، در عرصه یا حوزه معین جغرافیایی در رابطه با یکدیگر است (Bertaud, 2002: 6). به عبارت دیگر، ساختار فضایی به مجموعه‌ای از ارتباطات ناشی از فرم شهر و تجمع مردم، حمل و نقل و جابه‌جایی یا جریان کالا و اطلاعات، اشاره دارد (Rodrigue, et al., 2009: 86). در واقع ساختار فضایی شهر نظم و رابطه بین عناصر کالبدی و کاربری‌ها در شهر را نشان می‌دهد (Cheng et al. 2006: 607). مؤلفه‌های محیطی طبیعی، اجتماعی، کالبدی عملکردی و شبکه حمل و نقل از عوامل موثر در شکل گیری ساختار فضایی می‌باشد. سه خصوصیت عمده‌ای که ساختار فضایی شهرها را مشخص می‌کند عبارتند از:

- مصرف سرانه زمین؛
- توزیع فضایی جمعیت در نواحی ساخته شده؛
- الگوی سفرهای روزانه درون شهری (Bertaud, 2003: 8).

تکوین یک ساختار فضایی پایدار به شرایطی چون تأمین سهولت حرکت و دسترسی به همراه توجیه‌پذیری حمل ونقل عمومی، توجیه‌پذیری اختلاط کاربری‌ها و میزان انطباق و انعطاف‌پذیری،کیفیت زیست محیطی و رعایت فاصله بین مراکز فعالیت و سکونت بستگی دارد (Meijer et al. 2011). پیچیدگی ساختارهای فضایی شهری اغلب دلسردکنندهٔ تلاش‌ها برای تحلیل ساختار فضایی و بیشتر برای تلاش در جهت تشریح سیاست شهری برای شکل شهری است. از طرف دیگر هر ارزیابی از ساختار فضایی از تعیین اهمیت مراکز شروع می‌شود. مشابه تمایز بین نزدیکی به مرکزیت و مرکزیت، دو روش عمده برای ارزیابی ساختار فضایی منطقه شهری وجود دارد. رویکرد مورفولوژیکی از صفات و ویژگی‌های درونی مراکز، مثل تعداد مشاغل استفاده می‌کند. رویکرد کارکردی ساختار فضایی را بر اساس ساختار جریان‌های درون سیستم فضایی طبقه‌بندی می‌کنند (Burger et al., 2011: 3).

[1]. Stephen

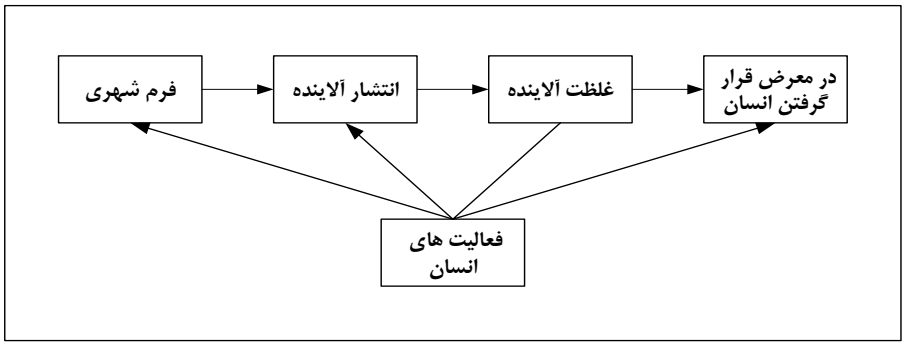
ساختار فضایی شهر و کیفیت هوا

ساختار فضایی شهر، تأثیر مهمی بر کارایی اقتصادی و کیفیت محیط شهری دارد (Bertaud, 2003: 7). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که فرم و ساختار فضایی شهری اثرات مستقیمی بر انتشار آلاینده‌های هوا دارد. یافته‌های تحقیقات پیشین در مورد ارتباط بین فرم شهری و انتشارآلاینده‌های هوا نسبتاً سازگارهستند، یعنی فرم‌های شهری فشرده عموماً در مقایسه با فرم شهری اسپرال در تولید یا انتشار آلاینده‌های ناشی از منابع متحرک جاده‌ای نقش کمتری دارند (Yu, 2013:10) .

ساختار فضایی ضعیف و ناکارآمد، با افزایش غیرضروری فاصله بین مردم و مکان فعالیت آن‌ها، افزایش طول شبکه زیرساخت شهر، هزینه عملیاتی و جابجایی‌های درون شهری را به حداکثر می‌رساند. به این ترتیب چنین ساختاری، شهر را به لحاظ اقتصادی، غیر رقابتی می‌سازد. از نظر زیست محیطی، ساختار فضایی ناکارآمد، با افزایش زمان صرف شده برای حمل ونقل، آلودگی هوا و با گسترش غیرضروری مناطق شهری در اراضی پیرامون، کیفیت زندگی را کاهش می‌دهد (قدمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴ اقتباس از استیفن ۲۰۰۳ و برتود، ۲۰۰۳). مطالعات زیادی نحوه تأثیرگذاری فرم شهری اسپرال و فشرده را بر غلظت آلودگی هوا بررسی کرده‌اند (Borrego et al.,2006, De Ridder, et al., 2008, Hixson, et al., 2010, Kahyaoğlu-Koračin et al.,2009, Martins, 2012, McDonald-Buller et al., 2010, Song et al.,2008, Yu, 2009). با این حال نتایج این تحقیقات پیچیده و ترکیبی هستند (Yu, 2013:12). به طور کلی در حوزه‌های مطالعه شده، فرم شهری فشرده عمدتاً به علت کاهش انتشار آلاینده‌ها در مقایسه با فرم اسپرال دارای غلظت آلاینده‌های کم‌تری است. این یافته‌ها برای آلاینده‌های اصلی[1] مثل ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}[2])، آلاینده‌های ثانویه[3] مثل ازن (O_3)، و آلاینده‌هایی مثل دی اکسید نیتروژن (NO2) و ذرات معلق کمتر از ۲,۵ میکرون (PM2.5) که هم سهم اصلی و هم سهم ثانویه دارند (در اینجا به عنوان آلاینده‌های میانی[4] نامیده می‌شوند) کاربرد دارند (Bechle et al., 2011, De Ridder et al., 2008, Hixson et al., 2012, Kahyaoğlu-Koračin et al.,2009, Martins, 2012, Schweitzer & Zhou, 2010). با این حال توزیع فضایی غلظت آلاینده‌ها برای هرآلاینده متفاوت است (Yu, 2015: 583). برای آلاینده‌های اصلی که عمدتاً به اتمسفر آزاد می‌شوند - به جای شکل‌گیری از طریق واکنش‌ها-، مراکز شهری تمایل به داشتن غلظت بیشتر این آلاینده‌ها در فرم شهری فشرده دارند(Hixson et al., 2010, Martins, 2012). این مشاهدات همانند غلظت آلاینده‌های اولیه که انتظار می‌رود در نزدیکی منابع اولیه بالاتر باشند، در فرم شهری فشرده، انتظار می‌رود انتشار آلاینده‌ها در نتیجه تمرکز فعالیت‌های انسانی، در مراکز شهری بالاتر باشند. در فرم شهری اسپرال از آنجایی که انتشار آلاینده‌ها به طور پراکنده توزیع می‌شوند چنین الگوی فضایی مشهود نخواهد بود. اگرچه غلظت آلاینده‌ها در نزدیک منبع ایجاد آن‌ها بالاتر می‌رود (Yu, 2015:586). برای آلاینده‌های ثانویه از جمله ازن که عمدتاً در اتمسفر تشکیل می‌شود، مراکز شهری همیشه بالاترین غلظت آلاینده را دارا نیستند. برای مثال مارتینز (۲۰۱۲) دریافت که نواحی‌ای که در مسیر باد انتشار آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند بالاترین میزان غلظت ازن را دارند. تحقیق سانگ و همکاران (۲۰۰۸) بالاترین غلظت ازن را در نواحی حومه‌ای فرم شهری فشرده نشان داده است نه در هسته‌های شهری. چنین مشاهداتی در نتیجه‌ی ماهیت آلاینده‌های ثانویه است، که سطوح غلظت به طور عمده توسط واکنش‌های جوی و شرایط هواشناسی تعیین می‌شود .علاوه بر این، با توجه به روابط غیر خطی بین غلظت آلاینده‌های ثانویه و انتشار آن‌ها، کاهش انتشار گونه‌های قبلی پیش‌ساز[5]، کاهش غلظت آلاینده‌ها را تضمین نمی‌کند. برای مثال، گرابو[6] و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که کاهش انتشار آلاینده‌های ناشی از منابع متحرک جاده‌ای در نواحی شهری می‌تواند به کاهش غلظت ازن در

1 . Primary pollutants
2. Particulate Matter (PM)
3. Secondary pollutants
4. Intermediate pollutants
5. pre-cursor (چیزی که قبل از چیز دیگری رخ داده یا وجود داشته باشد و توسعه آن را تحت تأثیر قرار دهد)
6 . Grabow

نواحی روستایی‌ای که در مسیر جهت باد قرار گرفته‌اند کمک نماید اما نه در تمامی نواحی شهری. روابط بین میزان غلظت ازن، ترکیبات آلی فرار (VOC)، و اکسیدهای نیتروژن (NOx) ممکن است در تشریح این یافته‌ها کمک نماید (Godish, 2004). در رژیم محدود ترکیبات آلی فرار(VOC)، که در آن غلظت VOC نسبتاً پایین است و غلظت اکسیدهای نیتروژن (NOx) بالا هستند، کاهش انتشاراکسیدهای نیتروژن (NOx) به تنهایی می‌تواند غلظت‌های NOx را کاهش دهد، اما ممکن است به غلظت ازن بالاتر منجر شود. برای آلاینده های میانی از جمله ذرات معلق کمتر از ۲,۵ میکرون (PM2.5)، تأثیر منبع نزدیک و تشکیلات جوی[1] هر دو مهم هستند. با توجه به سهم انتشار آلاینده‌های اصلی یا عمده، انتظار می‌رود در نزدیکی منابعی که به طور قابل توجهی آلاینده‌ها را انتشار می‌دهند، غلظت آلاینده‌ها بالاتر باشد، برای مثال، مراکز شهری در فرم شهری فشرده. هنگامی که از منابع تولید آلاینده‌ها دور می‌شوید[2]، پس از آن غلظت آلاینده‌ها توسط سرنوشت خود در جو تعیین می‌شوند (Yu, et al., 2009). هیکسون و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که غلظت ذرات معلق کمتر از ۲,۵ میکرون (PM2.5) در مراکز شهری در فرم شهری فشرده در مقایسه با فرم اسپرال بالاتر هستند که عمدتاً به علت افزایش انتشار مؤلفه‌های ذرات معلق (PM) اصلی، مثل عنصر کربن (EC[3]) و کربن آلی (OC[4]) است. مناطق دیگر از مراکز شهری دارای غلظت PM2.5 بالاتر در فرم شهری پراکندگی از جمع و جور، ذرات معلق(PM) اجزای ثانویه مانند نیترات و آمونیوم یون، به این الگو کمک می کند. مناطقی به غیر از مراکز شهری، در فرم شهری اسپرال نسبت به فرم فشرده، ذرات معلق کمتر از ۲,۵ میکرون (PM2.5) غلظت بالاتری دارند. مؤلفه‌های ذرات معلق (PM) ثانویه مثل نیترات و یون آمونیوم به این الگو کمک می کنند. به طور کلی، یافته‌های تحقیقات همواره بیانگر پایین بودن دامنه میانگین غلظت آلاینده‌ها در فرم شهری فشرده است، اما تأثیر فرم شهری بر توزیع فضایی غلظت آلاینده‌ها پیچیده بوده و از آلاینده‌ای به آلاینده دیگر متفاوت است. هیچ مکانیزم قابل تعمیم در مورد چگونگی تأثیر فرم شهری بر توزیع غلظت آلاینده در دسترس نیست (Yu, 2013:14).علاوه بر این، زیرساخت‌های حمل‌ونقل نیز ممکن است رابطه پیچیده بین فرم شهری و غلظت آلاینده ها را تحت تاثیر قرار دهد. پژوهش کلارک[5] و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده است که تأمین حمل‌ونقل عمومی با غلظت پایین‌تر PM2.5 با در نظر گرفتن وزن جمعیتی[6] در ارتباط است. ارتباط مشاهده شده قابل قبول است زیرا حمل‌ونقل عمومی معمولا با کاهش سفرهای خودرویی و مسافت پیموده شده توسط خودرو همراه است (Litman, 2013) که به نوبه خود منجر به کاهش انتشار آلاینده‌های ناشی از منابع متحرک جاده‌ای می‌شود.



شکل ۱ - مسیر چگونگی تأثیر فرم شهری بر قرارگرفتن انسان در معرض آلودگی هوا

منبع: (Yu,2013:10)

1. atmospheric formations
2. When transported away from emissions sources
3. Elemental carbon (EC)
4. Organic carbon (OC)
5 . Clark
6. lower population weighted PM2.5 concentrations.

رابطه بین سلامت جامعه و ساختار شهری

زمانی که ما درباره رابطه بین سلامت جامعه[1] و فرم شهری فکر می‌کنیم سه فاکتور مهم به ذهن خطور می‌کند که در کاهش سلامت همسایگی[2] نقش دارند: پایین بودن کیفیت هوا، فقدان یا کمبود تناسب فیزیکی[3] و امنیت پیاده (Liptay,2009: 40). هر یک از این فاکتورها می‌تواند به فرم شهری و اتکا یا وابستگی فرهنگی به اتومبیل شخصی نسبت داده شود. پرداختن به این عوامل نیازمند ارزیابی توسعه کنونی، تغییر جهت در برنامه‌ریزی و توسعه، ابزارهای جدید و تمرکز بر فرم شهری احیا شده، حمایت شده توسط روش‌های جایگزین حمل‌ونقل، افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی، افزایش پیاده‌روی، دوچرخه سواری، اتومبیل و استفاده مشترک از ماشین[4]. این ها در حالت ایده آل، به منظور ارائه انتخاب‌های تحرک[5] است که می‌تواند در مصرف روزانه سفر گنجانیده شود. تا حق انتخاب بیشتری را برای تشویق زندگی سالم، محله سالم و شهروندان سالم ترویج نماید (Ibid). اعتقاد بر این است که فرم شهری فعالیت های فیزیکی مردم درگیر در فعالیت های روزانه خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال، افزایش اسپرال شهری با روند افزایش مایل‌های پیموده شده توسط خودروها به ازای هر نفر در طول نیم قرن گذشته در ارتباط است. افزایش اسپرال شهری همچنین با سطوح بالایی از فعالیت‌های نشسته (کم تحرک)- مانند افزایش تماشای تلویزیون، و با کاهش فعالیت بدنی در محل کار و خانه در ارتباط است (Brownson, et al., 2005, Siu, 2011:4). عدم فعالیت بدنی یک مسئله مهم بهداشت عمومی است، چرا که آن یک عامل خطر شناخته شده‌ای است که با بسیاری از بیماری های مزمن، از جمله بیماری های قلبی کرونری، توسعه دیابت نوع ۲، سرطان روده بزرگ، فشار خون بالا، چاقی، پوکی استخوان و سرطان پستان در ارتباط است (WHO, 2009, Saelens and Papadopoulos, 2008:12-13, Brownson et al, 2005). عدم فعالیت فیزیکی همچنین چهارمین عامل خطر پیشرو برای مرگ و میر جهانی[6] است که ۶ درصد مرگ‌ومیر در سراسر جهان به این عامل خطر نسبت داده شده است (Siu, 2011:4, Mathers et al.,2009). هزینه‌های عدم فعالیت فیزیکی خیلی فراتر از بیماری و مرگ‌ومیراست. زیرا بهره‌وری را نیز پایین می‌آورد. تخمین‌های محافظه‌کارانه از هزینه‌های اقتصادی ناشی از عدم وجود فعالیت فیزیکی در زمان اوقات فراغت ۲,۴ درصد از هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی آمریکا در سال ۱۹۹۵ بوده است. این میزان با در نظر گرفتن اثرات غیرمستقیم ناشی از چاقی ۹/۴٪ بوده است (Colditz, 1999: 663-667). فعالیت بدنی منظم به طور مثبتی با رفاه یا سلامت روانی، سلامت مفاصل، افزایش توده استخوان، توانبخشی ریوی، و کاهش خطر چاقی و انواع خاصی از سرطان ها مربوط به کمبود ایمنی بدن مرتبط است (Siu, 2011:4, Brownson et al, 2005: 423).

داده‌ها و روش‌ها

تحقیق حاضر با هدف بهبود سلامت عمومی و ساماندهی آلودگی هوا در شهر تهران انجام شده است. این تحقیق به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و به لحاظ روش از نوع توصیفی–تحلیلی مبتنی بر ادبیات تحقیق، داده‌های آماری، روش‌های آمار فضایی و زمین آماری است. در این تحقیق با توجه به ماهیت چندوجهی موضوع پژوهش از داده‌ها و روش‌های متعددی استفاده شده است. در این ارتباط از داده‌های سرطان ریه که در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ در شهر تهران رخ داده است، برای شناسایی الگوی جغرافیایی(خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی) سرطان مذکور در سطح شهر تهران بهره گرفته شد. بدین منظور از داده‌های

1. Community health
2. Neighborhood health
3. lack of physical fitness
4. car-share or car-pool: به اشتراک‌گذاری سفرهای ماشینی است به طوری که بیش از یک نفر از یک ماشین برای مسافرت استفاده می‌کنند. بدین ترتیب، این امر موجب کاهش هزینه‌های سفر هر فرد مانند هزینه‌های سوخت، عوارض، و استرس ناشی از رانندگی می‌شود.
5. Mobility choices
6. Global Mortality

سرطان ریه که از وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی کشور اخذ شده‌اند بر اساس آدرس‌هایی که بیمار در مراکز درمانی به عنوان محل سکونت خود ذکر کرده است ژئوکدسازی صورت گرفت و فراوانی وقوع آن‌ها در هر چهار سال در نواحی ۱۳۴گانه شهر تهران محاسبه شد؛ سپس با استفاده از آماره خود همبستگی فضایی موران[1] به شناسایی الگوی توزیع جغرافیایی این بیماری پرداخته شد. در این ارتباط همچنین از آماره G عمومی(Getis-Ord[2]) به منظور شناسایی خوشه‌های مقادیر زیاد (دارای فراوانی بیشتر) استفاده شد و در نهایت از روش تحلیل خوشه‌ای و ناخوشه‌ای[3] به منظور شناسایی خوشه‌های سرطان‌های سیستم تنفسی در نواحی ۱۳۴گانه شهر تهران بهره گرفته شد.

از دیگر فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش پدیده آلودگی هواست. در این راستا از داده‌های آلودگی هوا (پارامتر منواکسیدکربن-CO) شرکت کنترل کیفیت هوا شهرداری تهران و سازمان حفاظت محیط زیست استان تهران در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸استفاده شده است. به منظور محاسبه توزیع فضایی آلودگی هوا از شاخص‌های میانگین و حداکثر سالانه پارامتر منواکسیدکربن (CO) که از میانگین روزانه ایستگاهی بدست آمده‌اند، استفاده شد؛ در این ارتباط از روش‌های زمین آماری کریجینگ و درون یابی (IDW)[4] برای تخمین و تعمیم‌دهی مقادیر منواکسیدکربن (CO) به کل سطح شهر تهران بهره گرفته شد به طوری که در ابتدا به کشف ساختار داده[5] از جمله آزمون نرمالیته بودن توزیع داده‌ها پرداخته شد (در صورت عدم نرمال بودن با روش‌های لگاریتمی و Box-Cox نرمال سازی شدند). سپس به تحلیل روند[6]، ترسیم سمی‌واریوگرام[7] و به شناسایی خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها اقدام شد و در نهایت از روش‌های درون‌یابی مذکور برای تعمیم مقادیر اندازه‌گیری شده ایستگاهی (نقطه‌ای) به سطح استفاده شد. در این پژوهش همچنین از داده‌های جمعیتی سرشماری عمومی نفوس و مسکن مرکز آمار ایران سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ و داده‌های کاربری اراضی (۱۳۸۵ و ۱۳۸۸) و شبکه ارتباطی شهر تهران (۱۳۸۵) به عنوان فاکتورهای مداخله‌گر استفاده شده است. لازم به ذکر است تمامی محاسبات مذکور در محیط نرم‌افزاری آرک مپ (ArcMap, 10.3.1 version) انجام شده اند.

تجزیه و تحلیل و یافته‌های پژوهش

در این پژوهش فراوانی وقوع سرطان ریه در نواحی ۱۳۴گانه شهر تهران به عنوان متغیر وابسته انتخاب شده است. با توجه به اینکه حدود ۱۶/۵۳ درصد داده‌های سرطان ریه فاقد اطلاعات مکانی بودند لذا این پژوهش بر روی ۸۳/۴۷ درصد داده‌ها انجام شد. در این ارتباط داده‌های مذکور در ابتدا ژئوکدسازی شده و سپس جهت قابل مقایسه شدن نواحی شهر تهران، فراوانی وقوع سرطان در هر ناحیه بر اساس جمعیت آن ناحیه برای سال‌های متناظر نرمالیزه شد و در ادامه از آماره فضایی انسلین محلی موران[8] (I) در محیط نرم‌افزاری جی آی اس (GIS) به منظور شناسایی خوشه‌های سرطان‌های دستگاه تنفسی در نواحی ۱۳۴گانه شهر تهران بهره گرفته شد. نتایج آن به شرح نقشه‌ها یا شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ است. نواحی سیاه رنگ در این نقشه‌ها نشان دهنده خوشه‌های با مقادیر فراوانی بالا هستند که توسط عوارض مشابه خود احاطه شده‌اند. یعنی اینکه خود آن ناحیه و نواحی اطراف آن در مقایسه با سایر نواحی دارای مقادیر بالایی از وقوع سرطان در شهر تهران هستند و همچنین رنگ‌های نارنجی نیز بیانگر احاطه شدن یک ناحیه با مقدار بالای فراوانی وقوع سرطان با نواحی با میزان وقوع سرطان کمتر است. بنابراین نقشه‌های مذکور نشان می‌دهد که

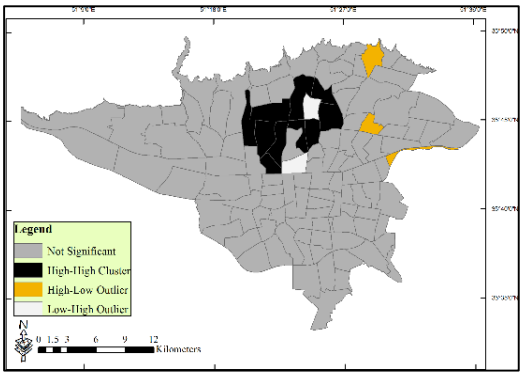
1 .Moran's Spatial Autocorrelation
2.High/Low Clustering, Getis-Ord General G
3. Cluster and Outlier Analysis
4 .Invers Distance Weighte & Kriging
5 .Explore Data
6 .Trend Analysis
7 .Semivariogram
8. Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)

نواحی مرکزی و عمدتاً نواحی واقع در مرکز نیمه شمالی شهر بر خلاف انتظار خوشه‌های سرطان ریه را در این شهر شکل داده‌اند. اگرچه تحقیق مشابهی در ادبیات داخلی و خارجی در مورد چرایی خوشه‌ای شدن توزیع فضایی سرطان‌های ریه در نواحی شهر تهران انجام نشده است اما علت‌شناسی این موضوع در ادبیات پزشکی و اپیدمیولوژیک برای سایر بیماری‌ها نیز به طور کلی بیانگر بالا بودن خوداظهاری افراد در نواحی نیمه شمالی نسبت به جنوب شهر است یعنی اینکه در نواحی نیمه شمالی شهر به علت اینکه افراد از وضعیت اجتماعی اقتصادی بهتری نسبت به نیمه جنوبی شهر برخوردارند لذا با انجام آزمایشات و غربالگری‌های گوناگون بیماری ساکنان این نواحی زودتر مشخص شده و در مراکز درمانی به ثبت می‌رسند (Saei et al.,2014). بنابراین ممکن است واقعیت متفاوت از آن چیزی باشد که در آمارهای رسمی ارائه می‌شود. در ارتباط با موضوع این تحقیق، پژوهش روحانی رصاف و همکاران (۱۳۹۰) که الگوی توزیع سرطان در محلات تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی ایران غرب و جنوب غرب تهران (شامل محلات مناطق ۲، ۵، ۶، ۹، ۱۸، ۲۱ و ۲۲) را به طور مقطعی برای سال ۱۳۸۶ بررسی کرده‌اند؛ محلات منطقه ۶، ۲۱ و ۲۲ بالاترین میزان بروز سرطان ریه را نشان داده است اما در این تحقیق علت‌شناسی آن بررسی نشده است. لذا در این پژوهش برای پاسخ به چرایی خوشه‌ای شدن توزیع سرطان ریه در نواحی شهر تهران از پارامترها و عوامل محیط انسان ساخت از جمله شاخص‌های میانگین و حداکثر سالانه پارامتر منواکسیدکربن، تراکم جمعیت، توزیع فضایی کاربری فضای سبز وکاربری‌های مهم ایجاد کننده سفر از جمله کاربری‌های اداری، تجاری، آموزشی و تراکم شبکه ارتباطی به عنوان متغیرهای مستقل استفاده شد که نتایج آن‌ها در شکل‌های ۵ تا ۱۸ آورده شده است.

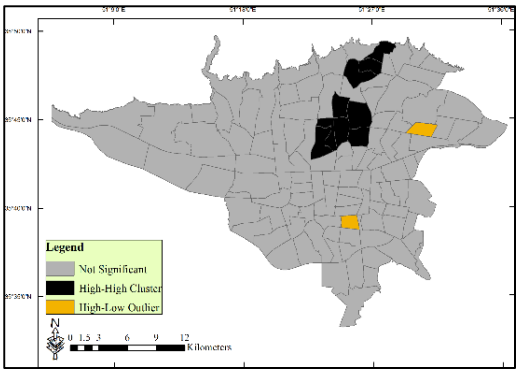
جدول ۱- وضعیت مکان‌مندی داده‌های سرطان ریه

سال	تعداد کل (نفر)	مواردی که دارای آدرس هستند		مواردی که فاقد آدرس هستند	
		تعداد (نفر)	درصد	تعداد (نفر)	درصد
۱۳۸۵	۱۳۷	۱۲۰	۸۷/۵۹	۱۷	۱۲/۴۱
۱۳۸۶	۲۶۵	۲۳۴	۸۸/۳۰	۳۱	۱۱/۷۰
۱۳۸۷	۳۶۹	۲۸۹	۷۸/۳۱	۸۰	۲۱/۶۹
۱۳۸۸	۲۸۸	۲۴۱	۸۳/۶۸	۴۷	۱۶/۳۲
میانگین وزنی		۸۳/۴۷ ٪ کل داده‌ها		۱۶/۵۳ ٪ کل داده‌ها	

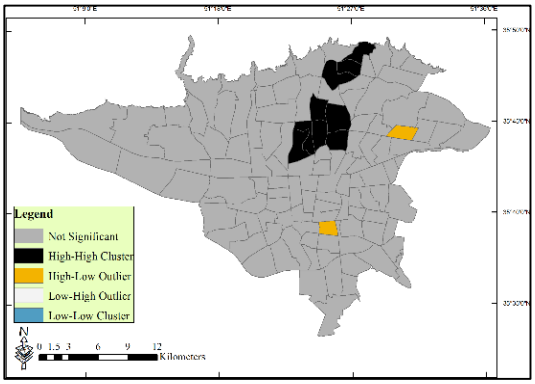
منبع: (محاسبات نگارندگان برمبنای داده‌های وزارت بهداشت و درمان)



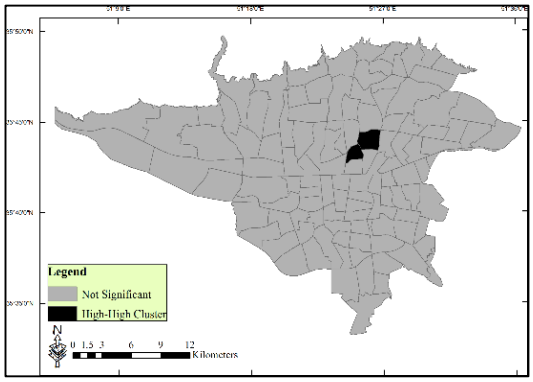
شکل ۱-خوشه های سرطان ریه شهر تهران در سال ۱۳۸۵



شکل۲- خوشه های سرطان ریه شهر تهران سال ۱۳۸۶



شکل۳- خوشه های سرطان ریه شهر تهران در سال ۱۳۸۷



شکل ۴- خوشه های سرطان ریه شهر تهران در سال ۱۳۸۸

براساس گزارشات شرکت کنترل کیفیت هوا شهر تهران (احدی و همکاران، ۱۳۹۱)، تا سال ۱۳۹۰ منواکسیدکربن شاخص‌ترین پارامتر آلودگی هوا در شهر تهران است. لذا در این تحقیق از شاخص‌های میانگین و حداکثر سالانه پارامتر منواکسیدکربن به عنوان متغیرهای مستقل موثر در بروز سرطان ریه استفاده شد. از آنجایی که داده‌های آلودگی هوا به صورت نقطه‌ای و یا ایستگاهی هستند و با توجه به اینکه ماهیت این داده‌ها در فضا به صورت پیوسته می‌باشند لذا با استفاده از روش درون‌یابی جبری فاصله معکوس وزنی و روش زمین آماری گریجینگ، داده‌های نقطه‌ای مذکور جهت برآورد مقادیر مجهول سایر نقاط به کل سطح شهر تهران تعمیم داده شده‌اند که نتایج آن‌ها در شکل‌های شماره ۵ تا ۱۲ نشان داده شده است. نگاه کلی به این نقشه‌ها بیانگر وجود ارتباط فضایی بین بیماری سرطان ریه با لکه‌های داغ آلودگی هواست به طوری که این موضوع در قالب سری زمانی نیز برای سال‌های متناظر با بیماری نیز ارتباط مذکور بین سرطان ریه و منواکسیدکربن را تأیید می‌نماید. همان طوری که نقشه‌های فوق نشان می‌دهند قسمت‌های مرکزی شهر دارای بالاترین میزان پارامتر منواکسیدکربن (CO) است. جدول ۲، سهم بخش‌های مختلف در انتشار آلاینده‌ها را در تهران به درصد نشان می‌دهد. مطابق جدول مذکور ۹۷/۱ درصد منواکسیدکربن در تهران ناشی از بخش حمل‌ونقل است. بسیاری از منابع با استناد به مطالعات انجام شده، بیش از ۷۰ درصدآلودگی هوای شهر تهران را ناشی از منابع متحرک یا انتشار از اتومبیل‌ها و ۳۰ درصد باقی مانده را به منابع ثابت و پهنه‌ای نسبت می‌دهند (ریاضی،۱۳۹۱: ۱۳۳، امامی، ۱۳۸۹: ۳). تعداد وسایل نقلیه، طول سفرها، تعداد سفرها و الگوی سفر در کیفیت هوای آن نقش به سزایی دارند ناکارآمدی زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی، خیابان‌ها و بزرگراه‌های غیراستاندارد، ازدحام جمعیت، برنامه‌ریزی و مدیریت شهری ناکارآمد و...، به دلایل متعدد دیگری موجب تراکم ترافیک بالا در ناحیه مادرشهری تهران شده (Vafa-Arani,et al., 2014: 22) که موجبات آلودگی هوای این شهر را فراهم می‌آورد. یکی از پیامدهای منفی این وضعیت تشدید بیماری‌های تنفسی، قلبی و عروقی و انواع سرطان‌ها به ویژه سرطان ریه شده است.

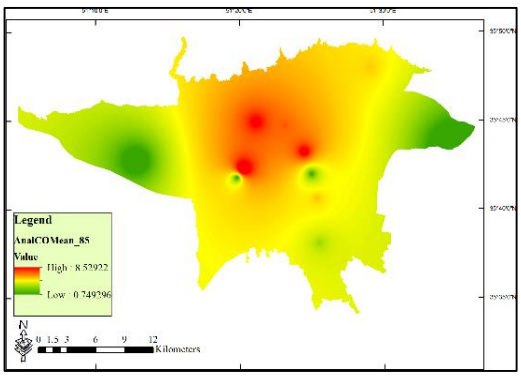
جدول ۲- سهم بخش‌های مختلف در انتشار آلاینده‌ها در تهران (٪)

بخش / آلاینده	NO_x	SO_2	SO_3	CO	SPM	CO_2	CH_4	N_2O
کاربران نهایی انرژی: خانوارها، بخش عمومی و تجاری	۶,۳	۳,۷	۴,۳	۰,۶	۲,۹	۲۵,۰	۷,۱	۴,۳
صنایع	۸,۸	۱۳,۴	۲۰,۸	۰,۳	۴,۳	۱۶,۷	۳,۸	۲,۴
حمل‌ونقل	۴۷,۲	۲۸,۸	۳۳,۹	۹۷,۱	۷۸,۳	۲۳,۱	۷۹,۷	۵۰,۴
کشاورزی	۳,۳	۴,۴	۲,۸	۰,۲	۶,۸	۲,۳	۱,۲	۳۶,۷
پالایشگاه‌های تولید انرژی[1]	–	–	–	–	–	۲,۷	۰,۶	۰,۳
نیروگاه‌های برق	۳۴,۴	۴۹,۸	۳۸,۱	۱,۸	۷,۸	۳۰,۲	۷,۷	۵,۹

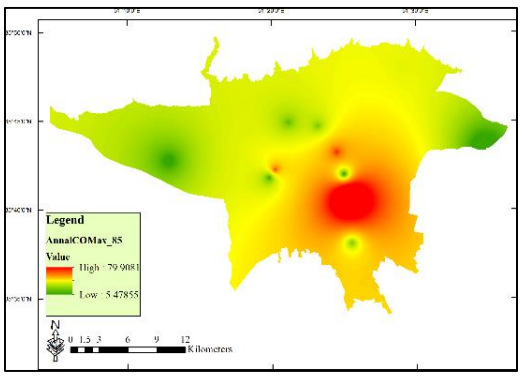
منبع: (Vafa-Arani,et al, 2014: 29).

به طور خلاصه آنچه که آلودگی هوا را در شهر تهران تشدید می کند شامل موارد زیر است (صفوی و علیجانی، ۱۳۸۵ و امامی، ۱۳۸۹: ۲-۱).

- شرایط توپوگرافی تهران به گونه‌ای است که از یک طرف، شمال و شرق آن به صورت دیوار بلند مانع خروج آلاینده‌ها می‌شود و از طرف دیگر به جهت باز بودن قسمت‌های غرب و جنوب آلاینده‌های حومه هم می‌تواند به آسانی وارد شهر شود؛
- شرایط اقلیمی در بیشتر موارد هوای آرام در نواحی مرکزی و شرقی است. در مقابل در غرب شهر بادها فراوان‌تر هستند. از طرف دیگر وجود وارونگی‌های دمایی فراوان بویژه در دوره سرد سال و استقرار سیستم‌های پرفشار در زمستان همگی دلالت بر استعداد بالای پایداری شهر دارد. چنین شرایطی همیشه سبب باقی ماندن مواد زاید در سطح شهر و در ارتفاع زندگی مردم می‌شود. باد غالب تهران در بیشتر ایام سال غربی است. در منطقه شرقی بادهای شرقی هم حاکم هستند. یعنی اینکه بادهای غربی آلاینده های غرب و بادهای شرقی آلاینده‌های طرف شرق را به داخل شهر آورده و در مرکز آن متراکم می کنند؛
- جمعیت شهر تهران تردد حدود ۱۲ میلیون نفر در طول روز و استقرار ۸ میلیون در شب؛
- شبکه حمل‌ونقل، فقدان حمل‌ونقل عمومی مناسب وکارآمد به همراه مشکلات شبکه خیابان‌ها و معابر مانند تعداد فراوان تلاقی‌ها و چهارراه‌ها و محل نامناسب آن‌ها هم مشکل را دو چندان کرده است.
- پایین بودن سهمیه سرانه فضای شهر تهران و توزیع نامتناسب آن؛
- ساختار فضایی شهر: فقدان مراکز شهری قوی و تراکم بالا.

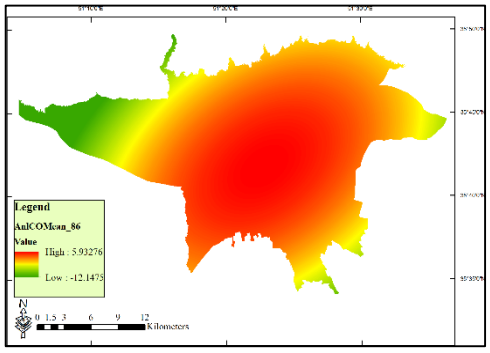


شکل ۵- توزیع میانگین سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۵

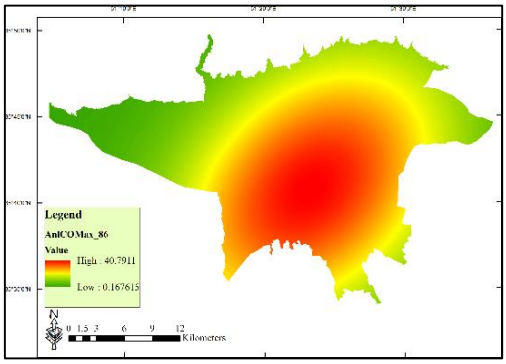


شکل۶- توزیع حداکثر سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۵

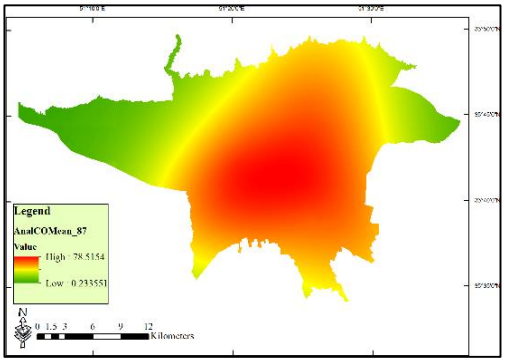
1. Energy Production Refineries



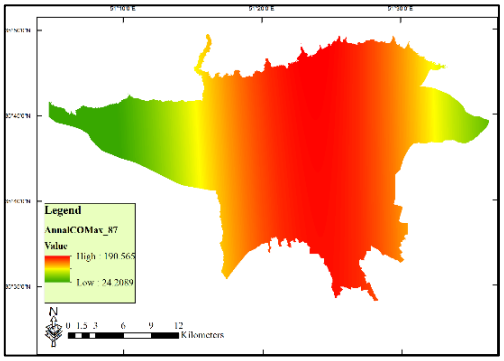
شکل ۷- توزیع میانگین سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۶



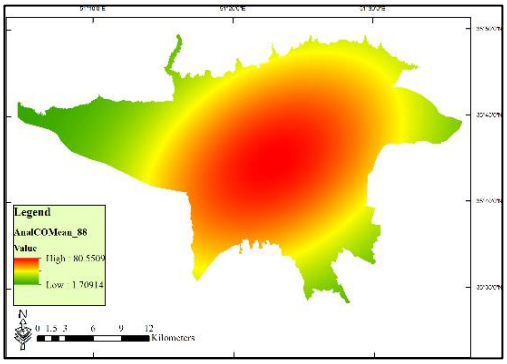
شکل۸- توزیع حداکثر سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۶



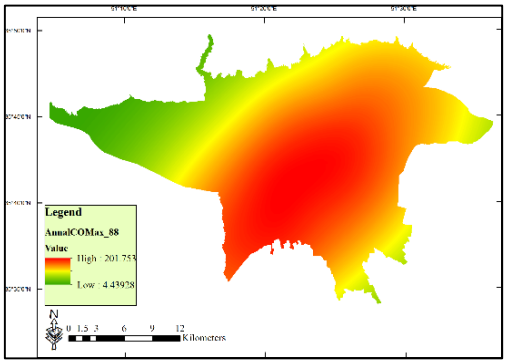
شکل۹-توزیع میانگین سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۷



شکل۱۰- توزیع حداکثر سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۷



شکل۱۱- توزیع میانگین سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۸

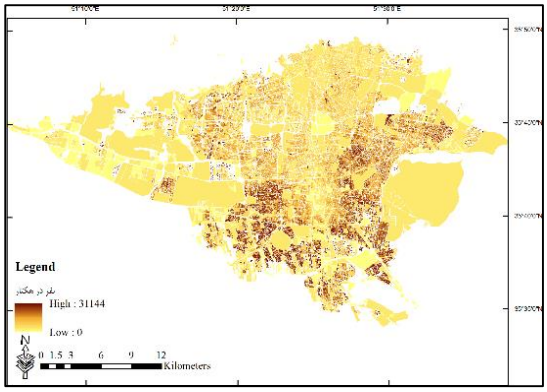


شکل ۱۲- توزیع حداکثر سالانه CO شهر تهران، سال ۱۳۸۸

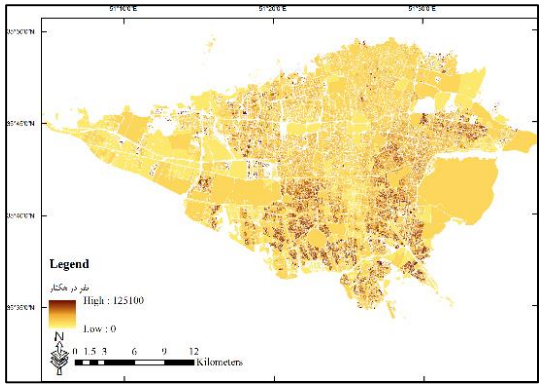
منبع: (ترسیم نگارندگان)

به طور کلی مهمترین منابع تولید آلاینده‌ها در شهر تهران ناشی از منابع متحرک و اشتعال سوخت‌های فسیلی می‌باشد. در این میان منوکسیدکربن (CO) را می توان شاخص ترافیک بیان کرد چرا که آلودگی فعلی بیشتر بر اثر رفت و آمد اتومبیل‌ها به وجود آمده است و نقشه پراکندگی بیشترین مقدار منوکسیدکربن با نقشه ترافیکی شهر در بسیاری از مناطق منطبق است. همانطور که در نقشه‌های آلودگی هوا مشاهده می‌شود بیشترین مقادیر میانگین و سالانه منوکسیدکربن (CO) مربوط به مناطق پرتردد مرکز و جنوب شهر می‌باشد و در مناطق شمال و شمال شرق از غلظت این آلاینده کاسته می‌شود. نقشه تراکم جمعیت و تراکم اشتغال (شکل ۱۹) نیز بر مقادیر بالای منوکسیدکربن (CO) منطبق است. از طرف دیگر نقشه توزیع کاربری فضای سبز و پارک‌های شهری نیز نشان می‌دهد که اغلب این کاربری‌ها در نیمه شمالی و شمال غربی شهر واقع شده‌اند. که این امر ارتباط معکوس کاربری فضای سبز با میزان آلودگی هوا را در این شهر نشان می‌دهد؛ لذا یکی از راهکارهای کاهش آلودگی هوای شهر

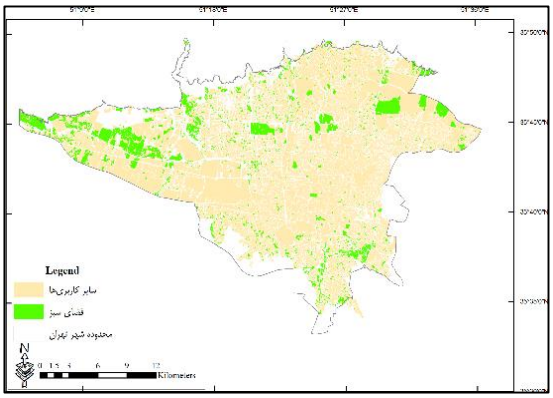
افزایش فضاهای سبز شهری در امتداد مسیرهای پر ترافیک شهری است. در این ارتباط آنچه آلودگی هوای شهری تهران را تشدید می کند تراکم جمعیت، کاربری‌های سفرساز (اداری، تجاری و آموزشی) و شبکه ارتباطی شریانی درجه ۱ و ۲ شهری در قسمت‌های مرکزی شهر است که به علت زیاد بودن تقاطع‌ها در این بخش که موجب کند شدن سرعت اتومبیل‌ها و ازدحام ترافیک شده که پیامدهای آن بالا رفتن میزان غلظت آلاینده‌ها می‌شود. اگر چه تراکم شبکه ارتباطی بزرگراهی و تندراهی در نیمه شمالی شهر بالاست ولی به علت تراکم پایین جمعیتی، ساختمانی در این بخش‌ها از یک طرف و مرتفع‌تر بودن این قسمت شهر نسبت به نیمه جنوبی شهر موجب شده است که آلودگی در این بخش به نسبت پایین‌تر باشد.



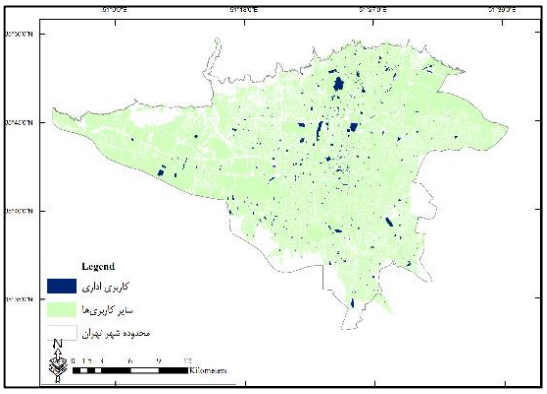
شکل ۱۳- تراکم جمعیت شهر تهران، سال ۱۳۸۵



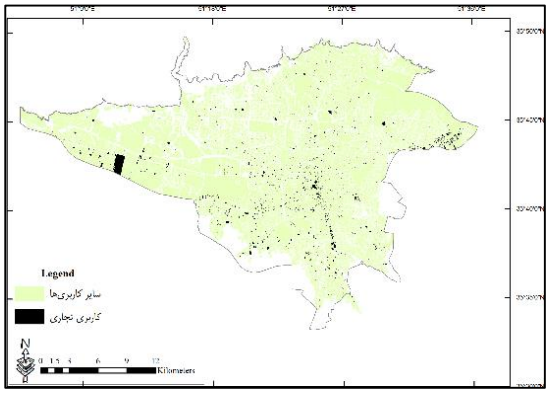
شکل۱۴- تراکم جمعیت شهر تهران، سال ۱۳۹۰



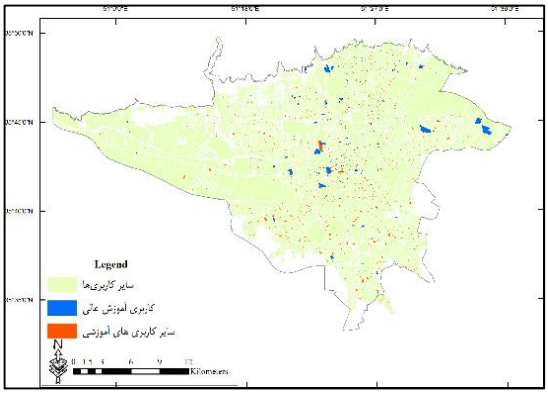
شکل ۱۵-توزیع فضاهای سبز شهری تهران ، سال ۱۳۸۸



شکل ۱۶-توزیع کاربری‌های اداری شهر تهران، سال ۱۳۸۸

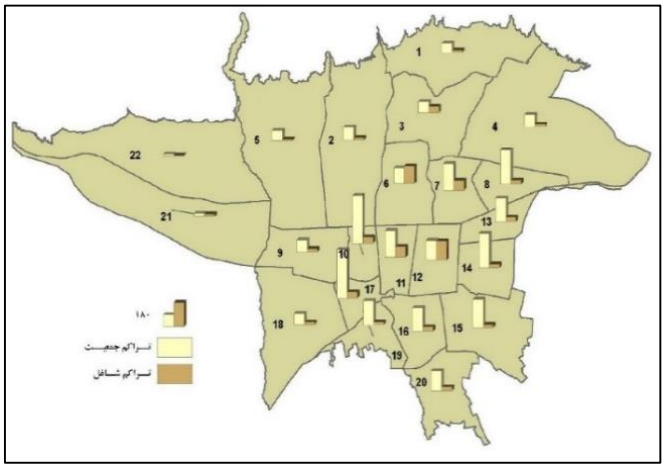


شکل ۱۷- توزیع کاربری‌های تجاری شهر تهران، سال ۱۳۸۸



شکل۱۸- توزیع کاربری‌های آموزشی شهر تهران، سال ۱۳۸۸

منبع: (ترسیم نگارندگان)



شکل ۱۹- مقایسه تراکم جمعیت و اشتغال

منبع: (مهندسین مشاور بوم سازگان، ۱۳۸۵)

بحث

حمل‌ونقل یکی از مهم‌ترین منابع انتشار آلاینده‌های هوا در شهر تهران محسوب می‌شود. علاوه برآلودگی‌های ناشی از حمل‌ونقل در سطح شهر تهران، دو گروه اصلی صنایع آلاینده‌ساز در اطراف تهران صنایع خودروسازی و صنایع تولید سوخت هستند (Vafa-Arani,et al., 2014: 22) که در سمت غرب و جنوب غربی شهر تهران در مسیر باد غالب تهران استقرار یافته‌اند و با توجه به محصور شدن شهر تهران در بخشهای شمالی، شمال شرقی و تا حدودی شرق آن توسط کوهها این موضوع موجب بدتر شدن وضعیت آلودگی هوا در شهر تهران می‌شود که بر سلامت عمومی اثرات منفی زیادی به بار می‌آورد.

کلان شهر تهران در اکثر زمان‌ها تحت تأثیر بادهای محلی کوه به دشت و دشت به کوه قرار دارد (رنجبر سعادت‌آبادی، آزادی،۱۳۸۴: ۱۷۱). نقش این بادها در انتقال آلودگی هوا و ذرات معلق بسیار حایز اهمیت می‌باشد، از طرفی میدان باد، به ویژه بادهای محلی بشدت تحت تأثیر اثرات توسعه شهری قرار می‌گیرد. به طوری که گسترش ساخت‌وسازها و توسعه شهری موجب کاهش سرعت بادهای شبانه می‌شود. هرگونه کاهش در سرعت باد می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری را به وجود آورد. نتایج حاصل از مطالعهٔ روند سری‌های زمانی پنجاه ساله (۲۰۰۰-۱۹۵۱) میدان باد تهران بیانگر کاهش سرعت بادهای شبانه است. با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی تهران و قرار گرفتن آن در نزدیکی رشته کوه‌های البرز، تخلیه هوا از نواحی شمالی و شرقی آن کمتر صورت می‌گیرد، لذا با کاهش بادهای شمالی تخلیه هوا و فرارفت ذرات معلق از شمال به جنوب نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه شرایط مناسبی جهت سکون هوا در روی شهر و افزایش دمای کمینه فراهم می‌گردد. لذا توسعهٔ بیشتر شهر، روند کاهشی بادهای کوه به دشت را تشدید نموده و در نتیجه آهنگ افزایش دمای کمینه و آلودگی هوا در تهران، شتاب صعودی بیشتری خواهد گرفت(رنجبر سعادت‌آبادی، آزادی، ۱۳۸۴: ۱۷۱). بنابراین لازم است از طریق اقداماتی در ساختار فضایی شهر و برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری که نقش عمده در کمیت و کیفیت سفرهای شهری و ایجاد ترافیک خودروها به واسطه میزان سفرسازی و مقیاس کاربری‌ها، پویایی فضاهای شهری نظیر خیابان‌ها و میادین شهری (که ترغیب کننده افراد به سفرهای توأم با فعالیت هستند) و ایجاد فضاهای باز و سبز شهری که منجر به شکل‌گیری ریه‌های تنفسی در شهرها شده (پوشش سبز تأثیر چشم‌گیری در ارتقاء کیفیت هوای شهری دارند) صورت گیرد تا موجب بهبود کیفیت هوا و سلامت عمومی گردد.

برتود (Bertaud, 2003: 3) در گزارش محدودیت‌ها و فرصت‌هایی برای توسعه آتی ساختار فضایی شهر تهران، معتقد است برای کاهش آلودگی شهری ناشی از حمل‌ونقل فقط سه گزینه وجود دارد: کاهش تعداد و طول سفرها (رفت و آمد با وسایل

نقلیه موتوری)، کاهش تعداد سفرهای با وسایط نقلیه شخصی و افزایش سهم سفرهای با وسایط نقلیه عمومی، و کاهش میزان مواد آلوده کننده خروجی وسایل نقلیه از طریق بهبود و بکارگیری فن‌آوری جدید.

تهران با تراکم ساخته شده[1] ۱۶۳ نفر در هکتار(مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰)، با معیارهای جهانی شهر متراکمی محسوب می‌شود، بنابراین نمی‌توان تعداد و طول سفرها را از طریق افزایش تراکم بیشتر به طور چشم‌گیری کاهش داد. انتقال تعداد بیشتری از سفرهایی که با وسایط نقلیه شخصی صورت می‌گیرد به سیستم حمل‌ونقل عمومی نیز، که درحال حاضرحدود ۶۰ درصد کل سفرها توسط آن انجام می‌شود مشکل به نظر می‌رسد. راه‌حل مؤثر برای کاهش نسبی آلودگی استفاده از تکنولوژی‌های نوین است. امکان استفاده از اتوبوس‌هایی که با سوخت باطری کار می‌کنند، مثل آنچه که در سوئد مورد استفاده قرار می‌گیرد امکان پذیر است. تبدیل سوخت وسایط نقلیه عمومی و تاکسی‌ها به گاز فشرده طبیعی فقط به شرطی می‌تواند باعث کاهش آلودگی هوا شود که سهم سفرهای با وسایط نقلیه عمومی بیش از ۵۰ درصدکل سفرها باشد. لیکن، به دلیل محدودیت‌های ناشی از ساختار فضایی شهر تهران، حفظ سهم موجود وسایط نقلیه عمومی ممکن است خود چالش بزرگی در آینده باشد. حفظ سهم بازار حمل‌ونقل از طریق بهبود خدمات سیستم حمل‌ونقل عمومی و اخذ مالیات از اتومبیل‌های شخصی و یا محدود کردن تردد آن‌ها در شهر قابل تحقق است(Ibid). به طور کلی با توجه به موارد مذکور و با استناد به تحقیقات انجام شده (بهتاش، سلمان مرادی، تاجی، ۱۳۹۲؛ زبردست، ریاضی، ۱۳۹۴، ریاضی،۱۳۹۱) راهکارهای زیر به منظور ساماندهی فضایی شهر تهران در راستای بهبود کیفیت هوا و سلامت عمومی پیشنهاد می‌شود:

استفاده از راهبردهای رشد هوشمند شهری و توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی[2] برای تغییر در فرم کلی شهر از فرم تک مرکزی به چند مرکزی حمایتی شامل: بهبود و یا افزایش حمل‌ونقل عمومی به ویژه شبکه مترو در کل شهر، تشویق توسعه متراکم به لحاظ ساختمانی و فعالیتی در حوزه پیرامونی ایستگاه‌های مترو، و برنامه ریزی کاربری حوزه ایستگاه‌های مترو به شکلی مکمل و حمایتی؛

افزایش قابلیت پیاده‌مداری محلات به وسیله افزایش شاخص‌های مرتبط با پیاده‌مداری، نظیر افزایش تراکم، کاربری‌های مختلط و خرده‌فروشی و تراکم تقاطع‌ها در نواحی داخلی محله و همچنین طراحی زیرساخت‌های دوچرخه و پیاده به شکلی پیوسته درسطح محلات به منظور تسهیل دسترسی پیاده به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، به منظور کاهش وابستگی به اتومبیل؛

– افزایش نفوذپذیری بافت شهری به ویژه در سطح بافت شهری فشرده و به هم پیوسته مرکز شهر تهران و جلوگیری از توسعه ساخت‌وساز با سطح اشغال زیاد برای افزایش نفوذ جریان هوا به داخل بافت، تهویه و تخلیه آلاینده‌ها از خیابانها و فضاهای شهری؛

– ایجاد و تقویت کریدورهای سبز شرقی-غربی از مناطق بیرونی شهر به داخلی بافت با هدف نفوذ باد و افزایش کیفیت هوای شهر و همچنین افزایش سطوح کاربری‌های سبز شهری در نواحی مرکزی محله‌های با تراکم بالا به منظور افزایش سطوح سبز محلی، سرزندگی فضاهای محلی و تلطیف هوای موجود؛

– شناسایی دالان‌های باد در امتداد بادهای غالب شهر تهران و جلوگیری از ساخت و سازهایی که این حرکت را مسدود می‌کنند.

---

۱ .تراکم نفر در هکتار از اراضی ساخته شده شهری (Built - up density)

2 - Transit-Oriented Development (TOD)

نتیجه‌گیری

پدیده خودروگرایی یا شهرهای وابسته به خودرو، مساله‌ای است که امروزه در جوامع مدرن شهری نمود یافته است. بهبود استانداردهای زندگی و تمایل به رفاه فردی، زمینه‌ساز پدیده خودروگرایی است. این امر در کنار کمبود زیرساخت‌های لازم حمل‌ونقل و گزینه‌های حمل‌ونقل عمومی در کشورهای در حال توسعه، بیش از پیش رو به وخامت گذاشته و هزینه‌های بسیاری از جمله: اتلاف منابع طبیعی، مخاطرات زیست محیطی به ویژه آلودگی هوا و مشکلات سلامت شهروندان را در پی داشته است. علیرغم اینکه عوامل بیشماری در تولید و تشدید آلودگی هوا و مشکلات ناشی از آن از جمله بیماری سرطان ریه و سایر بیماری‌های تنفسی و قلبی‌وعروقی سهیم هستند، اما در نهایت این موضوع به نحوی به استفاده و نوع کاربری‌های زمین شهری و زمین‌های پیرامون شهرها ختم می‌شود. یکی از راهکارهایی که برای دستیابی به الگوی توسعه مناسب به منظور کاهش آلودگی‌ها به ویژه آلودگی هوا در مقیاس‌های مختلف شهری مطرح شده است توزیع مجددکاربری‌ها در فضای شهری است که مشکلات و چالش‌های شهری را کاهش دهد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بکار بستن سیاست‌های رشد هوشمند شهری و فرم‌های متراکم و فشرده توسعه شهری به شکل ملموسی بر کاهش آلودگی هوا تأثیرگذار است (بهتاش، سلمان مرادی، تاجی، ۱۳۹۲: ۳۶-۳۵). فرم‌های خطی و پراکنده باعث افزایش حجم آلاینده‌ها در فضای شهر می‌شود. توسعه فرم شهر و توسعه شبکه حمل‌ونقل عمومی باید تا حد امکان از یکدیگر تبعیت و حمایت نمایند. این تبعیت می‌تواند باعث ایجاد فرم‌های شهری شوند که استفاده از حمل و نقل عمومی را در مقابل استفاده از خودرو شخصی تشویق نموده و باعث کاهش حجم آلاینده‌ها در هوای شهر و باعث بهبود سلامت عمومی شود. تشویق توسعه مختلط در مقابل تشویق توسعه تک عملکردی و منطقه‌بندی کارکردی می‌تواند باعث کاهش حجم سفرهای شهری و متعاقب آن کاهش حجم آلاینده‌ها در هوای شهر شود. برای ارتقاء کیفیت هوای شهر و کاهش اثرات منفی آلاینده‌های محیطی بر سلامت عمومی، از هر گونه توسعه شهر در زمین‌های سبز و طبیعی در حوزه پیرامونی شهر جلوگیری شود. ایجاد پهنه‌های سبز به ویژه تشویق جنگلداری شهری در حوزه‌های پیرامونی شهر و عرصه درونی شهر و ساخت عناصر طبیعی نظیر دریاچه‌های مصنوعی و باززنده‌سازی رودخانه‌های درون شهر می‌تواند به شدت بر سطح آلاینده‌های موجود در هوای شهر مؤثر باشد.

منابع و مآخذ

- اثماریان، نعیمه السادات، کاوسی، امیر، صالحی، مسعود (۱۳۹۲)، تنظیم نقشه جغرافیایی میزان بروز سرطان روده بزرگ در ایران طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۶ با استفاده از روش کریگیدن پواسنی منطقه به منطقه، مجله علوم پزشکی رازی، دوره ۲۰ ، شماره۱۰۷.
- احدی سولماز ، نجفی، محمدعلی ، روشنی، محسن(۱۳۹۱)، گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۰ ، گزارش فنی شرکت کنترل کیفیت هوا، شماره QM91/02/06(U)/01.
- امامی، پرستو (۱۳۸۹)، ارائه الگوی مطلوب کاربری زمین به منظور کاهش آلودگی هوا در محدوده بلافصل ایستگاه‌های کنترل کیفیت هوا (اقدسیه، تجریش و قلهک)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده شهرسازی، دانشگاه تهران.
- بهتاش، محمدرضا فرزاد، سلمان مرادی، صمد، تاجی، نگین (۱۳۹۲)، بررسی ابعاد تأثیرگذار فرم شهر بر کیفیت هوا نمونه موردی: شهر تهران، شهرداری تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، گزارش شماره ۲۱۲ .
- رنجبر سعادت آبادی، عباس، آزادی، مجید (۱۳۸۴)، بررسی تغییرات میدان‌های دما و باد در کلان‌شهر تهران ناشی از توسعه، مجله تحقیقات جغرافیایی، بهار - شماره ۷۶ ، صص ۱۸۸-۱۷۱.

- روحانی رصاف، مرضیه، روحانی رصاف، محمدرضا، رحیمی، فرانک، مهرآزما، میترا، گل محمدی، علی، مطیع دوست، ریتا، کسانی، عزیز، اسدی لاری، محسن (۱۳۹۰)، توزیع بروز سرطان های مختلف در محله‌های شهر تهران تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی تهران در سال ۱۳۸۶، مجله علوم پزشکی رازی دوره ۱۸ ، شماره ۸۹ ، آبان ۱۳۹۰، صص ۴۵-۳۴.
- ریاضی، حسین (۱۳۹۱)، تحلیل نقش و جایگاه برنامه‌ریزی شهری در کاهش آلودگی هوا (محدوده مورد مطالعه: محدوده پیرامونی چهار ایستگاه سنجش کیفیت هوا در تهران) ، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته شهرسازی دانشگاه تهران.
- زبردست، اسفندیار، ریاضی، حسین (۱۳۹۴)، شاخص‌های محیط انسان ساخت و تاثیرات آن بر آلودگی هوا (مطالعه موردی: محدوده پیرامونی چهارده ایستگاه سنجش کیفیت هوا در شهر تهران) ، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، صص ۵۵-۶۶.
- شاه حسینی، محمدحسن، باقری پور، محمدجواد، سلطان دلال، محمدمهدی، خرم خورشید، حمیدرضا (۱۳۸۷)، ارزیابی جهش‌زایی و سرطان‌زایی آلاینده های هوای تهران به روش آزمون ایمز، مجله حکیم، شماره ۱۱، صص۲۹-۳۹.
- صفوی، سیدیحیی، علیجانی، بهلول (۱۳۸۵)، بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران، پژوهشهای جغرافیایی، دوره ۳۸، شماره ۵۸، صص ۹۹ - ۱۱۲.
- قدمی، مصطفی، اسداله، دیوسالار، زینت، رنجبر، غلامیان آقامحلی، طاهره (۱۳۹۲)، ارزیابی راهبردی ساختار فضایی شهر در چارچوب پایداری (مطالعه موردی شهر ساری) ، فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، شماره سوم، تابستان، صص ۱۶-۱.
- محمدی، حسین ، اعتماد، ام‌البنین (۱۳۹۰)، تاثیر عناصر جوی و آلاینده های هوای شهر تهران بر بیماری سرطان ریه، فصلنامه سپهر ، سال بیستم، شماره ۷۸، صص ۸۸-۷۹.
- مرکز آمار ایران (۱۳۸۵)، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهر تهران.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهر تهران.
- مهندسین مشاور بوم‌سازگان (۱۳۸۵)، طرح جامع شهر تهران.

- Bechle, M. J., Millet, D. B., Marshall, J. D. (2011), Effects of income and urban form on urban NO.2, Global evidence from satellites. Environmental science technology, 45(11), pp. 4914-4919.
- Bertaud, A.(2002), The spatial organization of cities: Deliberate outcome or unforeseen conequnce? World Development Report 2003, Dynamic Development in a Sustainable World.
- Bertaud, A. (2003) Tehran spatial structure: Constraints and Opportunities for Future Development National Land and Housing Organization, National Housing Committee Ministry of Housing and Urban Development, Islamic Republic of Iran.
- Borrego, C., Martins, H., Tchepel, O., Salmim, L., Monteiro, A., Miranda, A. I. (2006), How urban structure can affect city sustainability from an air quality perspective, Environmental Modelling & Software, 21(4), pp. 461-467.
- Brownson, R. C., Boehmer, T. K., Luke, D. A. (2005), Declining rates of physical activity in the United States: what are the contributors?, Annu. Rev. Public Health, 26, pp. 421-443.
- Burger, M. J., de Goei, B., Van der Laan, L., Huisman, F. J. (2011), Heterogeneous development of metropolitan spatial structure: Evidence from commuting patterns in English and Welsh city-regions, 1981–2001. Cities, 28(2), pp. 160-170.
- Cheng, J., Turkstra, J., Peng, M., Du, N., Ho, P. (2006), Urban land administration and planning in China: Opportunities and constraints of spatial data models. Land Use Policy, 23(4), pp.604-616.
- Colditz, G. A. (1999), Economic costs of obesity and inactivity, Medicine and science in sports and exercise, 31(11 Suppl), S663-7.
- Danaei, G., Vander Hoorn, S., Lopez, A.D., Murray, C.J., Ezzati, M., Comparative Risk Assessment collaborating group (Cancers. (2005), Causes of cancer in the world: comparative risk assessment of nine behavioural and environmental risk factors. The Lancet, 366(9499), 1784-1793.
- De Ridder, K., Lefebre, F., Adriaensen, S., Arnold, U., Beckroege, W., Bronner, C., IntPanis, L. (2008), Simulating the impact of urban sprawl on air quality and population exposure in the German Ruhr area, Part I: Reproducing the base state. Atmospheric environment, 42(30), pp. 7059-7069.
- Godish, T. (2004), Air Quality - 4th Edition: Lewis Publishers.

- Guo, Y., Zeng, H., Zheng, R., Li, S., Barnett, A. G., Zhang, S., Williams, G. (2016), The association between lung cancer incidence and ambient air pollution in China: a spatiotemporal analysis. Environmental research, 144, pp. 60-65.
- Hixson, M., Mahmud, A., Hu, J., Kleeman, M. J. (2012), Resolving the interactions between population density and air pollution emissions controls in the San Joaquin Valley, USA. Journal of the Air & Waste Management Association, 62(5), pp. 566-575.
- Hixson, M., Mahmud, A., Hu, J., Bai, S., Niemeier, D. A., Handy, S. L., Kleeman, M. J. (2010), Influence of regional development policies and clean technology adoption on future air pollution exposure, Atmospheric Environment, 44(4), pp. 552-562.
- Kahyaoğlu-Koračin, J., Bassett, S. D., Mouat, D. A., Gertler, A. W. (2009), Application of a scenario-based modeling system to evaluate the air quality impacts of future growth. Atmospheric Environment, 43(5), pp. 1021-1028.
- Liptay, D. M. (2009), Creating Healthy Communities Through Urban Form, Master Dissertation in Environmental Studies in Planning, University of Waterloo.
- Litman T. (2009), Evaluating Transportation Land Use Impacts Considering the Impacts, Benefits and Costs of Different Land Use Development Patterns, Victoria Transport Policy Institute, 4 September.
- Martins, H. (2012), Urban compaction or dispersion? An air quality modelling study. Atmospheric Environment, 54, pp. 60-72.
- McDonald-Buller, E., Webb, A., Kockelman, K., Zhou, B. (2010), Effects of Transportation and Land Use Policies on Air Quality: A Case Study in Austin, Texas. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2158), pp. 28-35.
- Meijer, M., Adriaens, F., van der Linden, O., Schik, W. (2011), A next step for sustainable urban design in the Netherlands Cities, 28(6), pp. 536-544.
- Portnov Boris A., Jonathan Dubnov, Micha Barchana (2009), Studying the association between air pollution and lung cancer incidence in a large metropolitan area using a kernel density function, Socio-Economic Planning Sciences 43, pp.141–150.
- Rodrigue, J. P., Comtois, C., Slack, B. (2013), The geography of transport systems. Routledge.
- Saei, M., Holakouie-Naieni, K., Mostafavi, E., Sahraian, M. A., Mahmoodi, M., Mansournia, M. A., Hosseini, A. (2014), Spatial Analysis of Multiple Sclerosis Disease in Tehran Metropolitan Zone, Iran, 2001-2012. Iranian journal of public health, 43(5), 621.
- Saelens, B. E., Papadopoulos, C. (2008), The importance of the built environment in older adults' physical activity: a review of the literature, Washington State Journal of Public Health Practice, 1(1), pp. 13-21.
- Samat, N., Shattar, A. K. A., Sulaiman, Y., Ab Manan, A., Weng, C. N. (2013), Investigating Geographic Distribution of Colorectal Cancer Cases: An Example from Penang State, Malaysia. Asian Social Science, 9(17), 38.
- Schweitzer, L., Zhou, J. (2010), Neighborhood air quality, respiratory health, and vulnerable populations in compact and sprawled regions, Journal of the American Planning Association, 76(3), pp. 363-371.
- Siu, V. W. Y. (2011), The association between residential built environment and walking habits among older women in the Portland metro-area, Student Scholar Archive. Paper 683.
- Song, J., Webb, A., Parmenter, B., Allen, D. T., McDonald-Buller, E. (2008), The impacts of urbanization on emissions and air quality: comparison of four visions of Austin, Texas, Environmental science & technology, 42(19), pp. 7294-7300.
- Vafa-Arani, H., Jahani, S., Dashti, H., Heydari, J.,Moazen, S. (2014), A system dynamics modeling for urban air pollution: A case study of Tehran, Iran. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 31, pp. 21-36.
- WHO. (2009), Cancer, Retrieved March 9, 2010, from http://www.who.int/ media center/ factsheets / fs297/en/index.html.
- Yorifuji Takashi, Saori Kashima, Toshihide Tsuda, Kazuko Ishikawa-Takata, Toshiki Ohta, Ken-ichi, Hiroyuki, Doi (2013), Long-term exposure to traffic-related air pollution and the risk of death from hemorrhagic stroke and lung cancer in Shizuoka, Japan. Science of the Total Environment, 443, pp. 397–402.
- Yu, H. (2013), A Modeling Investigation of Human Exposure to Select Traffic-Related Air Pollutants in the Tampa Area: Spatiotemporal Distributions of Concentrations, Social Distributions of Exposures, and Impacts of Urban Design on Both. Graduate Theses and Dissertations. http://scholarcommons.usf. edu/etd/4795.
- Yu, H. L., Chen, J. C., Christakos, G., Jerrett, M. (2009), BME Estimation of Residential Exposure to Ambient PM_{10} and Ozone at Multiple Time Scales, Environmental health perspectives, 117(4), 537.
- Yu, X. J., Yang, M. J., Zhou, B., Wang, G. Z., Huang, Y. C., Wu, L. C.,Gao, X. H. (2015), Characterization of somatic mutations in air pollution-related lung cancer. EBio Medicine, 2(6), pp. 583-590.
- Zhao, Y., Wang, S., Aunan, K., Seip, H. M., Hao, J. (2006), Air pollution and lung cancer risks in China—a meta-analysis. Science of the total environment, 366(2), pp. 500-513.