



Urban Ecological Research

Open
Access

ORIGINAL ARTICLE

The Analysis of the Metropolises Spatial Organization Role in the Low Carbon Transportation, Case Study: Mashhad City

Mohammadreza Mirsaedi¹, Freshteh Ahmadi^{2*}, Moslem Seyed Alhossaini³, Amirhossain Shabani⁴

¹ Ph.D. Candidate, Department of Urban Planning, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

² Assistant Professor, Department of Urban Planning, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

³ Associate Professor Department of Urban Planning, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

⁴ Assistant Professor, Department of Urban Planning, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

Correspondence

Freshteh Ahmadi

Email:

fereshteahmadi2004@yahoo.com

How to cite

Mirsaedi, M.R., Ahmadi, F., Seyed Alhossaini, M., & Shaban, A.H. (2024). The Analysis of the Metropolises Spatial Organization Role in the Low Carbon Transportation, Case Study: Mashhad City. *Urban Ecological Research*, 14(4), 1-14.

ABSTRACT

The goal of this survey is the analysis of the influence of the city spatial organization and the study of the city commercial functioning in relation of each other. The mono centrality and the poly centrality of the cities have an important influence on the trip distances, preventing the waste of time and energy in the cities. The vehicles produce the greenhouse gases and increase the earth warming in a long run. The recognition of these factors can decrease the amount of greenhouse gasses and prevent the global warming. The type of research is practical and the analysis method is analytical descriptive. This research has been done after the scientific studies in order to estimate the greenhouse gases on the suggested Clean Development of CDM. The Mashhad metropolis spatial organization has been studied in two scenarios. The first scenario, namely the mono centrality of the existing city and the other scenario, along with triple centrality spatial organization, along the city structure have been considered. The Mashhad metropolis balanced spatial organization has decreased the greenhouse gas emission up to 43 percent for the private cars . The average trip distance, traveled by the private cars in balanced spatial organization is decreased about 4 kilometers. The decrease of the greenhouse emission rate for each passenger is 7.9 kilogram CO₂ . The distinction and innovation of this research is to examine the relationship between the centrality index in the spatial organization of metropolises and the amount of greenhouse gas emissions.

KEY WORDS

Spatial Organization, Greenhouse Gases, CBD, Transportation, Mashhad.





نشریه علمی

پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری

«مقاله پژوهشی»

تحلیل نقش سازمان فضایی کلان‌شهرها در حمل‌ونقل کم‌کربن، نمونه موردی: شهر مشهد

محمد رضا میرسعیدی^۱، فرشته احمدی^{۲*}، مسلم سید الحسینی^۳، امیرحسین شبانی شهرضا^۴

چکیده

هدف این پژوهش تحلیل تأثیر سازمان فضایی شهر و وضعیت ارتباطی عملکردهای تجاری آن با یکدیگر می‌باشد. تک مرکزی و چند مرکزی بودن شهرها می‌تواند تأثیر شگرف بر مسافت سفرها ایفا نماید و بدین ترتیب از اتلاف وقت و انرژی در شهرها جلوگیری شود. وسایل نقلیه موتوری تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای می‌باشند و موجب گرمایش زمین در طولانی‌مدت می‌شوند. شناخت این عوامل می‌تواند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده و از گرمایش زمین جلوگیری کند. نوع تحقیق کاربردی و روش بررسی توصیفی-تحلیلی می‌باشد. این تحقیق، پس از مطالعات علمی جهت برآورد گازهای گلخانه‌ای بر اساس فرمول‌های پیشنهادی توسعه پاک (CDM) انجام گرفته است. سازمان فضایی کلان‌شهر مشهد در دو سناریو مورد بررسی قرار گرفت. سناریو اول، سازمان فضایی تک مرکزی موجود شهر و سناریو دیگر شهر با سازمان فضایی سه مرکزی در امتداد استخوان‌بندی شهر در نظر گرفته شد. سازمان فضایی متعادل کلان‌شهر مشهد موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا حدود ۴۳ درصد در بخش خودروهای شخصی می‌شود. میانگین مسافت طی شده به‌وسیله خودروهای شخصی در سازمان فضایی متعادل حدود ۴ کیلومتر کاهش می‌یابد. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۷/۹ کیلوگرم CO₂ به ازای هر مسافر می‌باشد. وجه تمایز و نوآوری این پژوهش بررسی ارتباط شاخص مرکزیت در سازمان فضایی کلان‌شهرها و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

سازمان فضایی، گازهای گلخانه‌ای، مرکز تجاری، حمل‌ونقل، مشهد.

۱. دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.
۲. استادیار، گروه شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.
۳. دانشیار گروه شهرسازی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.
۴. استادیار، گروه شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.

نویسنده مسئول: فرشته احمدی
رایانامه:

fereshteahmadi2004@yahoo.com

استناد به این مقاله:

میرسعیدی، محمد رضا؛ احمدی، فرشته؛ سید الحسینی، مسلم و شبانی شهرضا، امیرحسین (۱۴۰۲). تحلیل نقش سازمان فضایی کلان‌شهرها در حمل‌ونقل کم‌کربن، نمونه موردی: شهر مشهد. فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۴(۴)، ۱-۱۴.

مقدمه

در طول ۵۵ سال اخیر، تمرکز CO₂ افزایش پیدا کرده است و از ۳۱۵ PPM^۱ در سال ۱۹۵۸ به ۴۰۰ PPM در سال ۲۰۱۳ رسیده است. هواشناسان اخطار داده‌اند که انسان ممکن است با نتایج خطرناکی روبه‌رو شود زمانی که تمرکز CO₂ از ۴۵۰ PPM عبور کند آن‌ها پیشنهاد کرده‌اند که سطح GMT بایستی زیر محدوده ۲ درجه نگه داشته شود (Showstack, 2013: 190-192).

در پاسخ به اخطار دانشمندان، برخی از کشورهای پیشرفته مانند آمریکا هدف بلند پروازانه‌ای را تنظیم کردند که طبق آن انتشار GHG ۱۷ درصد نسبت به سال ۲۰۰۵ در سال ۲۰۲۰ کاهش پیدا کند و این مقدار به ۸۳ درصد در سال ۲۰۵۰ برسد. البته اکثر سیاست‌های کنونی و پیشنهاد شده در آمریکا برای کاهش ثابت آب‌وهوا، به تکنولوژی و راه‌حل‌های قیمت‌گذاری مانند استانداردهای اقتصاد سوخت، سوخت‌های کم‌کربن و عوارض کربن بستگی دارد (Lee, 2015: 21).

در طول چند دهه گذشته، سازمان فضایی شهرها به‌طور پیوسته به سمت اغتشاش و بی‌نظمی رفته و از کنترل خارج شده است. این گرایش می‌تواند تأثیرات منفی روی گرمایش جهانی داشته باشد چراکه فواصل سفر افزایش پیدا کرده است، ازدحام ترافیک زیاد گردیده و مصرف انرژی‌های مناطق مسکونی اضافه شده است. در اضافه تغییر محیط ساخته شده می‌تواند اثرات بلندمدتی روی سفر فردی و الگوی مصرف مناطق مسکونی به دلیل بقای محیط ساخته شده داشته باشد. بنابراین تعداد زیادی از محققان عظمت مشکل را درک کردند و به دنبال تحقیقات تجربی زیادی رفتند تا روابط بین کاربری‌ها و رفتارهای سفر پایدار را کشف کنند. آن‌ها کشف کردند که ارتباطات خیلی مهم هستند ولی متوجه شدند که میزان تأثیرات در کلیت، کوچک‌تر از آن چیزی است که انتظار داشتند (Lee, 2015: 2). اکثر مطالعاتی که تاکنون انجام شده است بر محدوده و مقیاس کوچک جغرافیایی و عملکردی تأکید داشتند و به دنبال تفاوت‌های خصوصیات همسایگی در یک مقیاس خرد بودند. بنابراین محتمل است که تأثیر تغییر سازمان فضایی شهر نادیده گرفته شده است. در این تحقیق شهر مشهد به‌عنوان دومین کلان‌شهر کشور که علاوه بر جمعیت ساکن، همه‌ساله میزبان جمعیت زیادی مسافر از داخل و خارج می‌باشد، به‌عنوان نمونه موردی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته شده است.

مبانی نظری

چارچوب نظری

حرکت عامل اصلی پویایی زندگی شهری و تلاوم بخش کلیه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی در سطح شهرها است.

به‌طور کلی شرایط محیطی فقط به‌طور طبیعی در طول روزها، فصول و سال‌ها در نتیجه توده‌های طبیعی دما تغییر نمی‌کند. تله‌های انسانی گازهای گلخانه‌ای مسئول گرم‌تر کردن زمین هستند و هم‌اکنون بسیاری از رشد شهری در جهان با مدیریت ضعیف، گسترش غیرمتمرکز و موتوریزاسیون معمولی مشخص شده‌اند. فعالیت‌های انسانی موجب انتشار گازهای گلخانه‌ای به جو زمین شده و به‌مرور زمان این گازها به‌مانند یک‌لایه ضخیم از خروج گرمای زمین جلوگیری می‌کنند. گازهای گلخانه‌ای انسانی منتشر شده به جو شامل کربن دی‌اکسید^۲، متان^۳، دی‌نیتروژن اکسید^۴ و چندین ماده دیگر فلورایدی حاوی هالوژن می‌باشد. گرچه گازهای گلخانه‌ای CO₂، CH₄ و N₂O به‌طور طبیعی در جو رخ می‌دهد اما از طرفی فعالیت‌های انسانی به‌طور چشمگیری باعث افزایش غلظت آن‌ها در اتمسفر می‌شود (Fernandez & Zubelu, 2016: 1).

از طرفی دیگر کنفرانس طرفین سال ۲۰۱۵ در پاریس (COP21)^۵، نگرانی جهانی در مورد تغییرات آب‌وهوایی شدید را در آینده نزدیک، در صورتی که اقدامی انجام نشود، نشان داده است. موافقت‌نامه‌هایی که در این کنفرانس به دست آمده است، مرجع تعهدات همه کشورها است. بسیاری از موارد مرتبط به مسائل مربوط به این موافقت‌نامه وجود دارد، اما شاید در رابطه با رد پای کربن و پیامدهای آن، مهم‌ترین آن‌ها تقویت سیاست‌های متمرکز بر پایه کاهش انتشار یا جبران خسارت می‌باشد.

در این میان ملت‌ها برنامه‌های زیادی برای کاهش و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد کرده‌اند، اما همان‌طور که در توافقنامه COP21 منعکس شده، تلاش‌های انجام شده در این زمینه قادر به کنترل میزان افزایش نبوده است. یک پارادایم جدید به‌منظور کاهش و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای باید توسعه یابد که نه تنها بزرگ‌ترین فعالیت‌های آلوده‌کننده، بلکه بر فعالیت‌های مشترک اقتصادی و فردی متمرکز باشد.

از سوی دیگر میانگین دمای جهانی (GMT)^۵ پیش‌بینی شده است که در سال ۲۱۰۰ به‌طور خوش‌بینانه از ۱/۱ درجه سانتی‌گراد تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا خواهد کرد و این در صورتی است که بر اساس گزارش کارگروه مطالعات تغییرات آب‌وهوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG)^۶ از فعالیت‌های انسانی، در این مدت محدود نشود.

1. CO₂
2. CH₄
3. N₂O
4. Confrence of the Parties
5. Global Mean Temperture
6. Greenhouse Gas

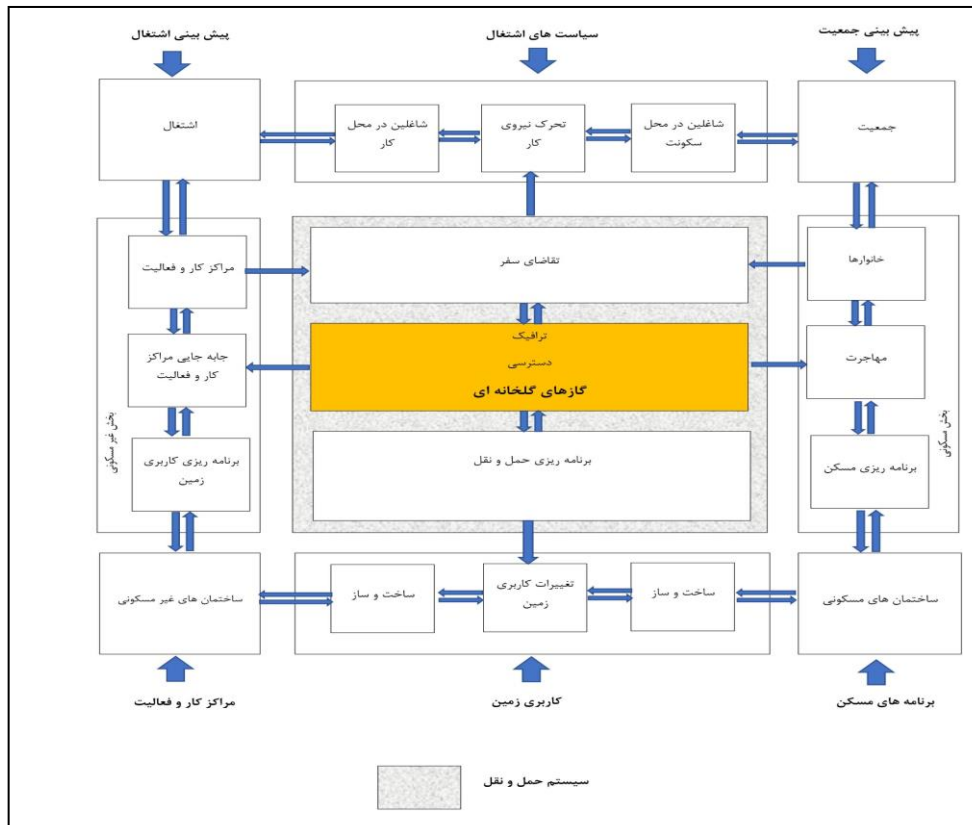
7. Parts per million

ترابری‌های امروزه در تعیین مکان فعالیت‌ها و مسکن نقش محرکی را بازی می‌کنند؛ برنامه‌ریزی‌های بلندمدت برای ساختمان‌ها و تجهیزات غیرمنقول مؤسسات و ساختمان‌سازان بستگی به تأسیسات زیربنایی حمل‌ونقل و ارتباطات دارد و نزدیکی فرودگاه یا خروجی یک آزادراه موقعیتی مناسب محسوب می‌شوند. مرکز تجاری یا فعالیت‌های صنعتی معمولاً در نزدیک شبکه راه‌ها توسعه می‌یابد (Bento et al, 108: 2004). امروزه رشد شهرنشینی و ازدیاد تعداد خودروها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه باعث افزایش تراکم در مراکز شهری و بالطبع افزایش اتلاف وقت و صرف هزینه‌های سنگین برای مردم و ساکنان شهر شده و همچنین منجر به افزایش میزان تصادفات ترافیکی در شبکه‌های معابر گردیده که به هیچ عنوان برای عبور حجم و نوع ترافیکی که در حال حاضر می‌بایست از خود عبور دهند، طراحی نشده‌اند (ضیاعی، ۱۳۹۲: ۱). از دیگر اثرات بلندمدت پروژه‌های توسعه معابر، ایجاد الگوی کاربری زمین وابسته به خودرو است. در طول زمان، سیستم حمل‌ونقل و الگوی کاربری زمین بیشتر به خودرو وابسته می‌شوند. بنابراین، مردم برای اینکه بتوانند به یک سطح خاص از کالا و خدمات دست یابند، مجبور به راندگی بیشتر می‌شوند (Lee et al, 53: 1999). در شکل ۱ نیز نقش سیستم حمل‌ونقل در سازمان فضایی شهرها نشان داده شده است.

همچنین، حمل‌ونقل و زیرساخت‌های مرتبط با آن هم به صورت مستقیم و هم با واسطه بر توسعه کالبدی شهرها اثرگذار هستند. حمل‌ونقل به‌راستی سازنده و شکننده شهرها می‌باشد (Clark, 240: 1957). مقدار زمین اختصاص داده شده به حمل‌ونقل غالباً وابسته به میزان جابه‌جایی‌ها می‌باشد.

در زمان پیش از ورود اتومبیل به شهرها در حدود ۱۰ درصد از اراضی شهری به حمل‌ونقل اختصاص داشت. از زمانی که حمل‌ونقل مردم و کالا افزایش پیدا کرد سهم اراضی شهری که به حمل‌ونقل و زیرساخت‌های وابسته به آن اختصاص پیدا کرد افزایش یافت. دگرگونی گسترده اثر فضایی حمل‌ونقل بر فرم شهری در بسیاری از بخش‌های مرکزی و پیرامونی شهرها به‌خوبی قابل مشاهده است (Rodrigue et al, 176: 2006). بررسی مراحل رشد و توسعه فضایی شهرهای جهان از گذشته تا به امروز نشان می‌دهد که تغییرات فناوری قرن اخیر بخصوص تکنولوژی حمل‌ونقل، باعث رشد سریع فیزیکی این شهرها و تبدیل شهرها از فرم ارگانیک به گسترده شده است. به همین دلیل در سال‌های اخیر شاهد واکنشی به پراکندگی شهری در شکل طرح رشد هوشمند بوده‌ایم. تلاش‌هایی برای محدود کردن رشد شهری یا تغییر شکل آن به علت سه نگرانی زیر به اجرا درآمدند:

حفظ فضای باز و ایجاد توسعه شهری که از نظر زیباشناختی جذاب‌تر باشد، کاهش هزینه‌های خدمات عمومی و کاهش وابستگی به خودرو شخصی که باعث به وجود آمدن پراکنش شهری شده است (Bento et al, 211: 2004).



شکل ۱. نقش سیستم حمل‌ونقل در سازمان‌یابی فضای شهری

۳. ایجاد شبکه‌ای از بزرگراه‌ها و شریان‌ها که مطابق نیازهای ترافیکی وسایل نقلیه و عابران پیاده و پاسخگوی نیازهای پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی باشد.

سیاست‌گذاری در مقیاس خرد با هدف ایجاد برای صحیح برای تصمیم‌گیران در مورد تقاضاهای آتی توسعه، نیازمند برنامه‌ریزی‌های کوتاه یا میان‌مدت برای واحدهای همسایگی/ محلات (۵ تا ۱۰ ساله) است. مؤلفه‌های این برنامه شامل موارد زیر است:

۱. توصیه توسعه‌هایی با تراکم بالا و کاربری‌های مختلط برای محلات با دامنه‌ای از انواع مسکن که در شبکه‌های ارتباطی حق تقدم با عابران پیاده است؛

۲. طراحی شبکه‌هایی از خیابان‌های محلی که مناسب حمل‌ونقل عمومی باشد؛

۳. طراحی مناسب برای عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و وسایل نقلیه شامل پیاده‌روها، پارکینگ‌ها، مسیرهای دوچرخه‌سواری، قرارگیری مناطق پرتراکم نزدیک به ایستگاه‌های وسایل نقلیه عمومی و در نظر گرفتن مکان‌هایی برای تخلیه بار در کنار خیابان‌ها (منوری، ۱۳۹۶: ۱۷۸). در شکل ۲ ارتباطات فضایی در ساختار شهرها به تصویر در آمده است.

تغییر ساختار شهری و کاربری اراضی با هدف افزایش تراکم، استفاده از فضاهای خالی موجود در بافت شهری و ایجاد کاربری‌های مختلط، در پی کاهش وابستگی به وسایل نقلیه شخصی با ایجاد مسافت‌های سفری کوتاه‌تر و سوق دادن مدل‌های حمل‌ونقل به سوی پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی است که می‌تواند در هر دو مقیاس کلان (همه نواحی شهر) و مقیاس خرد (واحدهای همسایگی و محلات یک ناحیه شهری) به کار گرفته شود.

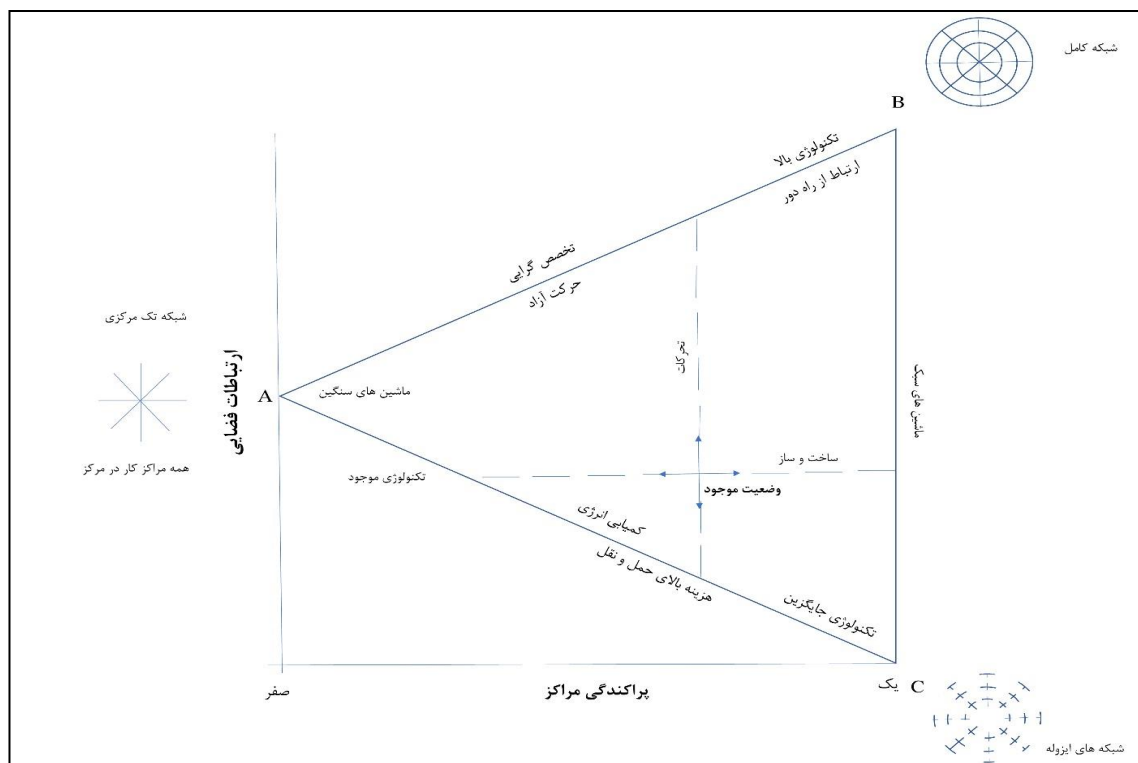
سیاست‌گذاری در مقیاس کلان نیازمند برنامه‌ریزی برای توسعه بلندمدت شهری (۳۰ تا ۵۰ ساله) است. در این برنامه‌ریزی باید تمامی نیازهای اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی دیده شود و با حمل‌ونقل و کاربری اراضی تلفیق گردد.

مؤلفه‌های این برنامه عبارت‌اند از:

۱. ایجاد توسعه‌هایی با تراکم بالا و کاربری‌های مختلط در

امتداد مسیرهای حمل‌ونقل عمومی؛

۲. تقدم ایجاد حمل‌ونقل عمومی در جاهایی که تراکم‌ها و سطح تقاضا، آن را ممکن می‌سازد؛



شکل ۲. ساختار شهری و ارتباطات فضایی

پیشینه پژوهش

تاکنون مقالات، کتب و رسالاتی به انجام رسیده است که با توجه به نوپا بودن مسئله به خصوص در ایران، این تحقیقات به ابعاد گوناگونی از پژوهش به‌طور موردی پرداخته‌اند.

عبادی نیا (۱۳۹۶) در رساله دکتری خود به‌عنوان «بررسی تأثیر فرم شهر مشهد بر توسعه حمل‌ونقل کم کربن با رویکرد استراتژیک» شهر مشهد را به سه دسته مناطق و سه رویکرد استراتژیک مشخص تقسیم‌بندی کرده و در آن سیاست‌های کاربردی و مفید در هر منطقه در راستای توسعه حمل‌ونقل کم کربن و متناسب با ویژگی‌های فرم شهری مشهد ارائه می‌نماید.

حاجی‌پور و فروزان (۱۳۹۳) در مقاله «بررسی تأثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی (نمونه موردی: شهر شیراز)» به این رسیدند که بین الگوی سکونت و میزان مصرف انرژی عملکردی، رابطه همبستگی قوی وجود دارد. همچنین بین کیفیت بنای ساختمان، عمر ساختمان، نوع سازه و مساحت با میزان مصرف انرژی عملکردی رابطه همبستگی با شدت متوسط برقرار است.

عباسی و حاجی‌پور (۱۳۹۳) در مقاله خود با عنوان «تحلیل تجربی تأثیر فرم شهر بر رفتار سفر خانوارها در محلات مختلف شهری شیراز» به این نتایج رسیدند که ارتباط بین متغیرهای فرم شهری و رفتار سفر وجود دارد و خانوارهای ساکن در محله‌های نزدیک به مرکز شهر، با تراکم و اختلاط کاربری بالا، رفتار سفر متفاوت‌تری با ساکنین سایر محله‌ها دارند.

نتایج پژوهش مشکینی و همکاران (۱۳۹۳) به‌عنوان «تحلیل عملکرد مدیریت شهری در عدم تعادل فضایی میان نواحی شهری قائم‌شهر»، بیانگر نابرابری توزیع در میزان دستیابی ساکنان نواحی به خدمات و نابرابری در میزان تخصیص و تحقق هزینه‌هاست؛ به‌گونه‌ای که نواحی مرکزی و غرب شهر از بالاترین سطح دستیابی به خدمات و تخصیص و تحقق هزینه‌ها برخوردارند؛ در حالی که نواحی شرقی پایین‌ترین سطح دسترسی به خدمات و منابع را دارند؛ و تمرکز منابع و خدمات در بعضی نواحی و دوگانگی و بی‌عدالتی در قائم‌شهر را نشان می‌دهد. از مهم‌ترین دلایل این نابرابری‌ها، بی‌توجهی به اصول و معیارهای عدالت فضایی در سیاست‌گذاری‌های مدیریت شهری است.

براتی و سردره (۱۳۹۲) در مقاله خود با عنوان «تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر میزان استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در مناطق شهر تهران» به این رسیدند که سفرهای شغلی بیش از ۶۰ درصد از کل سرانه مسافت طی شده با اتومبیل شخصی را به خود اختصاص می‌دهند؛ و با توجه به اینکه این

سفرها در ساعات اوج ترافیک صورت می‌گیرند، می‌توان نتیجه گرفت تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر مصرف انرژی، در بخش حمل‌ونقل بیش از ۱۰ درصد است.

منظور و صفاکیش (۱۳۹۰) در مقاله «اثرات سیاست‌های زیست‌محیطی و اقتصادی بر رفتار حمل‌ونقل شهری با رویکرد قیاسی - استقرایی (مطالعه موردی شهر تهران)» به این رسیدند که اعمال سیاست‌های فناوری محور تأثیر به‌سزایی در تغییر سهم بازار فناوری‌های حمل‌ونقل، به سمت فناوری‌های پاک و کاهش انتشار آلاینده‌ها دارد. پیش‌بینی مدل آن است که با ورود فناوری‌های جدید با هزینه چرخه عمر کمتر نسبت به فناوری‌های مرسوم، بیش از هفتاد درصد سهم بازار به این خودروها اختصاص یابد.

عباسی، حاجی‌پور، لطفی و حسین‌پور (۱۳۹۰) در مقاله خود با عنوان «بررسی و تبیین عوامل مؤثر فرم شهری بر مصرف سوخت خانوارها در بخش حمل‌ونقل» به این نتیجه رسیدند که بخش حمل‌ونقل از مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده سوخت می‌باشد. برای کاهش مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل باید به تغییر در فرم شهر اقدام نمود. با فاصله گرفتن از مرکز شهر و نبود سیستم حمل‌ونقل عمومی مناسب، استفاده ساکنین از اتومبیل شخصی بیشتر می‌شود. این امر نه‌تنها موجب افزایش مصرف سوخت می‌شود، بلکه تولید گازهای گلخانه‌ای، آلودگی صوتی و تراکم ترافیکی را به دنبال دارد.

در تحقیقات خارجی نیز تاکنون ابعاد متنوعی از موضوع مورد بررسی قرار گرفته است که در ادامه مرتبط‌ترین آن‌ها با بحث مورد مطالعه ذکر شده است.

زابلو و فرناندز^۱ (۲۰۱۶) در کتاب خود با عنوان «رد پای کربن و برنامه‌ریزی شهری» به این نتیجه رسیده است که بررسی رابطه بین توسعه شهری، گازهای گلخانه‌ای و رد پای کربن و اقدامات پیشگیرانه اصلی می‌تواند در مرحله طراحی انجام شود و روش‌های خاص برای ارزیابی رد پای کربن در زیرساخت‌های شهری (آب آشامیدنی، فاضلاب، برق، گاز حمل‌ونقل و زباله) را در نهایت ارائه می‌نماید.

لی^۲ (۲۰۱۵) در رساله دکتری خود با عنوان «نقش ساختار شهر در کاهش VMT و انتشار GHG» به این رسیده است که شکل شهری پایدار می‌تواند تغییرات آب‌وهوا را کاهش دهد.

لارنس^۱ و همکاران (۲۰۱۱) در کتاب «ارزیابی فرم شهری و ارتقای شرایط عابر پیاده و حمل‌ونقل به‌عنوان یک استراتژی

1. Zubelu & Fernandez

2. Lee

انتشار را در کشورهای در حال توسعه، به‌عنوان کشورهایی که هیچ هدف تدوین‌شده‌ای جهت کاهش انتشار ندارند، در برمی‌گیرد. در واقع هدف از این مکانیسم، کمک به کشورهای توسعه‌یافته در حصول به تعهدات کاهش انتشار و نیز کشورهای در حال توسعه برای حصول به توسعه پایدار است (مکانیسم توسعه هوای پاک، ۱۳۹۱:۹).

برآورد میزان گازهای گلخانه‌ای معادل تن CO₂ براساس مکانیسم توسعه پاک (CDM, 2010)

این تحقیق، پس از مطالعات علمی جهت برآورد گازهای گلخانه‌ای بر اساس فرمول‌های پیشنهادی توسعه پاک (CDM) انجام گرفته است. مکانیسم توسعه پاک یک متدولوژی بین‌المللی جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از بخش حمل‌ونقل می‌باشد که ذیل پروتکل کیوتو به‌منظور کمک به توسعه پایدار کشورهای توسعه‌یافته در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی دیگر پیش‌بینی شده است. چرخه پروژه‌های (CDM) شامل پنج مرحله ۱: طرح و فرمول پروژه شامل ثبت پروژه و نگهداری آن در اسناد طرح پروژه ۲: موافقت ملی ۳: اثبات ماهیت اجرایی و وجود پروژه ۴: پایش پروژه و تأیید آن ۵: تأیید کاهش انتشارات می‌باشد (طارمی و همکاران، ۱۳۹۴:۱۷). اطلاعات موردنیاز جهت برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط این روش عبارت از: میزان مسافت پیموده شده، نوع سوخت، میزان سوخت مصرفی، تعداد خودروها، تعداد مسافر جابه‌جا شده و ... می‌باشند که این آمار و اطلاعات لازم از سازمان‌های حمل‌ونقل و ترافیک مشهد و شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران تهیه شد. بر اساس روش ارائه شده برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از فرمول‌های زیر انجام شده است.

۱. فاکتور انتشار حمل‌ونقل به ازای مسافت پیموده شده

$$EF_{KM,i} = \sum_x [SEC_{x,i} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x}) \times (N_{x,i} / N_i)]$$

$EF_{KM,i}$ = فاکتور انتشار حمل‌ونقل به ازای مسافتی که وسیله

نقلیه i طی می‌کند. (گرم CO₂ به ازای هر کیلومتر مسافت

پیموده شده)

$SEC_{x,i}$ = مصرف مخصوص سوخت با توجه به وسیله نقلیه i

(لیتر در هر کیلومتر)

$EF_{CO_2,x}$ = فاکتور انتشار CO₂ با توجه به نوع سوخت (گرم

CO₂ برای هر لیتر)

یکپارچه کاهش GHG» به این نتیجه رسیدند که اثرات بالقوه پیاده‌رو برای کاهش CO₂ و VMT^۲ را نشان می‌دهد. در اضافه الگوی کاربری مختلط شهری هم‌سفر کوتاه‌تر و زمان انتظار کمتر، کرایه پایین‌تر حمل‌ونقل و هزینه‌های بالاتر پارکینگ را به دست می‌دهد.

هارماجاروی^۳ و همکاران (۲۰۰۲) در مقاله «فرم شهری و انتشار گازهای گلخانه‌ای» به این نتیجه رسیده‌اند که برای تغییر روند فعلی لازم است که مسئله گسترش شهرها شناخته شده و مقابله شود. برای جلوگیری از گسترش شهر، اقدامات لازم در برنامه‌ریزی، استفاده از زمین و سیاست مسکن، و سیاست‌های حمل‌ونقل و مالیات ضروری است. علاوه بر این باید بیشتر در مورد همکاری، تعامل و انتشار اطلاعات پرداخته شود. پراکندگی توسط چیزهای دیگر از جمله کسر مالیات برای رفت‌وآمد تشویق شده است. شرایط با حذف این کسر مالیات یا کاهش این روند می‌تواند تغییر کند. پراکندگی شهری نیز می‌تواند توسط مالیات املاک و مستغلات جلوگیری شود و با استفاده از اصل اضافه کردن "پرداختی آلاینده‌ها" به هزینه‌های زیربنایی است.

در پیشینه تحقیقات مرتبط، تماماً به مسائلی مانند مسافت سفر، مصرف انرژی و تیپ‌های سکونت و حمل‌ونقل به‌طور موردی پرداخته شده است و نقش سازمان فضایی و مدیریت کاربری مراکز کار و فعالیت کلان‌شهرها و حوزه پیرامون نادیده گرفته شده است. این موضوع از آن نظر حائز اهمیت می‌باشد که مسئله انتشار گازهای گلخانه‌ای پدیده‌ای است که می‌بایست به‌صورت بالا به پایین مورد کنکاش و واکاوی قرار گیرد و تا زمانی که سیاست‌ها و مدل‌هایی در مقیاس کلان وجود نداشته باشد، تحقیقات موردی نخواهند توانست نتایج مورد انتظار را به دست دهند. بنابراین نقش سازمان فضایی کلان‌شهرها در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای موضوعی است که به‌عنوان دغدغه‌ای جدید می‌تواند این خلأ را پر کرده و به‌عنوان سند بالادست برای سایر مطالعات قرار گیرد.

روش انجام پژوهش

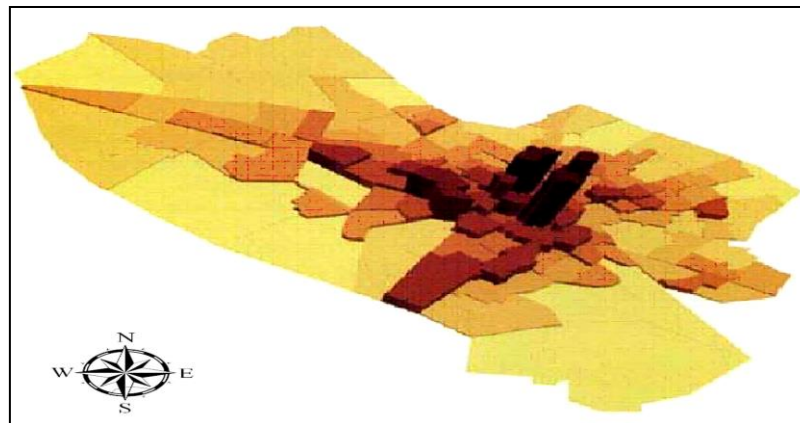
هدف این پژوهش تحلیل تأثیر سازمان فضایی شهر و وضعیت ارتباطی عملکردهای آن با یکدیگر می‌باشد. نوع تحقیق کاربردی و روش بررسی تحقیق توصیفی-تحلیلی می‌باشد. برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس فرمول‌های پیشنهادی توسعه پاک (CDM) انجام می‌گردد. مکانیسم توسعه پاک، کنترل میزان

1. Lawrence
2. Vehicle Miles Traveled
3. Harmaajarvi

جدول ۱. میزان جذب سفر در مناطق شهرداری مشهد

مناطق شهرداری	تعداد مراجعات	درصد تعداد مراجعات	تعداد مراجعین	درصد مراجعین
منطقه ۱	۴۱	۳۰/۶۰	۱۴۱۶	۳۱/۲۱
منطقه ثامن	۱۳	۹/۷۰	۴۸۳	۱۰/۶۵
منطقه ۸	۱۳	۹/۷۰	۳۹۲	۸/۶۴
منطقه ۱۰	۱۶	۱۱/۹۴	۳۶۲	۷/۹۸
منطقه ۱۱	۸	۵/۹۷	۳۳۵	۷/۳۸
منطقه ۹	۱۲	۸/۹۶	۳۲۱	۷/۰۸
منطقه ۴	۶	۴/۴۸	۲۹۴	۶/۴۸
منطقه ۲	۱۳	۹/۷۰	۲۶۷	۵/۸۸
منطقه ۶	۳	۲/۲۴	۲۵۵	۵/۶۲
منطقه ۵	۴	۲/۹۹	۲۰۷	۴/۵۶
منطقه ۷	۱	۰/۷۵	۱۲۷	۲/۸۰
منطقه ۳	۴	۲/۹۹	۷۸	۱/۷۲
مجموع	۱۳۴	۱۰۰	۴۵۳۷	۱۰۰

در شکل (۴) مراکز جذب سفر نشان داده است که همگی در حلقه مرکزی شهر قرار گرفته‌اند.



شکل ۴. مراکز جذب سفر در شهر مشهد (مأخذ: مطالعات طرح جامع مشهد، ۱۳۸۷: ۱۱۷)

یافته‌های تحلیلی

نظیر میانگین انتشار CO_2 در خودروهای شخصی موجود در کشور استفاده گردیده است. یک سری از یافته‌ها نیز براساس برداشت‌های میدانی و پرسش از شهروندان گردآوری شده است.

در این پژوهش به بررسی دو سناریو با نظام‌های فضایی متعادل و مرکزگرا پرداخته شده است. میزان انتشار CO_2 در این دو سناریو با یکدیگر مقایسه شده است. برای محاسبه این مقدار از اطلاعاتی

جدول ۲. شیوه سفر به مرکز تجاری و اداری شهر

شیوه سفر	تعداد	درصد
خودروی شخصی	۲۳۵	۶۰/۲۶
موتورسیکلت	۱۰	۲/۵۶
حمل‌ونقل عمومی	۱۱۹	۳۰/۵۱
پیاده	۲۴	۶/۱۵
اظهار نشده	۲	۰/۵۱
مجموع	۳۹۰	۱۰۰

عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. براساس نتایج حاصل از محاسبه‌های انجام شده براساس جدول (۳)، میزان انتشار در سفرهای به مراکز شهر از مناطق ۱۳ گانه نشان داده شده است.

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

نتایج حاصل از محاسبه‌های مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای به روش (CDM) نشان می‌دهد که حمل‌ونقل شهری سهم

مشهد، ۱۳۹۸: ۳) در شهر مشهد ضریب سرنشین برای خودروهای شخصی ۱/۹ نفر می‌باشد و میانگین انتشار CO₂ برای خودروهای داخلی بنزینی و گازسوز ۱۷۳/۴۸ گرم در کیلومتر محاسبه شده است (راهنمای مصرف سوخت خودروهای سبک در ایران، ۱۳۹۵: ۲۳-۲۸).

این موضوع از آن نظر حائز اهمیت است که ۶۰ درصد از شهروندان مشهدی برای مراجعه به مراکز تجاری از خودروی شخصی استفاده می‌کنند. نرخ سفر در یک شبانه‌روز در شهر مشهد ۱/۹۷ می‌باشد و حدود ۶۱۱۴۸۱۴ سفر در یک شبانه‌روز در شهر مشهد انجام می‌شود (پانزدهمین آمارنامه حمل‌ونقل شهر

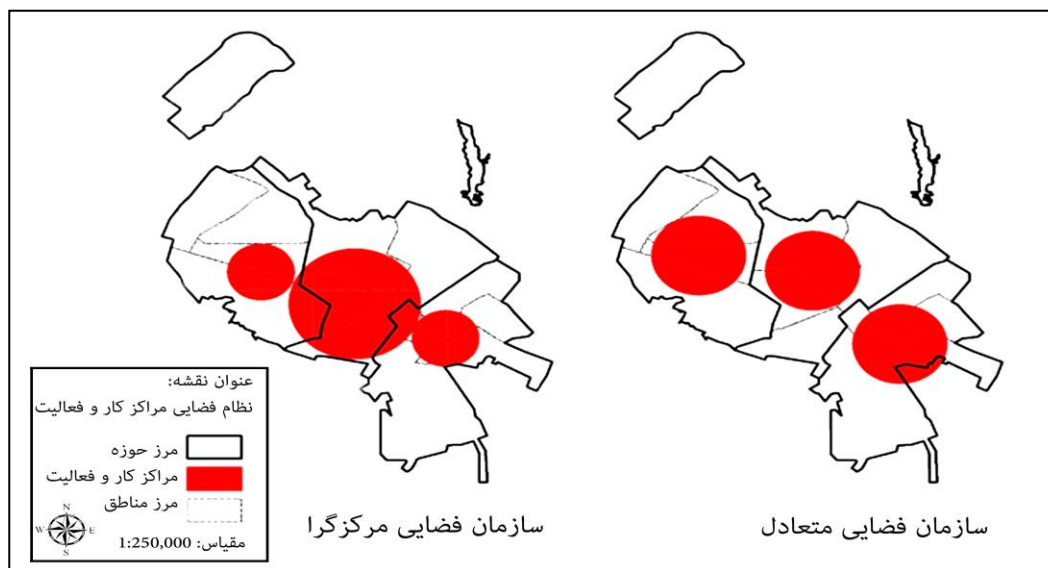
جدول ۳. میزان انتشار CO₂ خودروهای شخصی در دو سناریو

مناطق شهرداری	مسافت سفر وسایل نقلیه (VKT) سازمان فضایی مرکزگرا	میزان انتشار CO ₂ (گرم) به ازای هر مسافر	مسافت سفر وسایل نقلیه (VKT) سازمان فضایی متعادل	میزان انتشار CO ₂ (گرم) به ازای هر مسافر	اختلاف انتشار CO ₂
منطقه ۱	۲	۳۷۴	۳	۵۶۶	-۱۹۲
منطقه ۲	۶	۱۱۷۵	۳	۵۵۸	۶۱۶
منطقه ۳	۱۱	۲۰۳۷	۵	۸۶۶	۱۱۷۱
منطقه ۴	۱۰	۱۸۳۲	۷	۱۲۶۴	۵۶۸
منطقه ۵	۱۰	۱۸۴۴	۵	۹۱۸	۹۲۵
منطقه ۶	۹	۱۵۸۳	۳	۵۱۴	۱۰۶۹
منطقه ۷	۸	۱۵۱۴	۵	۸۲۶	۶۸۸
منطقه ۸	۲	۳۰۳	۶	۱۰۷۷	-۷۷۴
منطقه ۹	۴	۷۷۳	۶	۱۰۰۵	-۲۳۲
منطقه ۱۰	۱۰	۱۸۳۶	۳	۵۴۸	۱۲۸۸
منطقه ۱۱	۸	۱۴۵۷	۱	۱۴۶	۱۳۱۰
منطقه ۱۲	۱۷	۳۱۲۷	۹	۱۶۸۰	۱۴۴۷
منطقه نهمین	۴	۶۶۲	۳	۶۱۶	۴۷
مجموع	۱۰۱	۱۸۵۱۷	۵۸	۱۰۵۸۵	۷۹۳۱
میانگین	۸	۱۴۲۴	۴	۸۱۴	۶۱۰

شهری متعادل با سه مرکز کار و فعالیت خواهیم داشت. در این شهر با سازمان فضایی متعادل کار و فعالیت حدود ۴۲ درصد کاهش در انتشار گاز CO₂ را شاهد خواهیم بود و میانگین مسافت سفرها نیز نزدیک به نصف کاهش خواهد داشت (جدول ۴). سازمان فضایی متعادل و مرکزگرا برای شهر مشهد نیز در شکل (۵) نشان داده شده است.

ارزیابی سناریوی نظام متعادل فضایی

در این سناریو به حوزه‌بندی شهر مشهد پرداخته شد. در این ارزیابی کلان‌شهر مشهد به سه حوزه برنامه‌ریزی تقسیم گردید و شهری متعادل به لحاظ مراکز کار و فعالیت در نظر گرفته می‌شود. در این نظام فضایی جدید میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر مسافر از مناطق ۱۳ گانه محاسبه گردید. با تقویت دو مرکز فرعی کار و فعالیت در اطراف حلقه مرکزی شهر،



شکل ۵. نظام فضایی متعادل و مرکزگرا

جدول ۴. اختلاف انتشار CO₂ در دو سناریوی سازمان فضایی متعادل و مرکزگرا

اختلاف انتشار CO ₂ در دو سناریو (تن)	میزان انتشار CO ₂ در شبانه روز توسط خودروی شخصی (تن)	میانگین انتشار CO ₂ (کیلوگرم) به ازای هر مسافر در خودروی شخصی	سازمان فضایی
۲۲۴۸	۵۲۴۷	۱/۴۲۴	مرکزگرا
	۲۹۹۹	۰/۸۱۴	متعادل

است. قطبی‌گرایی خدماتی، استفاده فزاینده از وسایل نقلیه و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل شخصی، تأثیرات محیطی فراوانی را در شهرهای بزرگ به‌خصوص در مرکز شهر به دنبال داشته است.

سازمان فضایی مرکزگرا موجب افزایش حجم مراجعات شهروندان به مرکز شهر گردیده و این مسئله افزایش فشار بر شریان‌های ارتباطی را در پی خواهد داشت. انتشار زیاد کربن توسط وسایل نقلیه به دلیل فقدان ارتباطات متعادل زیرساخت‌ها و عملکردهای شهری نتیجه این معضل خواهد بود. از طرف دیگر سازمان فضایی متعادل شهر نشان‌دهنده جاری بودن برنامه‌ریزی شهری در مدیریت کاربری اراضی می‌باشد به نحوی که توزیع متعادل ساخت‌ها و عملکردها متناسب با جمعیت مناطق قادر خواهد بود میل به استفاده از وسایل نقلیه شخصی و نیز سفرهای طولانی شهری را به‌شدت کاهش دهد و از این‌رو به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای کمک نماید.

لذا عدم توجه به پهنه‌بندی عملکردها و خدمات، و صرفاً پرداختن به موضوع هزینه-فایده در مکان‌یابی عملکردها و خدمات باعث گردیده است که ناخواسته اکثر خدمات اساسی در مرکز شهر که بیشترین دسترسی را دارد، واقع شوند. در حالی که با توسعه شهرها و گسترش وسایل نقلیه موتوری، مسافت سفرهای داخل شهری بسیار افزایش یافته است و این مسئله در کنار مشکلات دیگر نظیر ناوگان حمل‌ونقل عمومی فرسوده، عدم صرفه‌جویی در مصرف انرژی و صنعتی شدن شهرها، به گرم شدن زمین انجامیده است.

راهکارها

در این پژوهش تلاش گردید تا ارکان اصلی سازمان فضایی کلان‌شهر مشهد که در تولید سفرهای داخل شهری مؤثر می‌باشند شناخته شده و در مطالعات میدانی میزان سفرپذیری مناطق بررسی گردد تا بتوان این عملکرد تک مرکزی کلان‌شهر مشهد را که عاملی مهم در افزایش مسافت سفر می‌باشد به سازمان فضایی متعادل تغییر داد. سازمانی متشکل از سه حوزه که نیاز است در همه

بحث و نتیجه‌گیری

در طول چند دهه گذشته، سازمان فضایی شهر مشهد به‌طور پیوسته به سمت اغتشاش و بی‌نظمی رفته و از کنترل خارج شده است. این گرایش تأثیرات منفی روی گرمایش زمین داشته است، چراکه فواصل سفر افزایش پیدا کرده است، ازدحام ترافیک زیاد گردیده و مصرف انرژی‌های مناطق مسکونی اضافه شده است. این امر از این نظر حائز اهمیت است که تغییر محیط ساخته شده اثرات بلندمدتی روی سفر فردی و الگوی مصرف مناطق مسکونی به دلیل بقای محیط ساخته شده دارد. همان‌طور که نتایج تحقیق نشان می‌دهد بسیاری از مردم در شهر مشهد لازم است که همه‌روزه برای تأمین خدمات و نیازهای خود به مرکز عملکردی شهر مراجعه نمایند که با توجه به توسعه خطی شهر مشهد در طول زمان و عدم همراهی مرکز شهر در این توسعه، بسیاری از خدمات اصلی شهر مشهد بر روی هسته قدیمی شهر ماندگار شده‌اند. تحقیقات مشابه که تاکنون صورت گرفته بود، تماماً در مقیاس خرد و یا موضعی با رویکرد صرفاً ترافیکی و یا کالبدی به بررسی پرداخته بودند، اما در این پژوهش برای نخستین بار سازمان فضایی شهر به‌عنوان کلیتی برگرفته از مراکز شهری ملاک عمل قرار گرفت که نتایج ملموسی از تأثیر توزیع عملکردها در مراکز شهری و انتشار کربن را روشن نمود.

سازمان فضایی متعادل کلان‌شهر مشهد موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۴۳ درصد در بخش خودروهای شخصی می‌شود و میانگین مسافت طی شده در سازمان فضایی متعادل حدود ۴ کیلومتر کاهش می‌یابد. در مجموع نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۷/۹ کیلوگرم CO₂ به ازای هر مسافر کاهش می‌یابد. مقایسه نتایج پژوهش با تحقیقات پیشین نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که شبکه حمل‌ونقل تشکیل‌دهنده استخوان‌بندی اصلی فضایی شهرها بوده و دارای تأثیراتی بنیادین بر شکل و سازمان فضایی شهر می‌باشد. گسترش بی‌رویه شهری، فاصله بین مراکز شهری و محل سکونت را افزایش داده و ناکارآمدی شبکه ارتباطات در کلان‌شهرها، استفاده از وسایل نقلیه شخصی را تشویق کرده

❖ تقدم ایجاد حمل‌ونقل عمومی در سه مرکز تجاری شهر؛
 ❖ قرار دادن نیازها در فاصله قدم زدن با ایجاد مراکز فرعی در اطراف سه مرکز تجاری شهر؛
 ❖ ایجاد ارتباط مستقیم بین چگالی مراکز تجاری و تراکم جمعیتی در شهر؛
 ❖ پیوند عملکردی با مناطق جدید شهری از طریق ایجاد مراکز فرعی و مرتبط با مرکز اصلی؛
 ❖ رعایت سلسله‌مراتب خدمات‌رسانی در سه حوزه شهر با ایجاد مراکز فرعی برای هر مرکز اصلی.

سیاسگذاری

این مقاله برگرفته از رساله دوره دکتری تخصصی و دفاع شده در دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد اصفهان می‌باشد. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از هیئت‌داوران رساله که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری دادند، اعلام کنند.

حوزه‌ها جابه‌جایی سطوح مراکز کار و فعالیت صورت گیرد تا مسافت سفرها در شهر کاهش یابد و از ایجاد تراکم و ترافیک در کلان‌شهر مشهد کاسته شود. برای این امر لازم است سازمان فضایی تک مرکزی شهر مشهد با تقویت دو مرکز ضعیف‌تر در اطراف هسته مرکزی، به ترکیبی متعادل به لحاظ دسترسی شهروندان مشهودی به مراکز کار و فعالیت تبدیل گردد. با توجه به یافته‌های تحقیق راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:
 ❖ ارتباط سه مرکز تجاری شهر با یکدیگر از طریق نزدیک کردن آن‌ها به استخوان‌بندی شهر مشهد؛
 ❖ کاهش رفت‌وآمدهای غیرضروری بین حوزه‌ها از طریق توسعه همه عملکردها در سه مرکز تجاری شهر؛
 ❖ استقرار همه عملکردهای مرتبط با مراکز کار و فعالیت به صورت مستقل در سه حوزه؛
 ❖ ایجاد توسعه‌هایی با تراکم بالا و کاربری‌های مختلط در امتداد مسیرهای حمل‌ونقل عمومی؛
 ❖ ایجاد توسعه‌های مسکونی با تراکم بالا در نزدیکی مراکز اصلی و فرعی شهر؛

References

- Abbasi, H., & Hajipour, Kh. (2014). An Empirical Analysis of the Influence of Urban Form on Travel Behavior in Different Urban Neighborhoods of Shiraz, *BAGH-E NAZAR*, 11(29), 23-32. (In Persian)
- Abbasi, H., Hajipour, K., Lotfi, S., & Hoseynpour, M. (2012). Explanation of Effective Urban form Factors on Households Fuel Consumption in Transportation Sector. *Naqshejahan*, 2(2), 19-30 (In Persian)
- Barati, N., Sardarreh, A. (2013). effects of urban form on automobile dependency and energy consumption in tehran residential regions . *BAGH-E NAZAR*, 10(26), 3-12. (In Persian)
- Bento, A. M., Cropper, M. L., Mobarak, A. M., & Vinha, K. (2004). *The impact of urban spatial structure on travel demand in the United States. University of Colorado, Institute of Behavioral Science, Research Program on Environment and Behavior*. Working paper EB2004-0004.
- Clark, C. (1958). Transport: maker and breaker of cities. *The Town Planning Review*, 28(4), 237-250.
- Ebadinia F. (2016). Investigating the effect of Mashhad city form on the development of low carbon transportation with a strategic approach, PhD Thesis, Department of Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad: 1-5. (In Persian)
- Farhanad Consulting Engineers. (2009). Mashhad Master Plan, Transportation and traffic Part: 117. (In Persian)
- Frank, L. D., Greenwald, M. J., Kavage, S., & Devlin, A. (2011). *An assessment of urban form and pedestrian and transit improvements as an integrated GHG reduction strategy* (No. WA-RD 765.1). Washington (State). Dept. of Transportation. Office of Research and Library Services.
- Fuel Optimization Company. (2015). Light vehicle fuel consumption guide in Iran: 23-28. (In Persian)
- Hajipour, Kh., Foroozan, N. (2015). Study of the Urban Form Effect on Operational Energy Consumption; the Case of Shiraz. *HONar - ha - ye - ziba Memari - va - shahrsazi*, 19(4), 17-26. (In Persian)
- Harmaajärvi, I., Huhdanmäki, A., & Lahti, P. (2002). Urban forms and greenhouse gas emissions. Summary.
- Johansson, B. (2009). Will restrictions on CO² emissions require reductions in transport demand?. *Energy Policy*, 37(8), 3212-3220.

- Lee Jr, D. B., Klein, L. A., & Camus, G. (1999). Induced traffic and induced demand. *Transportation Research Record*, 1659(1), 68-75.
- Lee, S. (2015). *The role of urban spatial structure in reducing VMT and GHG emissions*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Manzoor D, safakish M. (2011). The Effects of Environmental and Economic Policies on Urban Transport Behavior with Comparative-Inductive Approach (Case Study : Tehran), *The Journal of Economic Modeling Research*, 1(4), 171-187. (In Persian)
- Mashhad City Transportation and Traffic Organization. (2009). *Comprehensive transportation studies in Mashhad*: 82. (In Persian)
- Mashhad City Transportation and Traffic Organization. (2019). *The 15th Statistics of Mashhad Transportation and Traffic*: 3. (In Persian)
- Meshkini, A., Lotfi, S., Ahmadi F. (2014). Investigating urban management in creating a spatial imbalance among urban districts (a case study of Qaemshahr), *Journal of Spatial Planning*, 18(2), 153-172. (In Persian)
- National Iranian Oil Refining and Distribution Company. (2012). *Clean air development mechanism*: 9-10. (In Persian)
- Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Showstack, R. (2013). Carbon dioxide tops 400 ppm at Mauna Loa, Hawaii.
- Taremi, O., Motasaddi, S., Abedi, Z., Panahi, A. (2016). Study on Greenhouse Gases Emissions Due to Fossil Fuel Consumption in Intercity Transportation Sector and Estimate the Reduction of External and Social Costs with Respect to Switching Natural Gas (Case Study: Zanjan City). *Environmental Researches*, 6(12), 15. (In Persian)
- Varesi, H., Zangi abadi A, Yaghfoori H. (2009). Comparative study of urban public services distribution from the perspective of social justice, *The Journal of Geography and Development*, (11), 139-156. (In Persian)
- Zubelzu, S., & Fernández, R. Á. (2016). *Carbon Footprint and Urban Planning: Incorporating Methodologies to Assess the Influence of the Urban Master Plan on the Carbon Footprint of the City*. Springer.
- براتی، ناصر و سردره، علی‌اکبر (۱۳۹۲). تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر میزان استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در مناطق شهر تهران. *ماهنامه باغ نظر*، ۱۰(۲۶)، ۱۲-۳.
- حاجی‌پور، خلیل و فروزان، نرجس (۱۳۹۳). بررسی تأثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی، نمونه موردی: شهر شیراز. *هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی*، ۱۹(۴)، ۱۷-۲۶.
- سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد (۱۳۸۷). *مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر مشهد*: ۸۲.
- سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد (۱۳۹۸). *پانزدهمین آمار نامه حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد*: ۳.
- شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت (۱۳۹۵). *راهنمای مصرف سوخت خودروهای سبک در ایران*: ۲۸-۲۳.
- شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران (۱۳۹۱). *مکانیسم توسعه هوای پاک (CDM)*: ۹-۱۰.
- ضیاعی، میثم و محسنیان، حسن (۱۳۹۲). *تأثیر احداث واحدهای تجاری خطی بر ترافیک در اطراف بافت مرکزی مشهد*. دفتر مطالعات حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی، سازمان ترافیک مشهد.
- طارمی، عذرا؛ متصدی، سعید؛ عابدی، زهرا و پناهی، علی (۱۳۹۴). بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخته‌ای فسیلی در بخش حمل‌ونقل درون شهری و برآورد میزان کاهش هزینه‌های خارجی و اجتماعی با جایگزینی گاز طبیعی. *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱۲(۱)، ۱۵-۲۴.
- عبادی‌نیا، فهیمه (۱۳۹۶). *بررسی تأثیر فرم شهر مشهد بر توسعه حمل‌ونقل کم‌کربن با رویکرد استراتژیک*. رساله دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد.
- عباسی، حیدر و حاجی‌پور، خلیل (۱۳۹۳). *تحلیل تجربی تأثیر فرم شهر بر رفتار سفر خانوارها در محلات مختلف شهری شیراز*. *باغ نظر*، ۱۱(۲۹)، ۲۳-۳۲.

- عباسی، حیدر؛ حاجی‌پور، خلیل؛ لطفی، سهند و حسین‌پور، محمد (۱۳۹۱). بررسی و تبیین عوامل مؤثر فرم شهری بر مصرف سوخت خانوارها در بخش حمل‌ونقل. *نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی*، ۲(۲)، ۳۰-۱۹.
- مشکینی، ابوالفضل؛ لطفی، صدیقه و احمدی، فرزانه (۱۳۹۳). تحلیل عملکرد مدیریت شهری در عدم تعادل فضایی میان نواحی شهری (مطالعه موردی شهر قائم‌شهر). *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۸(۲)، ۱۷۲-۱۵۳.
- منظور، داوود و صفاکیش، محمدکاظم (۱۳۹۰). اثرات سیاست‌های زیست‌محیطی و اقتصادی بر رفتار حمل‌ونقل شهری با رویکرد قیاسی - استقرایی (مطالعه موردی شهر تهران). *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱(۴)، ۱۸۷-۱۷۱.
- منوری، مسعود و رمضانی، لیلا (۱۳۹۶). *محیط‌زیست و حمل‌ونقل شهری پایدار*. تهران: نشر تالاب.
- مهندسین مشاور فرنهاد (۱۳۸۷). *طرح جامع شهر مشهد*. جلد حمل‌ونقل و ترافیک.
- وارثی، حمیدرضا؛ زنگی‌آبادی، علی؛ یغفوری، حسین (۱۳۸۷). بررسی تطبیقی توزیع خدمات عمومی شهری از منظر عدالت اجتماعی. *جغرافیا و توسعه*، ۱۱(۱)، ۱۵۶ - ۱۳۹.