Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷
ص. ۷۲۵-۷۰۳
DOI: 10.22059/jhgr.2018.211029.1007261

ارزیابی میزان انطباق سامانه اتوبوس‌های تندرو شهر تهران با رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل محور

سید عباس رجایی*- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران
حسنعلی فرجی سبکبار- دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
عباس درودی‌نیا- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران
رامین قربانی- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۱۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

امروزه رشد مالکیت و گرایش روزافزون مردم به خودروهای شخصی در شهرها، سبب افزایش حجم ترافیک و آلودگی‌های زیست‌محیطی شده است؛ از این‌رو در دیدگاه‌های معاصر شهرسازی، رویکرد «توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور» با گرایش به گسترش حمل‌ونقل عمومی و توسعهٔ شهرها بر مبنای آن، یکی از راهکارهای مقابله با این جریان است که موفقیت سامانهٔ حمل‌ونقل عمومی در آن، منوط به پذیرش و اجرای الزاماتی است. بدین‌منظور، سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو شهر تهران از نظر انطباق با الزامات فیزیکی این رویکرد و اهداف کیفی آن مطالعه شد. پژوهش حاضر کاربردی-توسعه‌ای، و توصیفی-تحلیلی است که پس از تشریح مفاهیم، به منظور بررسی میزان انطباق دو خصوصیت فیزیکی توسعهٔ فشرده و اختلاط کاربری‌ها، با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی فازی، با خطوط ترکیب شد. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی برای بررسی ارتباط میان اهداف کیفی، یعنی زیست‌پذیری (آلودگی هوا) با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی فازی و میان‌یابی ترسیم، و با نقشهٔ الزامات مطابقت داده شد. براساس نتایج بخش اول، مناطق ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ کمترین میزان انطباق را با الزامات فیزیکی دارند. در بخش دوم هم مشخص شد که کیفیت هوای مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ در بحرانی‌ترین وضعیت قرار دارد. پس از مقایسهٔ دو نقشه مشاهده شد وضعیت کیفیت هوای مناطقی با کمترین مطابقت، در نامناسب‌ترین حالت قرار دارد. به‌طورکلی می‌توان گفت فراهم‌نبودن الزامات رویکرد در اطراف خطوط مانع از تحقق اهداف شده است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی آلودگی هوا، حمل‌ونقل‌محور، رویکرد توسعهٔ سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو، روش خوشه‌بندی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۵۰۳۰۲۷۶
Email: Sarajaei@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حمل‌ونقل، سابقه‌ای به قدمت آفرینش انسان دارد. از زمان اختراع چرخ توسط سومری‌ها، تلاش جدی انسان برای تسهیل رفت‌وآمد شروع شد (سلطانی، ۱۳۹۰: ۲). درواقع اختراع چرخ، نخستین جابه‌جایی‌ها را به شکل امروزی به‌وجود آورد و سبب شد طی زمان از کالسکه‌ها و ارابه‌ها استفاده شود. امروزه نیز با تغییرات صنعتی و فناوری، خودرو، تراموا، قطارها و... به‌عنوان وسایل حمل‌ونقل کاربرد دارند. از حدود سال ۱۸۶۰ و با اختراع اولین قطارها، شهر در طول مسیر این وسایل توسعه یافت و همین امر سبب ایجاد «شهرهای حمل‌ونقل عمومی»[1] شد. درنهایت، حدود سال ۱۹۳۰ «شهرهای خودرویی»[2] به‌وجود آمدند. به‌دنبال این پدیده، تراکم در حومهٔ شهرها کم، و مسافت میان محل کار و خانه طولانی شد (خداوردی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۰).

امروزه خودرو مهم‌ترین وسیلهٔ نقلیه است که حرکت و نیروی جابه‌جایی زیادی دارد. با ورود ۵۰ میلیون خودرو جدید در هرسال، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، حدود دو میلیارد خودرو در جاده‌ها در حال تردد باشند (پندیلا و کیتامورا، ۲۰۰۷: ۲). براین‌اساس، جهان در دوره‌ای از افزایش مالکیت خودرو شخصی قرار دارد. برای مثال، مالکیت خودرو در سال‌های ۱۹۷۴-۲۰۰۴ در بریتانیا، از ۱۳ میلیون به ۲۵ میلیون دستگاه رسید (بازار حمل‌ونقل سفر لندن، ۲۰۰۹: ۲۳). این روند به همین صورت در کشورهای درحال‌توسعه جریان دارد و بحران خودرو در دنیا[3] به‌شمار می‌آید (پندیلا و کیتامورا، ۲۰۰۷: ۲). براساس گزارش سازمان ملل، سیاست دولت‌ها در خاورمیانه در زمینهٔ تولید خودرو، پایین‌بودن کیفیت سیستم حمل‌ونقل عمومی و الگوی توسعهٔ شهری لجام‌گسیخته، وابستگی به خودرو را افزایش می‌دهد (هوپین، ۲۰۱۰: ۱۶). با گرایش روزافزون مردم به خودرو، تمایل آن‌ها به پیاده‌روی و حمل‌ونقل عمومی بسیار کاسته شد؛ از این‌رو افزایش خودروهای شخصی آلودگی‌های زیست‌محیطی را تشدید کرد. در حال حاضر، بخش حمل‌ونقل بیشترین نقش را در آلودگی محیط‌زیست دارد. براین‌اساس، انتظار می‌رود با افزایش حجم حمل‌ونقل در دهه‌های آینده، آلودگی تشدید شود (فریدل و استینینگر، ۲۰۰۲؛ به نقل از کاظمیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۵۸).

با توجه به روند مذکور، در دهه‌های اخیر مفاهیمی مانند توسعهٔ پایدار[4] و توسعهٔ پایدار شهری[5] به‌عنوان راه‌حل‌هایی در مقابل الگوهای فانی کالبدی، اجتماعی و اقتصادی توسعه مطرح شد؛ از این‌رو می‌توان از بروز معضلاتی از جمله نابودی منابع طبیعی، تخریب سامانه‌های زیستی، افزایش بی‌رویهٔ جمعیت، بی‌عدالتی و کاهش کیفیت زندگی[6] انسان‌ها در زمان حال و آینده جلوگیری کرد (آیزاکسون، ۲۰۰۶: ۶۴). مفاهیم فوق در شهرها، به یکی از اهداف بزرگ مسئولان شهری تبدیل شده است. براین‌اساس، دولت‌ها همواره تلاش می‌کنند تا با سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف بر مشکلات زیست‌محیطی فائق آیند یا آثار منفی کارکردهای انسان را بر محیط‌زیست (آلودگی‌های و تخریب محیط) کاهش دهند.

در حال حاضر، آلودگی هوا در بسیاری از کشورهای بزرگ جهان، به‌ویژه در کلان‌شهرهای ایران اهمیت زیادی یافته است؛ تا آنجا که دولت‌ها وادار شدند به این مسئله توجه کنند و سیاست‌ها و برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدتی را برای آن درنظر بگیرند (دل‌انگیزان و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۸-۴۹). از جمله اینکه برنامه‌ریزان شهری، ایده‌ها و دیدگاه‌های خود را در این زمینه طرح کردند و رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل محور[7] را درنظر گرفتند. از دههٔ ۱۹۷۰ در ایالات‌متحدهٔ آمریکا،

1. Transit City
2. Automobile City
3. World Car Crisis
4. Stainable Development
5. Urban Sustainable Development
6. Quality of Life
7. Transit-Oriented Development (TOD)

www.SID.ir

Archive of SID

سیاست‌گذاران و پژوهشگران عرصهٔ برنامه‌ریزی و طراحی شهری، به این رویکرد توجه کردند و مشوق شهروندان برای استفاده از حمل‌ونقل عمومی در عرصه‌هایی با کاربری مختلط مسکونی، تجاری و اداری نزدیک یک گره یا ایستگاه حمل‌ونقل (اتوبوس، مترو و غیره) شدند (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۰). طرفداران این نوع توسعه، به تراکم بالا و مراکز فعالیتی با کاربری مختلط توجه کردند که به‌وسیلهٔ سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی با کیفیت بالا به یکدیگر مرتبط می‌شوند (یامس و کاپلان، ۲۰۰۶: ۷-۱۹). درواقع، رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور، رویکردی اساسی برای ساماندهی کاربری زمین‌هاست. در این رویکرد، بر هماهنگی حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی کاربری زمین تأکید می‌شود. در صورت اجرا، این نوع برنامه‌ریزی می‌تواند مزایای بسیاری داشته باشد؛ از جمله کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، کاهش ترافیک، پایداری و سرزندگی شهری، بازشکل‌دهی توسعهٔ شهرها و...

توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور مجموعه‌ای از پیش‌شرط‌های اندیشیده‌شده و الزاماتی است که زمینهٔ رسیدن به اهداف توسعهٔ پایدار را به‌ویژه در بعد زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل شهری تشریح و تضمین می‌کند. در این توسعه تأکید می‌شود که موفقیت در اجرای طرح در زمینهٔ حمل‌ونقل، الزاماتی برای برنامه‌سازی و اجرا دارد که چهار اصل کلیدی آن اعم از توسعهٔ فشرده، اختلاط کاربری‌ها، پیاده‌مداری و تسهیلات حمل‌ونقل، و جابه‌جایی، چارچوب منطقی آن را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین، توجه کافی و فراهم‌کردن این الزامات، موفقیت طرح حمل‌ونقل شهری را در رسیدن به اهداف توسعهٔ پایدار محقق می‌کند. بدین‌منظور امروزه یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی سیستم‌های شهری، تدوین برنامه‌های جامع شهری با هدف بیشترین تطابق ممکن میان سیاست‌های شهرسازی و کاربری زمین، و سامانه‌های حمل‌ونقل شهری بهینه با توجه به خصوصیات شبکهٔ شهری است (رفیعیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۹۶).

باید توجه داشت که مهم‌ترین تأثیرات و مزایای توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور، توجیه بسیار خوبی برای توجه، حمایت و اجرای اصول این رویکرد است و گام بسیار مهمی در تحقق مفهوم توسعهٔ پایدار شهری به‌شمار می‌آید. از جملهٔ این مزایا کاهش استفاده از خودرو شخصی و کاهش ترافیک، بهبود کیفیت هوا و کاهش مصرف انرژی، طرح شیوه‌های مختلف سفر مانند پیاده‌روی و حمل‌ونقل همگانی، کاهش ازدحام و شلوغی، کاهش آلودگی‌های صدا، بهبود سلامت و ایمنی عمومی، ارتقای وضعیت اقتصادی و بهبود دسترسی به فضاهای عمومی و... است که ارتباط مستقیمی با بهبود کیفیت زندگی ساکنان دارند و بخشی از اهداف توسعه پایدار به‌شمار می‌آیند.

در ایران استفاده از حمل‌ونقل عمومی و بهره‌گیری از فواید ناشی از آن در شهرها، به‌ویژه کلان‌شهرها مدنظر قرار گرفته و طرح‌هایی در این زمینه‌ها اجرا شده است. براین‌اساس، سازمان‌ها و نهادهای رسمی مانند شهرداری، وزارت راه و شهرسازی و سازمان حفاظت از محیط‌زیست، شهروندان را به استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی تشویق کرده‌اند. همچنین گسترش خطوط و شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی (مترو و اتوبوس‌های سریع‌السیر، و احداث ایستگاه‌ها و توقفگاه‌های وابسته به آن‌ها) فرصت بهره‌گیری از فواید این طرح را در شهرها فراهم کرده است. این طرح‌ها در تهران در مقیاس بسیار گسترده از جمله خطوط مترو و سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو[1] اجرایی شده است، اما گسترش این سامانه‌ها مستلزم شناختی دقیق از اثربخشی آن‌ها از ابعاد گوناگون است؛ بنابراین، در این پژوهش ابتدا به این پرسش پاسخ داده می‌شود که در بهره‌برداری از سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو شهر تهران، تا چه اندازه به چارچوب رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل محور و خصوصیات فیزیکی آن توجه شده است. همچنین از آنجا که یکی از اهداف کیفی توسعهٔ حمل‌ونقل محور زیست‌پذیری است (در این پژوهش آلودگی هوا) با استفاده از پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر تهران و انطباق آن با الزامات رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور در اطراف سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو به این پرسش پاسخ داده می‌شود که ارتباطی میان این دو وجود دارد یا خیر.

1. Bus rapid transit (BRT)

www.SID.ir

Archive of SID

مبانی نظری

رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور (TOD)

اواخر دههٔ ۱۹۸۰ و اوایل دههٔ ۱۹۹۰ میلادی، زمان ورود مفهوم توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی به پژوهش‌های طراحی و برنامه‌ریزی شهری است (لوکایتو، ۲۰۱۰: ۴۹). در ادامه تعاریف متعدد این مفهوم بیان می‌شود:

- براساس تعریف گزارش ۱۱۸ ادارهٔ حمل‌ونقل فدرال آمریکا، اقداماتی از جمله توسعهٔ متراکم در اطراف ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی که سفرهای احتمالی در نزدیکی خود را جذب می‌کند و توسعهٔ درون‌زا و فشرده به نحوی که طول سفر به‌صورت پیاده قابل پیمودن باشد، از اقدامات TOD است (کیتلسون و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۳).
- انستیتو سیاست‌های توسعه و حمل‌ونقل[1] به‌طور جامع اصل توسعه در رویکرد TOD را بر توسعه پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و توسعهٔ متراکم و فشرده در شعاع دسترسی حمل‌ونقل عمومی بیان کرده است (انستیتو سیاست‌های توسعه و حمل‌ونقل، ۲۰۱۳: ۴-۹).
- از نظر نلسون و همکاران، به توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی شامل افزایش تراکم مسکن، دفاتر کار، مغازه‌ها و خدمات اطراف ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در منطقهٔ شهری و دسترسی آسان پیاده در راستای تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی و کاهش استفاده از خودرو شخصی گفته می‌شود (نلسون و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین، توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی، گونه‌ای از توسعهٔ زمین است که سطحی بالا از تحرک و دسترسی را با حمایت از پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی معرفی می‌کند (سرورو، ۲۰۰۴: ۶).

فواید توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی جنبه‌های مختلفی را در برمی‌گیرد. از جمله جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و ترافیکی شامل فراهم‌کردن گزینه‌های مختلف برای جابه‌جایی، افزایش میزان امنیت عمومی، افزایش تعداد مسافران حمل‌ونقل عمومی، کاهش نرخ سفر با اتومبیل، کاهش هزینهٔ خانوار، کاهش میزان آلودگی هوا و مصرف سوخت، حفظ و نگهداری منابع زمین و فضای باز، افزایش توسعهٔ اقتصادی، کاهش هزینه‌های احداث زیرساخت و فراهم‌کردن مسکن با قابلیت استطاعت بیشتر برای اقشار مختلف جامعه (آرینیگتون، ۲۰۰۲: ۴-۵).

باید توجه داشت که در تعریف توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی، علاوه‌بر تمرکز بر خصوصیات فیزیکی مانند تراکم، اختلاط کاربری، سطوح خدمات‌رسانی سامانهٔ حمل‌ونقل عمومی و ارتباطات خیابان‌ها، باید به معیارهای کیفی نیز توجه کرد؛ بنابراین، توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی، شش هدف کیفی را به شرح زیر دنبال می‌کند:

۱. کارایی مکان از دیدگاه تراکم، دسترسی و پیاده‌مداری؛
۲. ترکیب غنی از انتخاب‌ها برای انواع گزینه‌های سکونتی و امکان فعالیت‌های متنوع برای همهٔ اقشار جامعه؛
۳. تحقق ارزش‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در مکان؛
۴. خلق مکان با توجه به اصول طراحی برای مردم، بهبود وضع موجود؛
۵. حل تنش میان گره و مکان مانند؛ تنش میان نقش ایستگاه به ارتباط کارکردی با منظر زمین، کاربری‌های مختلط و مدیریت سرمایه، همچنین حل تنش میان گره و مکان شامل تنش میان نقش ایستگاه به‌عنوان گره در شبکهٔ حمل‌ونقل منطقه‌ای و نقش آن به‌عنوان یک مکان در محله (پوتیچا و دیتمار، ۲۰۰۴: ۲۱-۳۱).
۶. ارتقای قابلیت زیست‌پذیری متضمن بهبود کیفیت هوا با کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، افزایش گزینه‌های جابه‌جایی، افزایش دسترسی به مراکز خرده‌فروشی، خدماتی، فرهنگی و تفریحی، پارک و فضاهای عمومی و سلامت و امنیت اجتماعی و اقتصادی بیشتر را تأمین می‌کند (بلزر و اوتلر، ۲۰۰۲: ۱۲).

1. Institute for transportation and development policies (ITDP)

www.SID.ir

Archive of SID

برمبنای چهار اصل توسعهٔ فشرده، اختلاط کاربری‌ها، پیاده‌مداری و تسهیلات حمل‌ونقل و جابه‌جایی می‌توان به چارچوبی نسبتاً منطقی برای برنامه‌سازی و اجرا رسید. این اصول که مورد تأیید بیشتر نظریه‌پردازان تأثیرگذار در تبیین رویکرد توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی است، بستری کلی برای برنامه‌سازی و تدوین مقررات پروژه‌های توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی فراهم می‌کند که می‌تواند راهنمای کلی ساختار شیوهٔ شناختی برنامه‌سازی در عمل باشد (بهزادفر و ذبیحی، ۱۳۹۰: ۴۱). براین‌اساس، با توجه به هدف و روش این پژوهش، همچنین برای روشن‌ترشدن موضوع، به توضیح دو اصل توسعهٔ فشرده و اختلاط کاربری می‌پردازیم.

توسعهٔ فشرده

این بحث با عنوان گرادیانتی از شدت کاربری، تراکم و ارتفاع ساختمان‌ها مطرح می‌شود؛ یعنی در نواحی نزدیک به ایستگاه که خدمات بیشتری به پیاده و خدمات کمتری به اتومبیل ارائه می‌شود، تراکم و اختلاط بیشتری از کاربری‌ها موردنیاز است. در مقابل با دورشدن از ایستگاه این شدت کم می‌شود. به‌این‌ترتیب هر حوزهٔ TOD براساس شدت و مقیاس توسعه، به سه زیرحوزهٔ دروازه‌ای، میانی و انتقال تقسیم می‌شود. زیرحوزهٔ دروازه‌ای محدودهٔ بلافصل ایستگاه و جایی است که مسافران به مترو وارد یا از آن خارج می‌شوند. این زیرحوزه در حدود ۱۰۰–۱۵۰ متری اطراف ایستگاه قرار گرفته است که در آن بالاترین درجهٔ یکپارچه‌سازی حمل‌ونقل عمومی با منظر خیابان، مناسب‌ترین ارتباط و اتصال میان ایستگاه و ساختمان‌های اطراف، و بالاترین تراکم و اختلاط کاربری وجود دارد. زیرحوزهٔ میانی، محدود مابین زیرحوزهٔ دروازه‌ای و زیرحوزهٔ انتقال است که کاربری غالب آن مسکونی است. همچنین کاربری‌های اداری و خرده‌فروشی در آن وجود دارد. در این محدوده، تراکم و ارتفاع ساختمانی از زیرحوزهٔ دروازه‌ای کمتر و از زیرحوزهٔ انتقال بیشتر است. زیرحوزهٔ انتقال، محدودهٔ حاشیه‌ای توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی است که کاربری غالب آن مسکونی و در ترکیب با کاربری‌های اداری و خرده‌فروشی است. شدت توسعه در این زیرحوزه با توسعهٔ موجود یا آینده در خارج از حوزهٔ TOD برابری می‌کند و کم‌ترین ارتفاع و تراکم ساختمانی در کل حوزه در آن به‌چشم می‌خورد (کانپزد، ۲۰۰۶: ۱۸). چنین آرایشی درنهایت به کاهش حجم سفر یا کاهش استفاده زیاد از خودرو منجر می‌شود.

اختلاط کاربری‌ها

سیستم مدیریت استفاده از زمین، پتانسیل خوبی در تضمین محیط خوب شهری است. حتی می‌تواند به‌گونه‌ای باشد که رفت‌وآمد مردم در آن مدیریت شود. مطالعات و بررسی‌های فراوانی در زمینهٔ ارتباط کاربری اراضی و رفتار سفر در کشورهای مختلف جهان صورت گرفته است.

براساس دیدگاه اوینگ و سرورو (۲۰۱۰) کاربری مختلط اراضی سبب کاهش سفر با وسایل نقلیه می‌شود و پیاده‌روی را افزایش می‌دهد.

فرانک و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که سرانهٔ سفر با وسایل نقلیه و انتشار آلودگی با افزایش کاربری مختلط اراضی، سیر نزولی دارد؛ یعنی تغییر از سطح ۲۵ درصد به ۷۵ درصد اختلاط می‌تواند کل طول سفر را به میزان ۲/۷ درصد کاهش دهد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۳). سامانهٔ حمل‌ونقل شهری و نحوهٔ کاربری زمین در شهر ممکن است بر توزیع بهینهٔ کاربری و محل استقرار فعالیت‌ها و خدمات مختلف اداری، در کاهش سفرهای درون‌شهری مؤثر باشد. همچنین در سطح شهر به ترتیبی که با طی کوتاه‌ترین مسیر و طی کمترین زمان و انرژی دست‌یافتنی باشند و در بلندمدت می‌تواند سبب کاهش سفرهای درون‌شهری و حذف بسیاری از آن‌ها در شهرها شود؛ بنابراین، نقطهٔ آغاز فرایند سامانهٔ حمل‌ونقل و نحوهٔ کاربری زمین خواهد بود (سرور و امینی، ۱۳۹۲: ۱۹۰–۱۹۱).

www.SID.ir

Archive of SID

توزیع فضایی نواحی مسکونی، محیط‌های کاری، مراکز تجاری و دیگر فعالیت‌ها به الگوهای مبدأ–مقصد در حمل‌ونقل شهری، کاهش فاصلهٔ سفر و مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها کمک می‌کند. به‌طور کلی ساختار فضایی شهر سبب کاهش هم‌زمان فاصلهٔ سفرهای درون‌شهری و افزایش کیفیت محیط‌زیست شهری می‌شود (هاسیبوان و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۲۳). در جدول ۱ بررسی مزایای طرح تلفیق کاربری زمین با حمل‌ونقل عمومی از دیدگاه‌های مختلف صورت گرفته که در آن‌ها بر مزایای تلفیق مناسب کاربری و حمل‌ونقل عمومی توجه شده است.

جدول ۱. بررسی میزان مزایای طرح تلفیق کاربری زمین با حمل‌ونقل عمومی

نوع دیدگاه	مزایا
شهرسازی	کاهش سرانهٔ سطح زمین موردنیاز برای سایر وسایل حمل‌ونقل شهری در سطح شهر، افزایش تعداد و سرانهٔ سطوح موردنیاز برای کاربری فرهنگی، ورزشی و خدماتی، مطلوبیت فضایی بیشتر برای مناطق مسکونی مجاور، امکان افزایش فعالیت‌های تجاری در این مناطق
مدیریت حمل‌ونقل	کاهش حجم سفرها، فراهم‌کردن زمینهٔ تسهیل مدیریت تقاضای حمل‌ونقل، افزایش دسترسی، گسترش فرهنگ پیاده‌روی و استفاده از دوچرخه، نهادینه‌کردن اصل تحرک و جابه‌جایی
زیست‌محیطی	کمک به حفاظت از محیط‌زیست و کاهش آلودگی‌ها به‌واسطهٔ کاهش حجم سفرهای درون‌شهری و افزایش استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی
عدالت اجتماعی	توزیع عادلانهٔ امکانات و تسهیلات حمل‌ونقل عمومی، امکان دسترسی آسان به انواع کاربری‌های موردنیاز

منبع: عباس‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۵

سیستم حمل‌ونقل همگانی شهری و سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو (BRT)

از دههٔ ۹۰، به‌دنبال رواج سیاست طرفداری از محیط‌زیست و حفاظت از آن در سطح جهانی، گسترش و به‌کارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل سریع در شهرهای بزرگ جهان، جزء خط‌مشی اصلی مدیریت شهری قرار گرفته و به‌سرعت در حال رشد است. در سال‌های اخیر، کشورهای مختلف از روش‌های متفاوتی مانند اختصاص خطوط ویژه به اتوبوس‌ها، دادن اولویت به آن‌ها و... برای افزایش کیفیت و سرعت خدمات اتوبوس‌ها استفاده کرده‌اند. امروزه سامانه‌های حمل‌ونقل اتوبوس‌های شهری (BRT) تلفیقی از همهٔ روش‌هایی است که تاکنون برای افزایش سرعت اتوبوس‌ها استفاده می‌شد. این مقوله از نظر ادارهٔ کل حمل‌ونقل عمومی فدرال وابسته به وزارت حمل‌ونقل ایالات‌متحده، ایده‌ای جدید و مناسب معرفی شده است (ووچیچ، ۲۰۰۵: ۱۵). درواقع، این سامانه مدل سریع‌السیر و انعطاف‌پذیری از حمل‌ونقل عمومی است که ایستگاه‌ها، وسایل نقلیه، خدمات، خطوط ویژه و سامانهٔ هوشمند حمل‌ونقل را در قالب سیستم واحدی درهم می‌آمیزد (لوینسون و همکاران، ۲۰۰۳: ۱). هدف نهایی این سیستم، جابه‌جایی مردم به‌صورت سریع، ارزان و با کارایی بیشتر در مقایسه با ماشین‌های شخصی است (توپ، ۲۰۰۵: ۱۱۷).

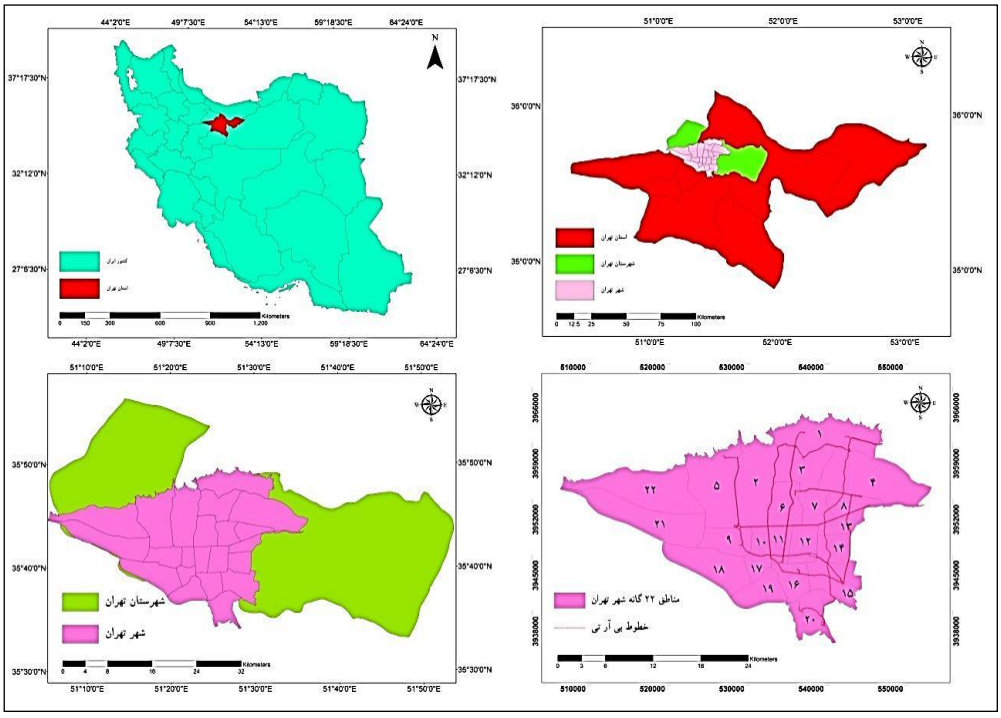
بررسی مطالعات موردی درخصوص سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی تندرو (BRT) در کشورهای مختلف نشان‌دهندهٔ توجه به یک یا چند هدف است؛ اهدافی مانند ارتقای سطح رفاه اجتماعی از طریق توسعهٔ خطوط ارتباطی، کمک به توسعه و عمران شهر با به‌کارگیری سیستم حمل‌ونقل مدرن، پاسخگویی به تقاضای حمل‌ونقل درون‌شهری، کمک به حفظ محیط‌زیست از دیدگاه کاهش آلودگی هوا، انتشار ذرات جامد آلاینده، بهبود سطح رضایتمندی شهروندان از زندگی شهری، افزایش سرعت سفرهای درون‌شهری، افزایش ایمنی و کاهش تصادفات، کاهش استفاده از خودروهای شخصی و کاهش مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست، تقلیل آثار اجتماعی ناشی از افزایش سرانهٔ استفاده از خودرو شخصی، افزایش راحتی مسافران و ارتقای سطح تأمین خدمات حمل‌ونقل از نظر کیفی، ایجاد خطوط ارتباطی مدرن با ظرفیت زیاد میان پایانه‌های اصلی درون‌شهری، ارائهٔ سرویس ارزان‌تر و پوشش‌دهی بیشتر به گروه‌های کم‌درآمد شهری، و استفاده از فناوری سازگار با وضعیت و مقتضیات زندگی شهری در احداث و استفاده از سیستم‌های فوق (سرور و امینی، ۱۳۹۲: ۶۱).

www.SID.ir

Archive of SID

محدودهٔ موردمطالعه

شهر تهران در موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقهٔ عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع این شهر از سطح دریا، ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران میان کوه‌های البرز و حاشیهٔ شمالی کویر مرکزی ایران در دشتی نسبتاً هموار واقع شده است. مساحت آن ۵۹۴ کیلومترمربع (۲۲ منطقه) است که با احتساب حریم، حدود ۲۰۰۰ کیلومترمربع مساحت و ۸ میلیون نفر (به همراه شهرهای اقماری آن قریب ۱۲ میلیون نفر) جمعیت دارد. سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو شهر تهران با نام بی‌آرتی[1]، نخستین سامانهٔ اتوبوس از این دست در ایران است. اولین خط این سامانه در مردادماه ۱۳۸۶ راه‌اندازی و سپس به‌تدریج کامل شد. در حال حاضر کلان‌شهر تهران ۱۰ خط فعال بی‌آرتی مطابق جدول ۲ دارد (شکل ۲).



شکل ۱. نقشهٔ محدودهٔ جغرافیایی موردمطالعه

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۲. مشخصات خطوط ده‌گانهٔ بی‌آرتی شهر تهران

شمارهٔ خطوط	مبدأ	مقصد	مسافت (کیلومتر)	تعداد ایستگاه
۱	پایانهٔ آزادی	چهارراه تهرانپارس	۱۸/۷	۳۱
۲	پایانهٔ آزادی	پایانهٔ خاوران	۱۸/۷	۲۶
۳	پایانهٔ علم و صنعت	پایانهٔ خاوران	۱۴/۳	۱۸
۴	پایانهٔ شهید افشار	پایانهٔ جنوب	۲۱/۵	۲۱
۵	پایانهٔ بیهقی	پایانهٔ علم و صنعت	۹/۵	۹
۶	پایانهٔ افشار	پایانهٔ لاله	۱۳	۲۳
۷	پارک‌وی	پایانهٔ معین	۱۶	۳۷
۸	پایانهٔ جنوب	پایانهٔ خاوران	۶/۲	۶
۹	مترو جوانمرد قصاب	پایانهٔ لاله	۳۶	۵۲
۱۰	پایانهٔ آزادی	دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات	۱۲	۱۳

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

1. Bus Rapid Transit

www.SID.ir

Archive of SID

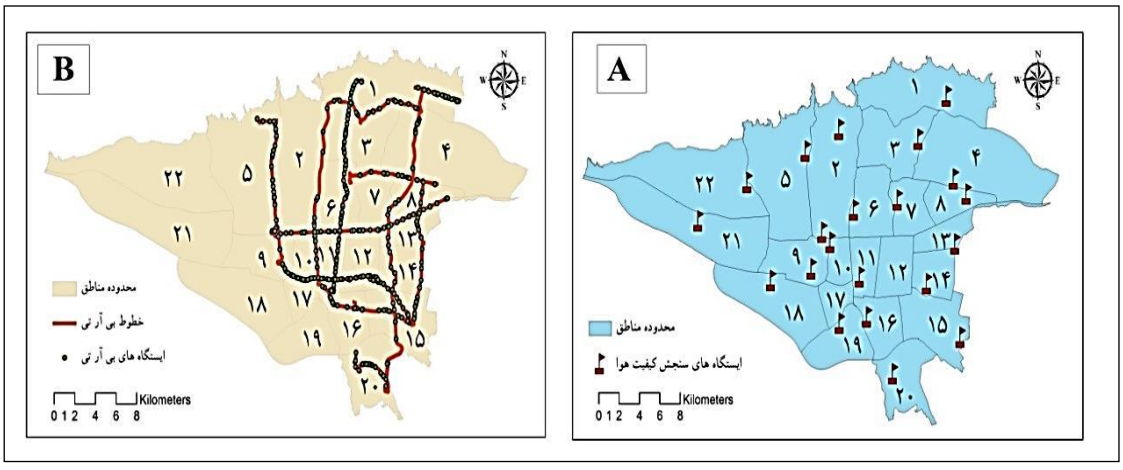
ایستگاه‌های شرکت کنترل کیفیت هوا

اطلاعات آلودگی هوا به ایستگاه‌های شرکت کنترل کیفیت هوا و سازمان حفاظت محیطزیست مربوط است. این ایستگاه ها به‌صورت ساعتی، شبانه‌روزی، ماهانه و سالانه به برداشت و سنجش آلودگی و کیفیت هـوا در محـدودهٔ منـاطق شـهر تهران می‌پردازند. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول ۳ و موقعیت آن‌ها در شکل ۲ آمده است.

جدول ۳. مشخصات ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران

نام ایستگاه	نوع استفاده	منطقه	مدل
اقدسیه	شهری نوع دو	۱	Environment S.A
شهرداری منطقهٔ ۲	شهری نوع یک	۲	Environment S.A
شهر ری	شهری نوع یک	۲۰	Environment S.A
پارک رز	شهری نوع یک	۲۲	Environment S.A
پونک	شهری نوع یک	۵	Environment S.A
گلبرگ	شهری نوع یک	۸	Environment S.A
مسعودیه	شهری نوع یک	۱۵	Environment S.A
ستاد بحران	شهری نوع یک	۷	Environment S.A
شهرداری منطقهٔ ۴	ترافیکی	۴	Environment S.A,Micro Station
شهرداری منطقهٔ ۱۰	ترافیکی	۱۰	Environment S.A,Micro Station
شهرداری منطقهٔ ۱۱	شهری نوع یک	۱۱	Environment S.A,Micro Station
شهرداری منطقهٔ ۱۶	شهری نوع یک	۱۶	Environment S.A,Micro Station
میدان فتح	شهری نوع یک	۹	Ecotech
دروس	شهری نوع یک	۳	Ecotech
محلاتی	ترافیکی	۱۴	Ecotech
شادآباد	شهری نوع یک	۱۸	Ecotech
پیروزی	شهری نوع یک	۱۳	Ecotech
تهرانسر	شهری نوع دو	۲۱	Ecotech
دانشگاه تربیت‌مدرس	شهری نوع یک	۶	Ecotech
دانشگاه صنعتی‌شریف	شهری نوع یک	۲	Ecotech
شهرداری منطقهٔ ۱۹	شهری نوع یک	۱۹	Environment S.A,Micro Station

منبع: شرکت کنترل کیفیت آلودگی هوا وابسته به شهرداری: http://air.tehran.ir



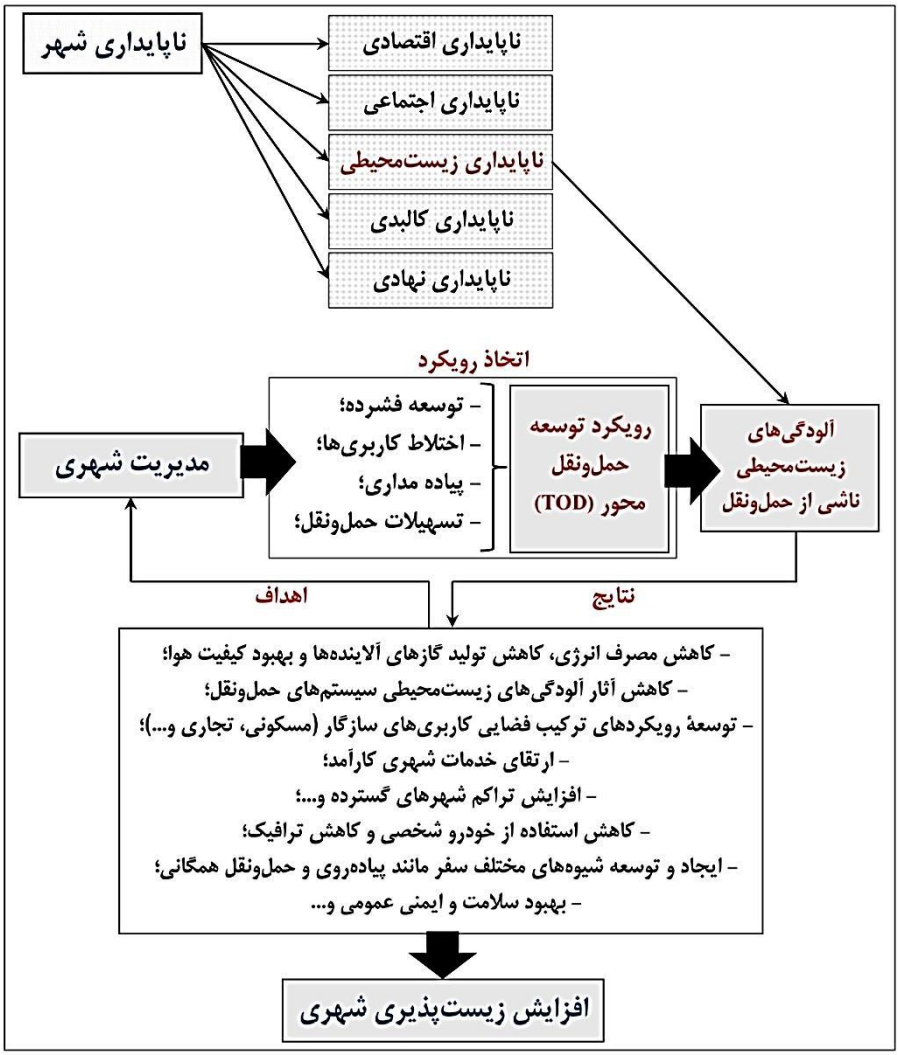
شکل ۲. A: نقشهٔ موقعیت ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران؛ B: خطوط BRT و ایستگاه‌های آن
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

روش پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی-توسعه‌ای، و توصیفی-تحلیلی است. پس از تشریح مفاهیم، به‌منظور بررسی میزان انطباق و توجه به دو ویژگی فیزیکی رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل محور (توسعهٔ فشرده و اختلاط کاربری‌ها) با خطوط سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو سپس به‌منظور پی‌بردن به ارتباط میان اهداف کیفی توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور یعنی زیست‌پذیری که در این پژوهش آلودگی هوا درنظر گرفته شده است، با استفاده از پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر تهران و انطباق آن با الزامات رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور در اطراف سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو پرداخته‌ایم. مدل مفهومی پژوهش حاضر در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳. مدل مفهومی ارتباط زیست‌پذیری شهری با رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۵

در بخش نخست از روش‌های موجود در خوشه‌بندی میانگین فازی[1] استفاده شد که با استفاده از آن‌ها سازمان‌دهی داده‌های چندمتغیری در میان گروه‌ها یا خوشه‌ها صورت گرفت. البته براساس همگنی میان اشیا؛ به‌طوری‌که موارد موجود در گروه یکسان، شباهت زیادی دارند؛ بنابراین، در این روش، اندازهٔ سلول‌ها مبنای تحلیل قرار گرفت. روش کار در

1. Fuzzy C-mean Clustering (FCM)

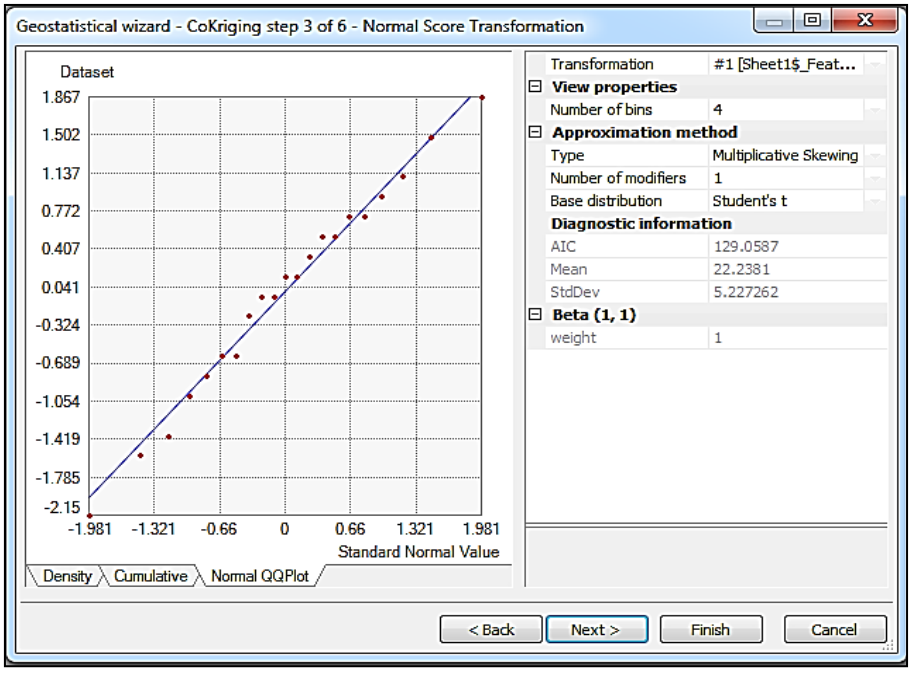
www.SID.ir

Archive of SID

تکنیک بدین‌صورت بود که ابتدا از تمامی لایه‌ها براساس محدودهٔ شهر تهران، فاصلهٔ اقلیدسی[1] با اندازهٔ سلول ۵۰۰ متر گرفته شد (مسافتی با قابلیت ۱۰ دقیقه پیاده‌روی برای دسترسی به حمل‌ونقل عمومی در محدودهٔ خطوط و ایستگاه‌ها) تا لایه‌ها رستری شوند. سپس لایه‌ها به فرمت Ascii پردازش شدند و تغییر کردند و به محیط نرم‌افزاری متلب[2] انتقال داده شدند. پس از ماتریس‌سازی، دستور خوشه‌بندی اجرا، و خروجی بار دیگر به محیط ArcMap انتقال داده شد تا تجزیه وتحلیل‌های نهایی و نقشه‌های خروجی وضعیت میزان انطباق تهیه شود.

در بخش دوم ابتدا آمار و اطلاعات مربوط به وضعیت کیفیت و کمیت آلودگی در کلان‌شهر تهران طی ۵ سال متوالی (براساس ۱۲ ماه سال، از اول فروردین هرسال تا ۲۹ اسفند سال بعد) از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ (برای سال ۱۳۹۴ از اول فروردین تا ۳۰ آبان همان سال) جمع‌آوری شد و داده‌ها مبنای تحلیل قرار گرفت.[3] به‌دلیل تعداد زیاد نقشه‌ها به‌صورت ماهانه بیش از ۷۲ لایهٔ نقشه استخراج شد که در این پژوهش تنها نقشه‌های نهایی ۵ ساله آورده شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها و محاسبهٔ مقادیر آن برای مناطق با استفاده از روش میان‌یابی[4] و خوشه‌بندی فازی، نقشه‌ها ترسیم شد.

در روش Ordinary Kriging فرض می‌شود که فاصله و جهت میان نقاط نمونه‌برداری آلاینده‌ها در محدودهٔ هر ایستگاه سنجش، بر روی هم‌بستگی مکانی تأثیر می‌گذارد. این روش وقتی بهترین کارایی را دارد که از هم‌بستگی فاصله ای چولگی جهت داده‌ها آگاه باشیم. نکتهٔ مهم این است که در روش میان‌یابی از حالت تخمینی استفاده می‌شود که از مقادیر انترپوله‌شده برای نمایش اتفاقی تغییرات در مکانی که داده‌ها جمع‌آوری نشده است، استفاده می‌کند؛ بنابراین، ابتدا باید از نرمال‌بودن توزیع داده اطمینان داشت. برای نمایش این وضعیت، از نمودار QQPLOT استفاده شد که در شکل ۴ مشاهده می‌شود. میزان نزدیکی داده‌ها به خط مستقیم بسیار زیاد و داده‌ها، نرمالیتهٔ مناسبی دارند.



شکل ۴. نمودار QQPLOT توزیع نرمال‌بودن داده‌ها

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

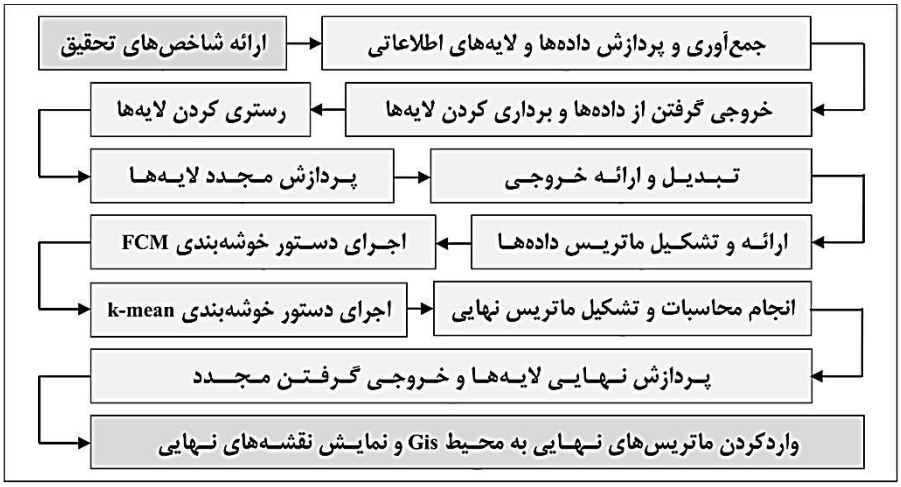
1. Euclidean Distance
2. Matlab

۳. به این منظور از داده‌های شرکت کنترل کیفیت هوا (http://air.tehran.ir) استفاده شد. این ایستگاه‌ها کـه در سراسـر شـهر تهـران وجـود دارنـد بـه سنجش آلودگی و کنترل کیفیت هوای شهر تهران در ۶ آلایندهٔ O3، Co، No2، So2، Pm10 و Pm 2.5 می‌پردازند.

4. Kriging

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. فرایند پژوهش

روش میان‌یابی

در مرحلهٔ اول ارزیابی آلودگی در پهنهٔ شهر، برای هر عنصر آلاینده از روش‌های زمین‌آمار[1] استفاده شد. کریجینگ نوعی روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزنی و اصل اول جغرافیا استوار است و می‌توان گفت بهترین تخمین‌گر نااُریب به‌شمار می‌آید. این تخمین‌گر با استفاده از رابطهٔ ۱ تعیین می‌شود:

$$Z(x_i) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \; Z(x_i) \qquad (۱)$$

که در معادلهٔ ۱ $Z(x_i)$ λ_i پارامتر تخمینی، وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام و $Z(x_i)$ پارامتر معلوم می‌باشد.

خوشه‌بندی فازی (FCM)

هدف از خوشه‌بندی، تقسیم داده‌ها به مجموعه‌ای از دسته‌هاست که در آن شباهت و نزدیکی هر دسته از داده‌های سایر دسته‌ها بیشتر است. الگوریتم‌های مختلفی برای خوشه‌بندی ارائه شده است که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به روش ابتکاری، سلسله‌مراتبی و خوشه‌بندی به روش افرازکردن اشاره کرد. الگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی، روش‌های افرازکننده هستند که برای تخصیص داده‌ها به مجموعه‌ای از خوشه‌ها به کار می‌روند. در این الگوریتم‌ها با استفاده از یک تابع هدف که به‌عنوان شاخص ارزیابی به‌کار می‌رود، داده‌های موجود به‌صورت بهینه خوشه‌بندی می‌شوند (افراخته و بستانی، ۱۳۸۹: ۲۱۱). در این پژوهش، روش خوشه‌بندی فازی به‌وسیلهٔ برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب اجرا شد. به‌دلیل اینکه ورودی این مدل باید حداقل دو پارامتر باشد، پارامتر داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی مختلف آلودگی در بحث سنجش کیفیت هوای تهران و ارزیابی سیستم حمل‌ونقل عمومی استفاده شد. در ادامه الگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی ارائه شده است. الگوریتم FCM را دان (۱۹۷۴) و بزدک (۱۹۸۱) مطرح کردند. به‌منظور بیان روش خوشه‌بندی فازی (FCM)، مجموعه‌ای از داده‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. هدف خوشه‌بندی فازی، دسته‌بندی داده‌ها به تعداد C خوشه است. این خوشه‌بندی به‌صورت ماتریس $U = [\mu^*]C.n$ که در آن درجهٔ عضویت و μ_{ik} تعلق داده k به خوشه C ام است به صورت زیر مدل می‌شود:

1. Geostatistical Wizard

www.SID.ir

Archive of SID

$$\cdot \le \mu_{ik} \le ۱ \qquad \{X_{۱},...X_{n}\} \tag{۲}$$

$$\sum_{i=۱}^{c} \mu_{ik} = ۱ \tag{۳}$$

$$K = ۱,۲,..., \ ,...,n \ \ i = ۱,۲,...., \ c \ \ \cdot \prec \sum_{k=۱}^{n} \mu_{ik} \le n \tag{۴}$$

در روابط ۲، ۳ و ۴، i تعداد خوشه‌ها و K تعداد داده‌هاست. از طرف دیگر می‌توان نشان داد با کمینه‌کردن تابع هدف رابطهٔ ۵، شباهت داده‌های موجود در هر خوشه از داده‌های موجود در خوشه‌های دیگر بیشتر است.

$$J(P) = \sum_{k=۱}^{n}\sum_{i=۱}^{c}\left[\mu_{ik}\right]^{m}\left\|X_{k} - V_{i}\right\|^{۲} \tag{۵}$$

در رابطهٔ ۵، m عددی بزرگ‌تر از یک است که میزان درجهٔ عضویت را کنترل می‌کند، X_k بردار داده‌ها، V_i مرکز خوشهٔ i ام و نیز $\|V_k - V_i\|^{۲}$ فاصلهٔ اقلیدسی میان داده‌ها و مراکز خوشه‌هاست. در مباحث خوشه‌بندی داده‌ها، شاخص‌هایی بیان می‌شود که غالباً مبنای مراکز خوشه‌ها هستند. برای کمینه‌کردن ۵، باید همواره ۶ و ۷ در تکرارهای مختلف به‌هنگام شوند:

$$V_{i} = \frac{\sum_{k=۱}^{n}[\mu_{ik}]X_{k}^{m}}{\sum_{k=۱}^{n}[\mu_{ik}]^{m}} \quad ,i = ۱,۲,....,c \tag{۶}$$

$$\mu_{ik}^{(t+۱)} = \left[\sum_{j=k}^{c} \left(\frac{\left\|X_{k} - V_{i}^{(t)}\right\|^{۲}}{\left\|X_{k} - V_{j}^{(t)}\right\|^{۲}}\right)^{\frac{۱}{m-۱}}\right]^{-۱} \tag{۷}$$

در روابط ۶ و ۷، $\mu_{ik}^{(t+۱)}$ درجهٔ عضویت داده K ام از دستهٔ C ام در تکرار (t+1) ام است. اجرای الگوریتم پیشنهادی دارای مراحل زیر بوده است:

۱. مقدار t را برابر صفر درنظر بگیرید و یک کد اولیه $P^{(\cdot)}$ ایجاد کنید.

۲. در هر تکرار، مراکز خوشه‌ها را با استفاده از رابطهٔ ۶ محاسبه، و مقداری را برای m انتخاب کنید.

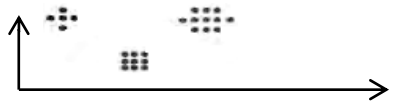
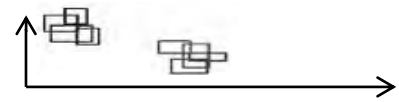
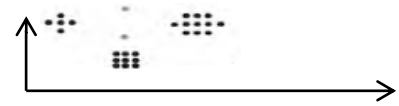
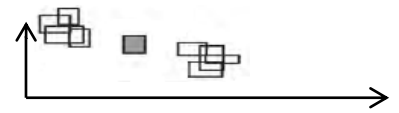
۳. $\mu_{ik}^{(t+۱)}$ با استفاده از رابطه (۷) محاسبه کرد و کد اولیه را در تکرار (t+1) ام به هنگام شد. درنهایت نقشهٔ خوشه‌بندی مکان‌های بهینه به‌منظور توسعهٔ شهری روی نقشهٔ شهر و مقایسهٔ لایه‌ها آورده شد. در جدول ۴ موقعیت‌های مختلف اطلاعاتی در مدل‌های خوشه‌بندی C-means نشان داده شده است. چارچوب جامع مدل‌های خوشه‌بندی C-means، زمینهٔ لازم را برای تحلیل خوشه‌ای سایر ورودی‌های قطعی یا فازی فراهم می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. موقعیت‌های مختلف اطلاعاتی در مدل‌های خوشه‌بندی c-means

نوع	پارادایم اطلاعاتی	اطلاعات عمومی
A	$\Im_E CRISP$ $\Im_T CRISP$ پارادایم قطعی کامل (قطعی‌بودن داده‌ها و خوشه‌ها)	$X \equiv \{xij : i = ۱,...,c : j = ۱,...,n\}$ Xij نشان‌دهندهٔ j امین متغیر قطعی مشاهده‌شده در شیء i
B	$\Im_E FUZZY$ $\Im_T CRISP$ پارادایم فازی جزئی (فازی‌بودن داده‌ها و قطعی‌بودن خوشه‌ها)	$X \equiv \{xij : i = (aij, \beta ij) : j = ۱,...,c : j = ۱,...,n\}$ aij نشان‌دهندهٔ مرکز، و Bij نشان‌دهندهٔ پراکندگی i امین متغیر فازی مشاهده‌شده در شیء i ام است. به‌طورمعمول تابع پارامتریک (تابع عضویت) در فاصله تعریف می‌شود.
C	$\Im_E CRISP$ $\Im_T FUZZY$ پارادایم فازی جزئی (قطعی‌بودن داده‌ها و فازی‌بودن خوشه‌ها)	$[aij - \beta ij, aij + \beta ij]$ $X \equiv \{xij : i = ۱,...,c : j = ۱,...,n\}$ Xij نشان‌دهندهٔ j امین متغیر قطعی مشاهده‌شده در شیء i
D	$\Im_E FUZZY$ $\Im_T FUZZY$ پارادایم فازی کامل (فازی‌بودن داده‌ها و خوشه‌ها)	$X \equiv \{xij : i = (aij, \beta ij) : j = ۱,...,c : j = ۱,...,n\}$ Xij نشان‌دهندهٔ j امین متغیر فازی مشاهده‌شده در شیء i ام است.

نوع	اطلاعات نظری	نمایش گرافیکی
	$\min : \sum_{i=۱}^{c}\sum_{i=۱}^{n} uij\,(xj - vi)^۲$ $\left(\sum_{i=۱}^{c} uij = ۱, uij \in \{۰,۱\}, m = ۱\right)$	
B	$\min : \sum_{i=۱}^{c}\sum_{i=۱}^{n} uij\,(xj - vi)^۲$ $\left(\sum_{i=۱}^{c} uij = ۱, uij \in \{۰,۱\}, m = ۱\right)$	
C	$\min : \sum_{i=۱}^{c}\sum_{i=۱}^{n} uij^{\,m}\,(xj - vi)^۲$ $\left(\sum_{i=۱}^{c} uij = ۱, uij \in \{۰,۱\}, m > ۱\right)$	
D	$\min : \sum_{i=۱}^{c}\sum_{i=۱}^{n} uij^{\,m}\,(xj - vi)^۲$ $\left(\sum_{i=۱}^{c} uij = ۱, uij \in \{۰,۱\}, m > ۱\right)$	

منبع: دیورسو و جیوردانی، ۲۰۰۶

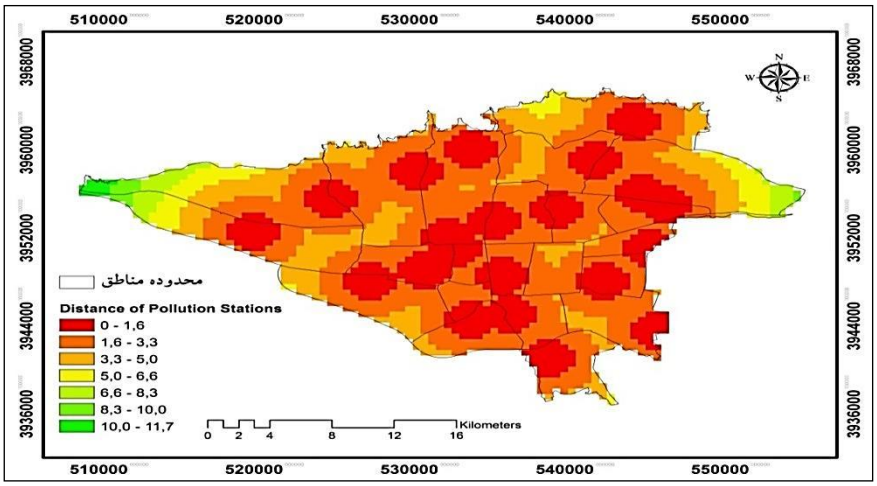
بحث و یافته‌ها

مرحلهٔ اول: استنتاج معیار و ضابطهٔ واحدی برای تعیین مکان‌های آلودهٔ بهینه، مستلزم چندین مرحله از فرایند پردازش در محیط نرم‌افزاری Arc Gis و استنتاج فازی در محیط متلب است. بدین‌صورت که در مرحلهٔ اول و براساس دسته‌بندی اولیه مجموعهٔ متغیرها حاصل می‌شود. در این مرحله، خروجی تمامی لایه‌های موردنظر با فرمت‌های مختلف (Shp, Xls, Txt,...)، در محیط نرم‌افزاری Arc Gis به‌صورت Shp (Geodatabase) به‌دست آمد تا لایه‌ها بُرداری شوند. سپس به نقشهٔ پایه شهر اضافه شدند. به‌منظور اعمال پردازش، رستری‌کردن لایه‌ها و انجام چندین دستور در روش FCM، فاصلهٔ اقلیدسی تمام لایه‌های اطلاعاتی (شاخص‌های پژوهش) براساس محدودهٔ شهر مشخص شد. بدین‌صورت که در هر سلول مقدار مشخصی از عددی قرار گرفت که بیانگر ارزش آن سلول بود. در این صورت محدودهٔ نقشهٔ شهر در ماتریس

www.SID.ir

Archive of SID

ارزشی نمایش داده شد که هر سلول حاوی مقدار عددی مشخص یعنی همان Cell Size ها بود. این اعداد در مراحل بعد همان ماتریس نهایی داده‌هایی بودند که در فرایند خوشه‌بندی استفاده می‌شدند. در شکل ۶ مرحلهٔ نهایی این فرایند برای لایهٔ اطلاعاتی نقاط ایستگاه‌های سنجش آلودگی نشان داده شده است.



شکل ۶. نقشهٔ رستری‌شدهٔ لایه‌ها برای تعیین ارزش هر سلول و تشکیل ماتریس اولیه

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

مرحلهٔ دوم: در این مرحله با توجه به متفاوت‌بودن اندازه، حجم و ابعاد هر لایهٔ اطلاعاتی، اندازهٔ Cellsizeها و ابعاد آن، با تنظیمات تحلیل فضایی[1] و محاسبات رستری[2] هماهنگ و یکنواخت شد تا خروجی تمامی لایه‌ها یکسان‌سازی شود. سپس خروجی هریک از این لایه‌ها به‌صورت Geotiff و تبدیل رستر به Ascii (txt) گرفته شد. لازم است فرمت این خروجی‌ها در محیط متلب خوانا باشد. برای این منظور لایه‌ها به(txt) Ascii و Geotiff تبدیل شدند و خروجی آن‌ها گرفته شد. در انتها لایه‌های خروجی (txt) با نرم‌افزار Notepad تغیر کردند و پردازش شدند. در این صورت هر فایل txt حاوی یک ماتریس است که در آن مختصات طول و عرض، تعداد سطر و ستون، و ارزش عددی هر لایهٔ نقشه (Cell Sizeها) دیده می‌شود که همگی در یک عنوان (header) نمایش داده می‌شوند. برای خواناسازی انتقال به محیط متلب، باید عنوان مربوط را که حاوی جدول زیر است حذف کنیم تا تنها یک ماتریس باقی بماند. در جدول ۵ مشخصات عنوان هر فایل txt برای تمام لایه‌های اطلاعاتی پردازش‌شده در یک ماتریس ۵۸×۹۴ برای روش FCM نشان داده شده است.

جدول ۵. اطلاعات عنوان (header) هر فایل txt برای روش FCM

روش خوشه‌بندی	داده‌ها (ماتریس)	مشخصات ماتریس
FCM	۹۴	Ncols (تعداد ستون)
	۵۸	Nrows (تعداد سطر)
	۵۰۸۰۴۸/۳۶۶۷	Xllcorner (مختصات طولی‌ترین نقطه)
	۳۹۳۶۱۵۷/۷۴۴۹	yllcorner (مختصات عرضی‌ترین نقطه)
	۵۰۰	Cellsize (اندازه سلول)
	-۹۹۹۹	NODATA_value (ارزش داده‌ای یافت نشده)

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

1. Spatial Analyst
2. Raster Calculator

www.SID.ir

Archive of SID

مرحلهٔ سوم: برای سنجش میزان جدایی خوشه‌ها، از توابع فاصله‌ای استفاده می‌شود. از جمله این توابع فاصله تابع اقلیدسی، تابع فاصلهٔ منهتن[1] است. تابع اقلیدسی زمانی به‌کار می‌رود که پارامترهای مورد بررسی وزن داشته باشند و تأثیر فاصله در آن‌ها بیشتر مشخص شود. در این پژوهش با توجه به اینکه تمام پارامترها و شاخص‌ها، دارای ارزش وزنی و تأثیر فاصله هستند، از تابع فاصلهٔ اقلیدسی استفاده شده است. پس از پردازش و تغییر لایه‌ها در دو مرحلهٔ قبل، در این مرحله داده‌ها وارد محیط متلب می‌شوند. بدین‌صورت که با استفاده از دستورهای بازخوانی فایل‌های قبل که از آن‌ها خروجی گرفته شد (Geotiffread یا load در این محیط) لایه‌ها یا تمامی فایل‌های Geotiff یا txt اضافه شدند. سپس دستور خوشه‌بندی k-means و FCM را اجرا کردیم:

۱. ابتدا اعدادی را از مقادیر تمامی ماتریس داده‌ها پیدا کردیم که کمیت ارزشی نامعلوم (no data value) با مقدار ۹۹۹۹ داشتند. سپس این مقادیر را از تمامی ماتریس داده‌ها کنار گذاشتیم. به عبارت دیگر، تمامی عناصر ماتریس را نابرابر با ۹۹۹۹- قرار دادیم (idx~= -9999) (اطلاعات بیشتر در جدول ۵ آمده است).

۲. با کنارگذاشتن مقادیر ۹۹۹۹- برای تمامی ماتریس داده‌ها، ماتریس‌های جدیدی ساخته شد. برای برابرکردن تعداد سطر و ستون تمامی ماتریس‌ها، بار دیگر مقادیر جدید را برابر مقادیر ماتریس اولیه قرار دادیم ((idx) تعداد عناصر (سطر و ستون) ماتریس قدیم = ماتریس جدید). سپس تمامی ماتریس دادها را در ماتریس جدیدی جای دادیم: [..,d,c,b,a] =(x) متغیر جدید.

۳. با ساختن متغیر جدید (x) تمامی نتایج را به‌صورت k مجموعه قرار دادیم و دستور k-means را اجرا کردیم. به نحوی‌که تمامی ماتریس داده‌ها را در فضای خوشه‌بندی و برحسب حداکثر شباهت به مرکز دسته یا تفاوت با آن، در ۴ گروه قرار دادیم. به عبارتی: result = kmeans (x,4).

۴. در آخرین مرحله، متغیر دیگری (r) ساخته شد که عناصر آن (سطر و ستون) را برابر ماتریس داده‌های اولیه قرار دادیم و نتیجهٔ نهایی را در آن لحاظ کردیم. به‌نحوی‌که ماتریس اولیه را برابر با r قرار دادیم: r = (idx) = result. سپس ماتریس را پردازش کردیم، در فرمت اولیه جای دادیم و بار دیگر در محیط Gis وارد کردیم تا نقشهٔ نهایی مناطق همگن براساس ۴ خوشهٔ شبیه به هم حاصل شود. جدول ۶ و شکل ۵ فرایند کلی عملیات را نشان می‌دهد.

جدول ۶. فرایند اجزای خوشه‌بندی

فرایند اجزای دستور FCM در محیط متلب
1. [center, U, obj_ fcn] = fcm (data, cluster_n)
2. data = rand (100, 2);
3. [center, U, obj_ fcn] = fcm (data, 2)
4. Plot (data(:,1)), data (:,2,'o');
5. (index1 = find)(U(1,:) == maxU);
6. (Index2 = find) (U(2,:) == maxU);
7. line (data (index1,1), data (index1, 2),'linestyle','none',…
8. line (data (index2,1),data (index2, 2),'linestyle','none',…

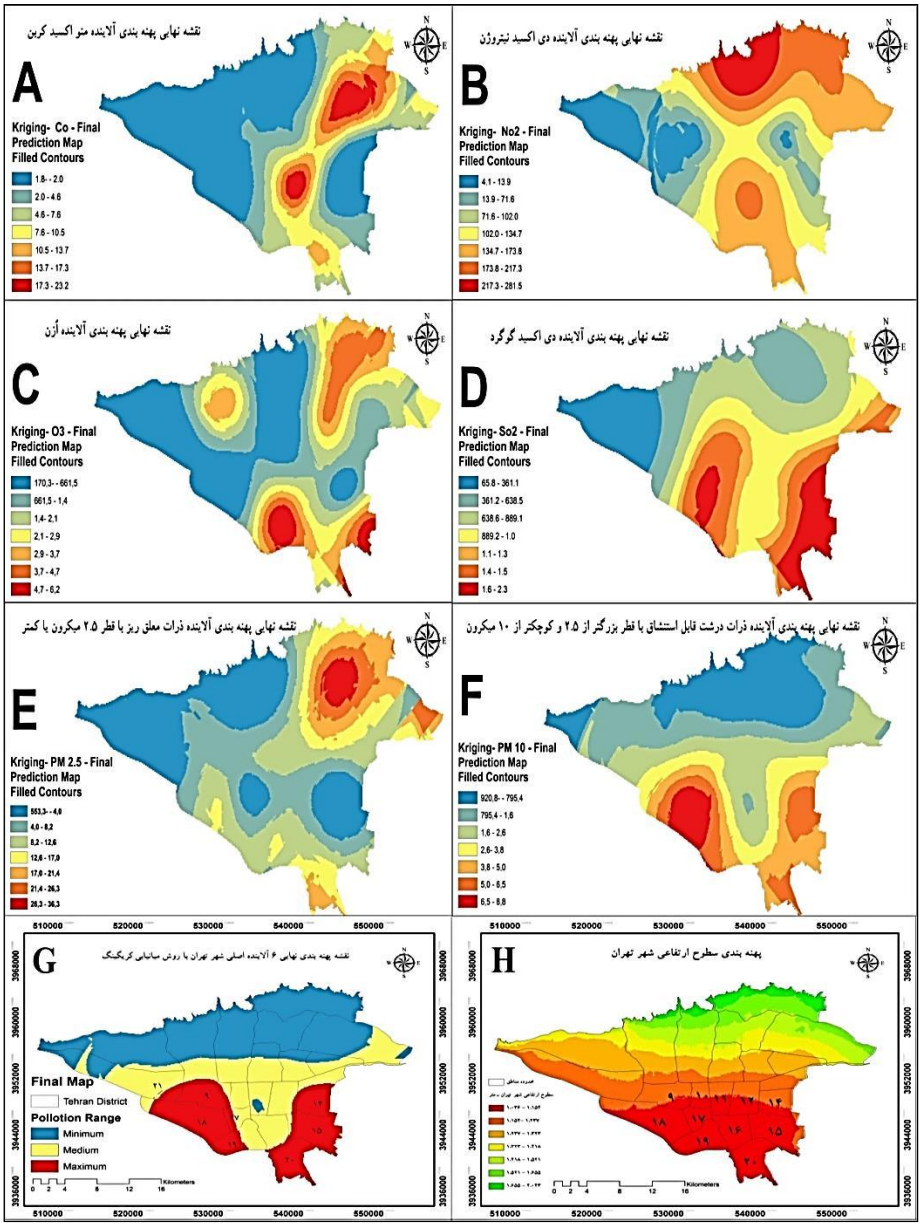
منبع: نرم‌افزار Matlab 2010

1. Manhattan distance

www.SID.ir

Archive of SID

تهران با حدود ۸/۵ میلیون نفر جمعیت، بیش از ۳/۵ میلیون دستگاه وسیلهٔ نقلیه دارد. روزانه ۱۶ میلیون سفر در تهران صورت می‌گیرد که از مجموع این سفرها، ۵۱ درصد با وسایل نقلیهٔ عمومی (۲۲ درصد با تاکسی، ۲۰ درصد با اتوبوس، ۹ درصد با مترو، ۸ درصد با سایر وسایل حمل‌ونقلی) و ۴۱ درصد با وسایل نقلیهٔ شخصی انجام می‌شود. با این حال سهم خودروها در آلودگی هوای تهران، ۸۲ درصد است؛ بنابراین، عمده‌ترین منبع آلوده‌کنندهٔ هوای این شهر، منابع متحرک (حمل‌ونقل) است که بین ۸۰ تا ۹۰ درصد نوسان دارد. درحالی‌که سهم منابع ثابت حداکثر ۲۰ درصد است. باید توجه داشت که عمده‌ترین آلاینده‌های هوای تهران، منواکسیدکربن (CO) و ذرات معلق (PM10) در هواست (هادی‌زنور و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۳).



شکل ۷. A-F: نقشه‌های نهایی پهنه‌بندی آلودگی هوا برای ۶ نوع آلاینده اصلی شهر تهران: Co، No2، O3، So2، 2.5 Pm و Pm10 طی سال‌های ۹۰- ۹۴؛ G: نقشهٔ پهنه‌بندی نهایی آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران با روش گریگینگ؛ H: نقشهٔ پهنه‌بندی سطوح ارتفاعی

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

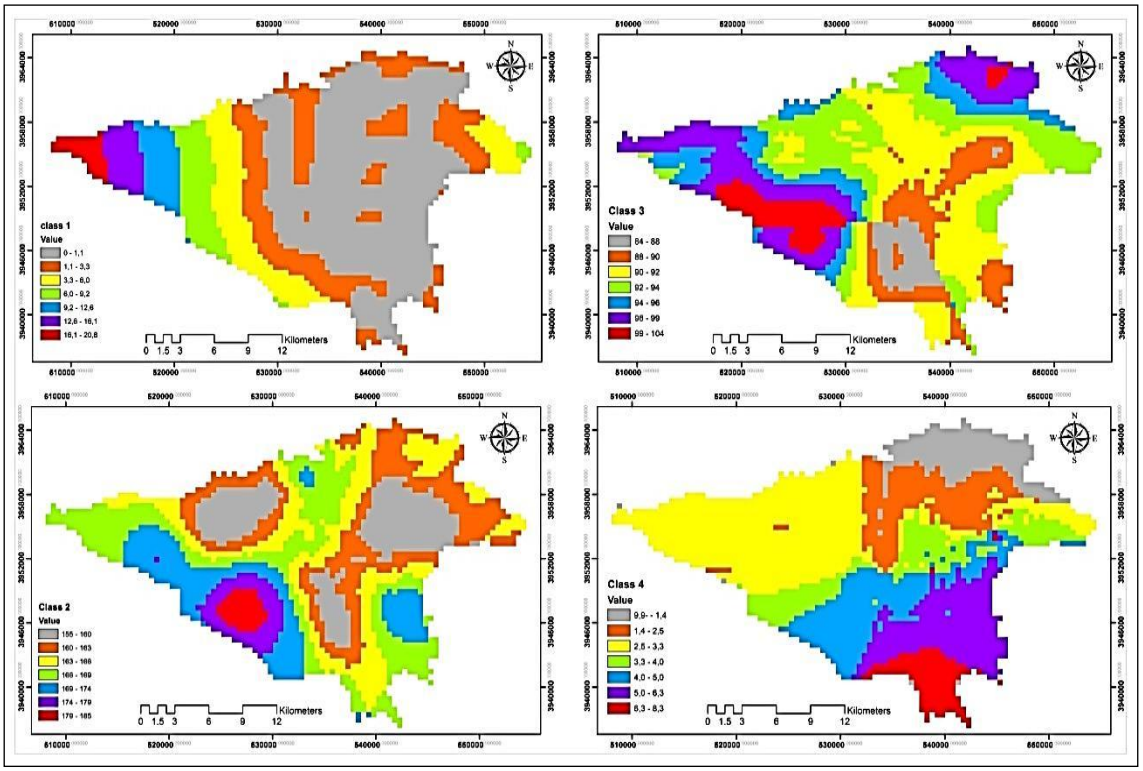
Archive of SID

غلظت آلاینده‌ها از منابع آلودگی متحرک، ثابت و توپوگرافی خاص شهر تأثیر می‌پذیرد. توزیع مکانی آن‌ها و احتمال آلودگی در هوای سطح یک شهر، یکنواخت نیست. در این میان، سهم زیادی که وسایل نقلیهٔ موتوری در آلودگی هوای شهرها دارند، سبب می‌شود با هر تغییری در اجزا و پارامترهای مختلف سیستم حمل‌ونقل، تأثیرات محسوسی بر میزان آلودگی مشاهده شود. براین‌اساس، مناطق مختلف شهر تهران از نظر شاخص‌های حمل‌ونقلی مانند تعداد سفر، نوع و میزان معابر، سرانه و تراکم معابر، درصد شبکه‌های کند و بحرانی و میزان عرضهٔ فضای پارکینگ و غیرهمگنی بوده است؛ بنابراین مناطق مختلف نقش‌های متفاوتی در آلودگی هوای ناشی از حمل‌ونقل شهری دارند (قراگوزلو و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۸).

با نگاهی به شکل ۷ و نقشه‌های نهایی پهنه‌بندی آلودگی هوا برای ۶ نوع آلایندهٔ اصلی حاصل از روش میان‌یابی مشاهده می‌شود که پهنه‌های حاصل از آلاینده‌ها بیشتر در حد فاصل محدوده‌های شمال، شمال شرقی، جنوب، جنوب شرقی و جنوب غربی کلان‌شهر تهران قرار دارند. در نقشهٔ پهنه‌بندی نهایی آلودگی هوا، نیمهٔ شمالی و نیمهٔ جنوبی شهر تهران دو وضعیت بسیار متفاوت را نشان می‌دهند.

سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی تمامی لایه‌های اطلاعاتی به همراه مقادیر خوشه‌بندی با استفاده از روش FCM، ۴ کلاس نقشه حاصل شد که در شکل ۸ مشاهده می‌کنید.

در مرحلهٔ آخر کلاس‌ها با هم تلفیق شدند. براساس شکل ۹، از روی‌هم‌گذاری لایه‌ها نقشهٔ نهایی آلودگی حاصل شد. در این روش پهنهٔ حاصل با روش میان‌یابی تطابق دارد.

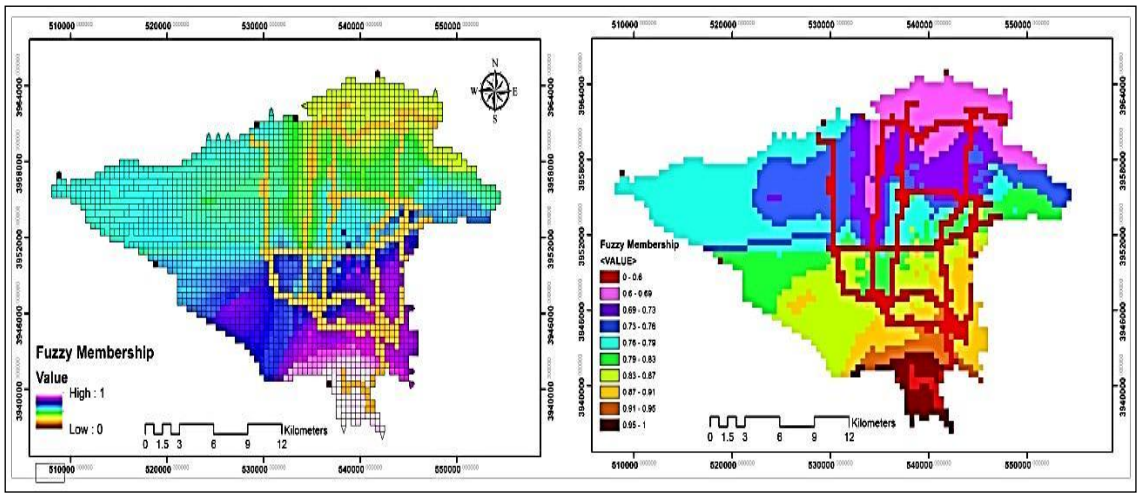


شکل ۸. چهار کلاس نقشهٔ به‌دست‌آمده برای تمامی لایه‌های اطلاعاتی به همراه مقادیر خوشه‌بندی با استفاده از روش FCM

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID



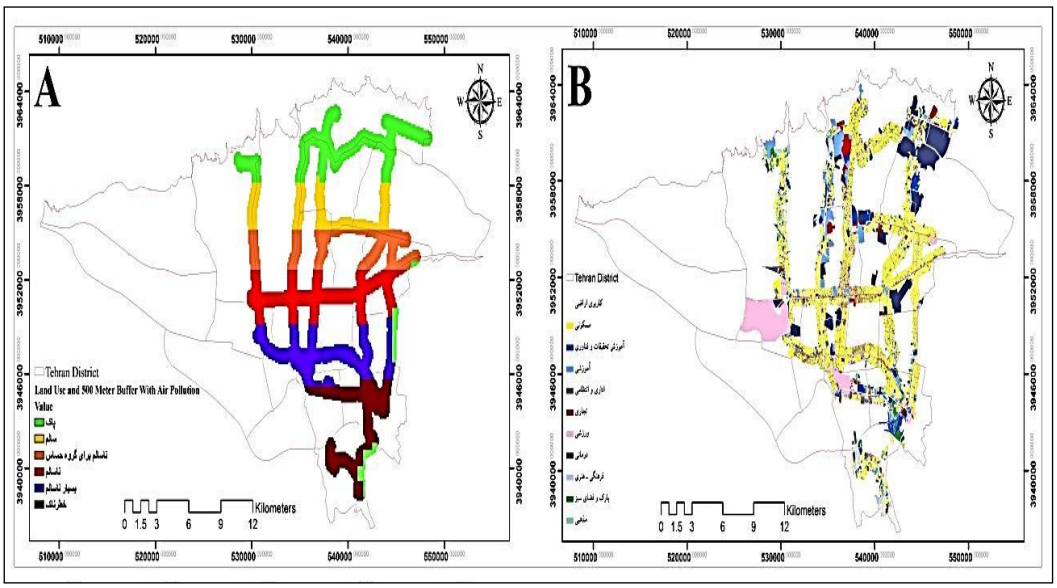
شکل ۹. نقشهٔ نهایی آلودگی با استفاده از روش FCM

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۷. سنجه‌های آلودگی به همراه شاخص کیفیت هوا AQI

سنجش نوع آلودگی	شاخص کیفیت هوا	سطح اهمیت بهداشتی
ازُن (O3 ppb)	۰ – ۵۰	پاک
دی‌اکسید کربن (Co ppm)	۵۱ – ۱۰۰	سالم
نیتروژن (No2 ppb)	۱۰۱ – ۱۵۰	ناسالم برای گروه حساس
دی‌اکسید سولفور (So2 ppb)	۱۵۱ – ۲۰۰	ناسالم
Pm 10	۲۰۱ – ۳۰۰	بسیار ناسالم
Pm ۲/۵	۳۰۱ – ۵۰۰	خطرناک

منبع: شرکت کنترل کیفیت آلودگی هوا وابسته به شهرداری تهران، http://air.tehran.ir

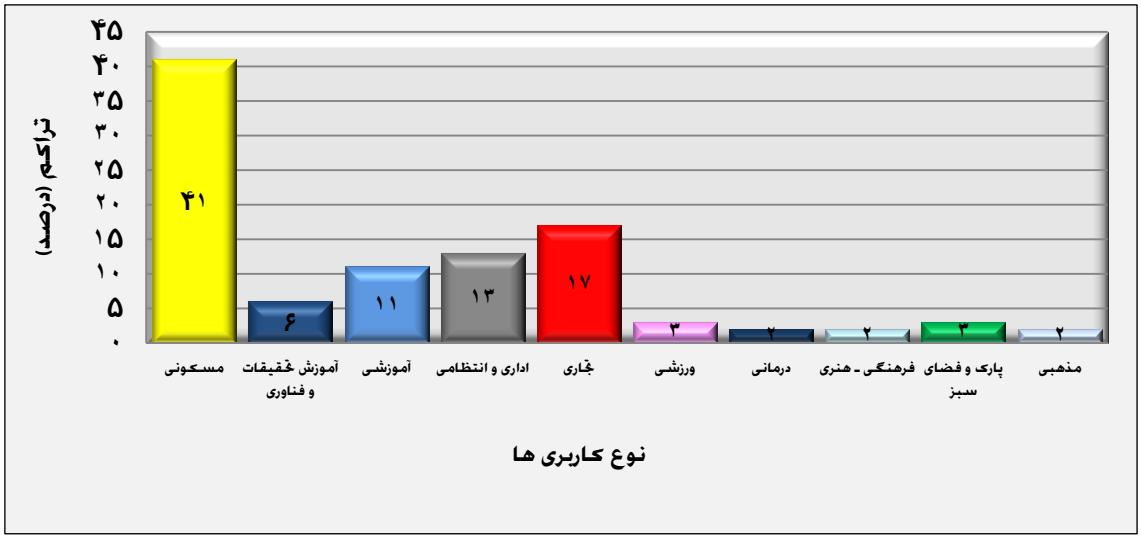


شکل ۱۰. A: نقشهٔ نهایی آلودگی در حریم ۵۰۰ متری خطوط بی‌آرتی؛ B: کاربری اراضی محدودهٔ خطوط

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

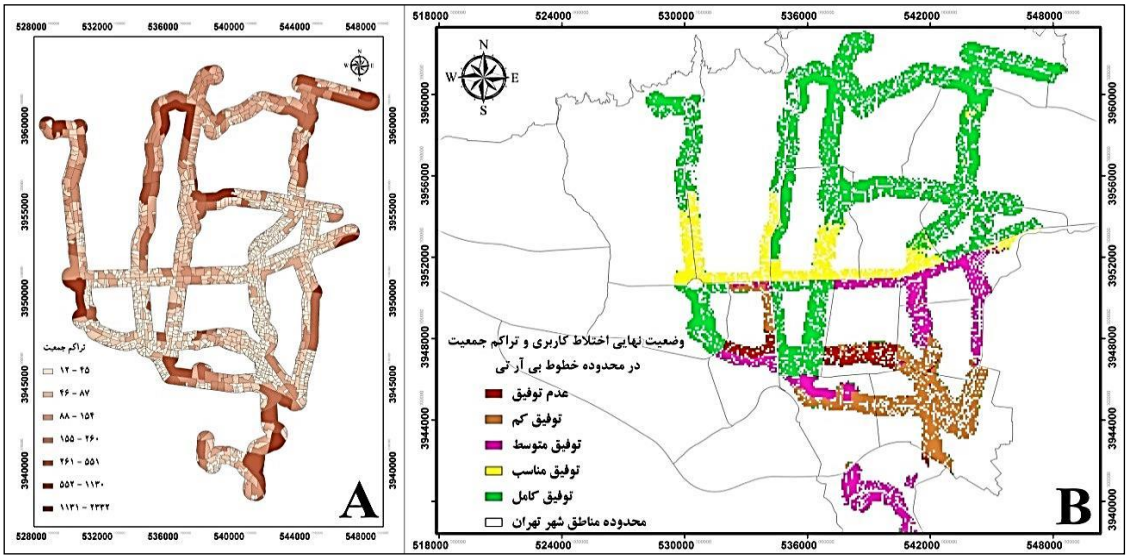
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱. درصد تراکم کاربری‌ها در محدودهٔ ۵۰۰ متری مسیر اتوبوس‌های تندرو

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۱۲. A: نقشهٔ تراکم جمعیت در محدودهٔ حریم ۵۰۰ متری خطوط؛ B. نقشهٔ نهایی تحلیل وضعیت تطابق اختلاط کاربری و تراکم جمعیت

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴

درنهایت با توجه به مقادیر جدول ۷، نقشهٔ نهایی کیفیت هوا (شکل ۱۰) ترسیم شد و لایهٔ خطوط بی‌آرتی روی آن قرار گرفت. همچنین از محدودهٔ خطوط، حریم ۵۰۰ متری لایه‌های کاربری اراضی منطقهٔ موردنظر و تراکم جمعیت تهیه شد، سپس از تلفیق این لایه‌ها (شکل ۱۲) نقشهٔ نهایی میزان انطباق خطوط بی‌آرتی شهر تهران با اهداف رویکردهای توسعه حمل‌ونقل محور حاصل شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به ماهیت توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی و اصول مثبت آن، طرفداران این توسعه معتقدند آنچه در طراحی

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم‌های شهری باید مورد توجه قرار بگیرد، تدوین برنامه‌های جامع شهری با هدف حداکثر تطابق ممکن میان سیاست‌های شهرسازی و کاربری زمین و از سوی دیگر سامانه‌های حمل‌ونقل شهری بهینه با توجه به خصوصیات شبکهٔ شهری است؛ بنابراین، در پژوهش حاضر نخست با درنظرگرفتن سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو شهر تهران (سیستم حمل‌ونقل عمومی)، میزان انطباق آن با اصول و الزامات فیزیکی رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور بررسی شد. سپس با توجه به اینکه یکی از اهداف کیفی توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور، زیست‌پذیری است (در این پژوهش آلودگی هوا) با استفاده از پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر تهران و انطباق آن با الزامات رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور در اطراف سامانهٔ اتوبوس‌های تندرو به این پرسش پاسخ داده شد که آیا ارتباطی میان این دو برقرار است یا خیر؟ براساس بخش اول نتایج، میزان انطباق‌پذیری در طی خطوط متفاوت است. در بعد اختلاط کاربری‌ها همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، به‌جز نواحی شمال، شمال شرقی و جنوب شهر تهران که اختلاط کاربری بیشتری دارند، در سایر نقاط به‌ویژه شرق، جنوب شرق و جنوب غرب اختلاط کاربری در حدفاصل حریم ایستگاه‌ها کمتر، و بیشتر شامل کاربری‌های مجزایی است که درون کاربری‌های مسکونی محصور شده‌اند. با توجه به شکل ۱۱، میزان هر کاربری در طی خطوط و البته با پراکندگی متفاوت در اطراف خطوط حمل‌ونقلی جای گرفته است که بیش از ۴۰ درصد کاربری‌ها مسکونی، ۱۷ درصد تجاری، ۱۳ درصد اداری و ۱۱ درصد آموزشی هستند. درواقع، این ترکیب نامناسب و پراکنش ناموزون کاربری‌ها در توسعه به‌گونه‌ای است که به درونی‌شدن سفرها در حوزهٔ توسعه منجر نشده است. بدین‌ترتیب افراد خود را ملزم می‌دانند از اتومبیل برای انجام کارهای روزمره‌شان استفاده کنند که این امر تقاضا برای سفر و متعاقب آن نیاز به پارکینگ و مواجه‌شدن با ترافیک را به‌دنبال دارد. در صورتی که کاربری مختلط در حوزهٔ توسعه وجود داشته باشد، سفر با حمل‌ونقل عمومی یا به‌صورت پیاده به مقاصد موردنظر در داخل حوزهٔ توسعه، عملی می‌شود. همچنین در بسیاری موارد، وضع موجود مانعی در این جهت محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که پهنه‌بندی سنتی بر توسعه با کاربری منفرد تأکید دارد که برای حفاظت از محله‌ها در مقابل کاربری‌های ناسازگار یا محدودکردن تراکم مسکونی است. برای این منظور لازم است پهنه‌بندی دوباره در طرح‌های جامع و تفضیلی بررسی و تنظیم شود و فواید اختلاط کاربری‌های همراه حمل‌ونقل عمومی مدنظر قرار بگیرد که این امر به میزان انطباق بیشتر حوزهٔ توسعه با رویکرد توسعه حمل‌ونقل‌محور منجر شود.

با توجه به بعد تراکم جمعیت (شکل ۱۲)، نیمهٔ شمالی، شمال شرقی، جنوب و حاشیهٔ غربی تهران تراکم جمعیت دارد. به این دلیل که این مناطق، زیرحوزهٔ دروازه‌ای محدودهٔ بلافصل ایستگاه و جایی است که مسافران به‌راحتی به خطوط حمل‌ونقل دسترسی دارند. همچنین در این مکان‌ها، مناسب‌ترین ارتباط و اتصال میان افراد وجود دارد. براین‌اساس می‌توان با دسترسی هرچه بهتر، افراد را به استفاده از حمل‌ونقل عمومی ملزم کرد و سفر با اتومبیل را کاهش داد. البته این مورد زمانی تأثیرگذارتر خواهد بود که بیشترین ارتباط از طریق سامانهٔ حمل‌ونقل عمومی میان مقاصد ساکنان و کاربران با دیگر نقاط شهر صورت بگیرد. علاوه‌براین، ارائهٔ سطح بالاتری از کیفیت و نحوهٔ سرویس‌دهی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی الزامی است تا مسافران بیشتری به استفاده از حمل‌ونقل عمومی تشویق شوند. همچنین عوامل دیگری بر کارایی توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی تأثیر زیادی دارند. از جمله میزان دسترسی به پارکینگ و هزینهٔ آن، ضعف کیفیت محیط پیاده‌روها و راه‌های ارتباطی پیاده از محله‌های اطراف به حوزهٔ توسعه، به صورتی که اتومبیل در آنجا پارک نشود و محله‌ها را به‌سوی شیوهٔ زندگی باکیفیت و بدون خودرو کمک کنند و... در این میان می‌توان با بهبود این شاخص‌ها، به کاهش سفرهای درون‌شهری، ترافیک و معضلات آن امیدوار بود.

با توجه به نقشهٔ نهایی (شکل ۱۲) که دو لایه اختلاط کاربری اراضی و تراکم جمعیت با هم تلفیق شده‌اند، هرچقدر از نواحی شمالی به جنوب شهر حرکت می‌کنیم، انطباق کمتر می‌شود و در مناطق ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶و ۲۰ شاخص تراکم جمعیت و اختلاط کاربری کمترین انطباق را با الزامات رویکرد توسعه حمل‌ونقل محور دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

در بخش دوم پس از تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی آلودگی برای شش آلاینـدهٔ اصـلی شـهر تهـران در سـال‌هـای ۹۰- ۹۴، مشخص شد که میزان آلودگی هوا در شهر تهران بسیار بحرانی است و پراکندگی و غلظت آلاینـده‌هـا در نقـاط مختلـف شهر متفاوت است. در این میان، کیفیت هوا در مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ بحرانی‌ترین وضـعیت را دارد. براساس مقایسهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی آلودگی با نقشهٔ میزان انطباق الزامات رویکرد حمل‌ونقل‌محور، وضـعیت کیفیـت هـوا در مناطقی که کمترین انطباق را دارند، بسیار نامناسب است. به‌طورکلی در بررسی رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محـور در طـول خطوط سامانهٔ اتوبوس‌رانی شهر تهران مشاهده می‌شود که این خطوط به‌طور گسترده و یکپارچه انطباق زیادی با رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور ندارند. به‌طور کلی می‌توان گفت فراهم‌نبودن الزامات رویکـرد در اطـراف خطـوط مـانع از تحقـق اهداف شده است.

پیشنهاد می‌شود در طرح‌هایی این‌چنین برای کلان‌شهر تهران و سایر کلان‌شهرها، همچنـین در تـدوین طـرح‌هـای جامع و تفصیلی، به ماهیت و ملزومات این شکل از توسعه توجه شود. از سوی دیگر، برای بهره‌گیری از منافع این شـکل از توسعه با تأکید بر لزوم مطالعات کاربری زمین، تجزیه‌وتحلیل سفرهای کاری و غیرکـاری و درک متغیرهـا و نیروهـای بازار به‌منظور تأسیس مراکز توسعهٔ حمل‌ونقل‌محور موفق و تأثیرگذار در کاهش ازدحام ترافیکی و ایجاد اجتماعی زیست-پذیر اقدام شود.

منابع

۱. افراخته، حسین و یاسر بستانی املشی، ۱۳۸۹، **روشی جدید به‌منظور خوشه‌بندی داده‌های سرعت باد در نیروگاه‌های بادی با استفاده از الگوریتم‌های FCM و PSO**، نشریهٔ مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، دورهٔ ۸ شمارهٔ ۳، صص ۲۱۰-۲۱۴.

۲. بهزادفر، مصطفی و مریم ذبیحـی، ۱۳۹۰، **راهنمای برنامه‌سازی حوزه‌های شهری در چارچوب توسعهٔ مبتنی بر حمـل‌ونقـل عمومی**، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی باغ نظر، سال هشتم، شمارهٔ ۱۸، صص ۳۹-۵۰.

۳. حسینی، سیدعلی، یوسف بهرامی و ایرج قادری‌مطلق، ۱۳۹۳، **تحلیل تأثیر عملکردهای محله‌ای بر رفتار سفر شهروندان (مورد مطالعه: شهر رشت)**، فصلنامهٔ پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، صص ۶۵۷-۶۷۶.

۴. خداوردی نلخاصی، ام‌سلیمه، امیر روحی و الهام فلاح منشادی، ۱۳۹۳، **آشنایی با توسعهٔ شهری بدون خـودرو (نمونـهٔ مـوردی: محلهٔ کن)**، دانش‌شهر، شمارهٔ ۲۷۷، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.

۵. دل‌انگیزان، سهراب، آزاد خانزادی و مریم حیدریان، ۱۳۹۳، **بررسی اثرات تغییر قیمت سوخت بر تولید گازهـای گلخانـه‌ای در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران؛ رویکرد حداقل مربعات پایدار (RLS)**، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی اقتصاد مقداری، دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۴، صص ۴۷-۷۷.

۶. رفیعیان، مجتبی و همکاران، ۱۳۹۲، **ارائهٔ فرایند طراحی شهری اجتماعات محلی با تأکید بر رویکرد توسـعهٔ حمـل‌ونقـل-محور**، فصلنامهٔ مطالعات شهری، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۶، صص ۵۹-۷۴.

۷. رفیعیان، مجتبی، حدیثه عسگری تفرشی و اسفندیار صدیقی، ۱۳۸۹، **کاربرد رویکرد توسعهٔ حمل‌ونقل‌محـور (TOD) در برنامـه ریزی کاربری زمین‌های شهری (نمونهٔ مطالعه: ایستگاه مترو صادقیه)**، مدرس علوم انسانی، برنامـه‌ریـزی و آمـایش فضـا، دورهٔ ۱۴، شمارهٔ ۳، صص ۲۹۵-۳۱۲.

۸. سرور، رحیم و مهدی امینی، ۱۳۹۲، **تحلیل و ارزیابی تأثیر اجتماعی-فرهنگی ترافیک و حمل‌ونقل شهری**، چاپ اول، انتشارات تیسا، تهران.

۹. سلطانی، علی، ۱۳۹۰، **مباحثی در حمل‌ونقل شهری با تأکید بر رویکرد پایداری**، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.

۱۰. عباس‌زادگان، رضا، راضیه رضازاده و مریم محمدی، ۱۳۹۰، **بررسی مفهوم توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی و جایگاه مترو**

www.SID.ir

Archive of SID

شهری تهران در آن، فصلنامهٔ باغ نظر، سال هشتم، شمارهٔ ۱۷، صص ۴۳-۵۸.

۱۱. کاظمیان، غلامرضا و همکاران، ۱۳۹۳، **مدیریت شهری**، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات تیسا، تهران.

۱۲. قراگوزلو، علیرضا، علی‌اصغر آل شیخ و مهیار سجادیان، ۱۳۹۰، **تحلیلی تطبیقی بر نقش حمل‌ونقل شهری در آلودگی هوا به تفکیک مناطق شهرداری کلان‌شهر تهران (منوکسیدکربن) با بهره‌گیری از GIS**، فصلنامهٔ جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس، دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱۲، صص ۲۱-۴۰.

۱۳. هادی زنوز، بهروز و همکاران، ۱۳۹۰، **پیامدهای بیرونی حمل‌ونقل با خودرو شخصی در شهر تهران**، فصلنامهٔ اقتصاد مقداری (فصلنامهٔ بررسی‌های اقتصادی)، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲، صص ۵۱-۷۷.

14. Abbaszadegan, R., RezaZadeh, R., and Mohammadi, M., 2011, Transit Oriented Development and Role of Tehran Subway System, Journal of Bagh-E Nazar, Vol. 8, No. 17, PP. 43-58. (In Persian)

15. Afrakhteh, H., and BostaniAmlashi, Y., 2010, A New Method for Clustering Wind Speed Data in Wind Power Plants Using Fcm and Pso Algorithms, Iranian Journal of Electrical Engineering and Computer Engineering, Vol. 8, No. 3, PP. 210- 214. (In Persian)

16. Arrington, G. B., 2002, Statewide Transit-Oriented Development Study: Factors for Success in California: Technical Appendix.

17. Behzadfar, M., and Zabihi, M., 2011, Transit-Oriented Development: Plan Making Guideline in Urban Areas, Journal of Bagh-E Nazar, Vol. 8. No. 18, PP. 39-50. (In Persian(

18. Belzer, D., and Autler, G., 2002, Transit Oriented Development: Moving from Rhetoric to Reality (PP. 6-15). Washington DC: Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy.

19. CANPZD, 2006, Transit Oriented Development (TOD) Guidebook, City of Austin Neighborhood Planning and Zoning Department, Austin: Metropolitan Council.

20. Cervero, R., 2004, Transit-Oriented Development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects (Vol. 102). Transportation Research Board.

21. Delangizan, S., Khanzadi, A., and Heidarian, M., 201), Studying the Effects of Fuel Price Changes on Greenhouse Gas Emissions in the Road Transportation Sector of Iran; Approach of Robust Least Squares, Journal of Quantitative Economics, Vo. 11, No. 4, PP. 47-77. (In Persian)

22. Dittmar, H., and Poticha, S., 2004, Defining Transit-Oriented Development: the New Regional Building Block, The New Transit Town: Best Practices in Transit-Oriented Development, PP. 20-55.

23. D'Urso, P., and Giordani, P., 2006, A Weighted Fuzzy C-Means Clustering Model for Fuzzy Data. Computational Statistics and Data Analysis, Vol. 50, No. 6, PP. 1496-1523.

24. Friedl, B., and Steininger, K. W., 2002, Environmentally Sustainable Transport: Definition and Long-Term Economic Impacts for Austria, Empirica, Vol. 29, No. 2, PP. 163-180.

25. Gharagozlou, A., AlSheikh, A. A, and Sajjadian, M., 2012, Comparative Analysis on the Role of Urban Transport in Metropolitan Tehran Municipality in Terms of Air Pollution (Carbon Monoxide) Using GIS, Geographic Scope of the Zagros Journal, Vol. 4 , No. 12, PP. 21-40. (In Persian)

26. HadiZonooz, B. et al., 2012, The External Effects of Transport by Private Car in Tehran, Journal of Quantitative Economics (Journal of Economic Studies), Vol. 8, No. 2, PP. 51- 77. (In Persian)

27. Hasibuan, H. S. et al., 2014, The Role of Transit Oriented Development iIn Constructing Urban Environment Sustainability, the Case of Jabodetabek, Indonesia, Procedia Environmental Sciences, Vol. 5, No. 20, PP. 622-631.

28. Houpin, S., 2010, Urban Mobility and Sustainable Development in the Mediterranean Regional Diagnostic Outlook, United Nations Environment Programme Mediterranean Action Plan, Report, PP. 1-24.

29. Hosseini, A., Bahrami, Y, and GhaderiMotlagh, E., 2014, An Analysis About the Influence of

www.SID.ir

Archive of SID

Neighborhood Functions on Travel Behavior of Citizens (Case Study: Rasht City), Human Geography Research Quarterly, Vol. 46, No. 3, PP. 657-676. (In Persian)

30. Iams, A., and Kaplan, P., 2006, Economic Development and Smart Growth. International Economic Development Council, Research Record.

31. Isaksson, R., 2006, Total Quality Management for Sustainable Development: Process Based System Models, Business Process Management Journal, Vol. 12, No. 5, PP. 632-645.

32. ITDP (Institude for Transiportation Development Policies), 2013, TOD Standards V1.0, Nelson Nygrad, Newyork.

33. Kazemian, G. R. et al., 2015, Urban Management, Vol. 1, Second Edition, Published Tissa, Tehran. (In Persian)

34. Khodaverdi Nalkhasi, O., Rouhi, A., and Fallah Menshadi, E., 2015, Introduction to Urban Development without Vehicle (Case Study: Kan Neighborhood), Knowledge City, No. 277, Centre for Studies and Planning in Tehran. (In Persian)

35. Kittelson and Associates, Herbert S. Levinson Transportation Consultants, DMJM+ HARRIS, Transit Cooperative Research Program, United States, Federal Transit Administration, and Transit Development Corporation, 2007, Bus Rapid Transit Practitioner's Guide (Vol. 118), Transportation Research Board.

36. Levinson, H. et al., 2003, TCRP. Report 90 Bus Rapid Transit, Case Studies in Bus Rapid Transit, Washigton, DC: Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board.

37. Loukaitou-Sideris, A., 2010, A New-Found Popularity for Transit-Oriented Developments? Lessons From Southern California, Journal of Urban Design, Vol. 15, No. 1, PP. 49-38.

38. Nelson, D., Niles, J., and Hibshoosh, A., 2001, A New Planning Template for Transit-Oriented Development, Vol. 1, Mineta Transportation Institute, San José State University.

39. Pendyala, R. M., and Kitamura, R., 2007, The Rapid Motorization of Asia: Implications for the Future, Transportation, Vol. 34, No. 3, PP. 275-279.

40. The London Transport Travel Market, 2009, Digest of Statistics, Available At: http://Urban-Renaissance.Org.

41. Rafieian, M., AsgariTafreshi, H, and Sedighi, E., 2010, The Use of Transit-Oriented Development Approach (TOD) in Urban Land Use Planning (Case Study: Sadeghiyeh Subway Station), The Journal of and Spatial Planning, Vol. 14, No. 3, PP. 295-312. (In Persian)

42. Rafieian, M., 2013, Providing Local Communities with Emphasis on the Process of Urban Planning Transit-Oriented Development Approach, Journal of Urban Studies, Vol. 2 , No. 6, PP. 59-74. (In Persian)

43. Sarver, R. and Amini, M., 2014, Analysis and Evaluation of Socio-Cultural Impact of Traffic and Urban Transportation, First Edition, Publishing Tissa, Tehran. (In Persian)

44. Soltani, A., 2012, Discussions on Urban Transport with a Focus on Sustainability Approach, Shiraz University, Shiraz. (In Persian)

45. Topp, H. H., 2005, The South American Bus Rapid Transit Systems and the Renaissance of Tram and Light Rail in Europe, Revista De Ingeniería, No. 21, PP. 116-120.

46. Vuchic, V. R., 2005, Urban Transit: Operations, Planning, and Economics.

www.SID.ir