

تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر میزان استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در مناطق شهر تهران

ناصر براتی*
علی اکبر سردره**

چکیده

بر اساس تخمین نهادهای بین‌المللی، ایران در حال حاضر هفتمین انتشاردهنده گازهای گلخانه‌ای است، ضمن اینکه میزان رشد انتشار در آن نیز نسبت به متوسط جهانی آن بالاتر است. علاوه بر این، سالانه هزاران نفر از شهروندان ایرانی به دلیل هوای آلوده ناشی از احتراق سوخت در اتومبیل‌ها راهی بیمارستان‌ها شده و بسیاری از آنها به همین علت فوت می‌کنند. به غیر از خسارت‌های جانی باید به خسارت‌های مالی انتشار دی‌اکسیدکربن و سایر آلاینده‌ها اشاره کرد به گونه‌ای که طبق آخرین آمار بانک جهانی در سال ۲۰۰۶ ایران از لحاظ میزان خسارت وارده ناشی از دی‌اکسیدکربن و سایر ذرات معلق در جایگاه چهارم قرار دارد، به این معنی که خسارت‌های مالی وارد شده، در مجموع، ۲/۶ درصد از حجم تولید ناخالص داخلی را تشکیل می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد یک راه حل اصولی آن باشد که طرح‌های شهرسازی و سیاست‌گذاری‌های توسعه کالبدی از نظر تأثیرشان بر مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها مورد ارزیابی واقع شوند. دستیابی به معیارهای لازم برای انجام این ارزیابی‌ها مستلزم شناخت روابط علت و معلولی جاری است. بیشتر محققین معتقدند شاخص‌های فرم شهری نقشی عمده در میزان وابستگی شهروندان به اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در بخش حمل و نقل شهری دارد. پژوهش حاضر با استفاده از مطالعه موردی مناطق شهر تهران در تلاش است نشان دهد میزان تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر مصرف انرژی در کلانشهرهای ایران بیش از ۱۰ درصد است. در این بررسی شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی نیز به عنوان متغیرهای کنترل لحاظ می‌شوند. بنابراین از یک طرف اطلاعات سفر و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی ۳۰۰ نفر از افراد ساکن در تهران که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند، و نیز شاخص‌های فرم شهری منطقه محل سکونت آنها جمع‌آوری شد، از سوی دیگر با استفاده از تحلیل رگرسیون میزان همبستگی شاخص‌های فرم شهری و همچنین شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی با مسافت طی شده افراد با اتومبیل شخصی به تفکیک برای سفرهای چهارگانه فوق، استخراج شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که میزان تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر مصرف انرژی در سفرهای شغلی بیش از ۱۵ درصد است و با توجه به اینکه 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 حمل و نقل بیش از ۱۰ درصد است.

واژگان کلیدی

فرم شهری، انتشار گازهای گلخانه‌ای، VDT، تهران.

*. دکتری شهرسازی. استادیار دانشگاه بین‌المللی امام‌خمينی (ره)، قزوین
naser_barati2012@yahoo.com

** کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمينی (ره)، قزوین نویسنده مسئول ۰۹۳۶۳۶۷۹۴۳۹
ali.sardareh@gmail.com

مقدمه

فرایند گرم‌شدن کره زمین و همچنین تأثیرات نامطلوب آلودگی‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در سکونتگاه‌های شهری بسیاری از محققین را بر آن داشته که به بررسی راهکارهای کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی در شهرها بپردازند. بخش عمده‌ای از انرژی‌های مصرف‌شده توسط ساکنین شهرها مربوط به بخش حمل و نقل است و در این میان اتومبیل‌های شخصی سهمی ۹۰ درصدی از کل انرژی مصرف‌شده در بخش حمل و نقل را دارند. لزوم حفاظت از زیست‌کره در مقابل بحران‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت ناشی از عدم کنترل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین اهمیت مقابله با تأثیرات منفی آلودگی هوا بر سلامت جسمی و روانی شهروندان باعث شده است محققین شهرسازی در نقاط مختلف جهان به بررسی عوامل تأثیرگذار بر میزان انتشار آلاینده‌ها به ویژه در بخش حمل و نقل شهری بپردازند.

تجربیات جهانی نشان داده شاخص‌های فرم شهری یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل شهری هستند. تحقیقات بی‌شماری در اروپا و آمریکا به بررسی رابطه فرم شهری و میزان مصرف انرژی در شهر اختصاص داده شده و نتایج آنها نشان می‌دهند فرم شهری بین ۱۰ تا ۲۵ درصد بر مصرف انرژی توسط اتومبیل‌های شخصی تأثیر دارد. با توجه به کم‌بودن تحقیقات عملی در زمینه سنجش رابطه فرم شهری بر مصرف انرژی در ایران، و با توجه به اینکه در حال حاضر اصلاح الگوی مصرف به عنوان یکی از الویت‌های ملی در کشورمان مطرح است، موضوع این مقاله به سنجش تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل شهر تهران اختصاص داده شده است. به این منظور اطلاعات سفر شهروندان تهرانی برداشت شده و ارتباط شاخص‌های فرم شهری و میزان انرژی مصرفی در بخش حمل و نقل شهری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مهم‌ترین سؤالات این تحقیق به طور مشخص به صورت زیر بیان می‌شوند:

۱. هریک از شاخص‌های فرم شهری چه میزان تأثیری بر رفتار ترافیکی ساکنین و میزان مصرف سوخت و انرژی آنها در هریک از انواع سفر (شغلی، خرید کالا، آموزشی، تفریحی و سایر) دارد؟
۲. تأثیر تجمعی این شاخص‌ها بر کل انرژی مصرف‌شده توسط اتومبیل‌های شخصی چقدر است؟

فرضیه مربوطه نیز به صورت زیر قابل بیان است:

۱. به نظر می‌رسد شاخص‌های مربوط به تراکم سکونت، دسترسی به اشتغال و کاربرد مختلط اراضی دارای بیشترین تأثیر بر میزان مصرف سوخت و انرژی ساکنین به ویژه در سفرهای شغلی هستند.
۲. به نظر می‌رسد تأثیر تجمعی شاخص‌های فرم شهری بر میزان مصرف انرژی در بخش حمل و نقل بیش از ۱۰ درصد باشد.

پیشینه تحقیق

از دهه ۹۰ میلادی تاکنون حجم تحقیقات انجام‌گرفته در زمینه ارتباط ویژگی‌های کالبدی شهر با مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای چندین برابر شده است. علاوه بر این از سال ۲۰۰۰ میلادی و با جذب گروهی از محققین در زمینه سلامت و پزشکی به مقوله ارتباط ویژگی‌های فرم شهری با میزان فعالیت روزانه شهروندان (میزان پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری) از یک طرف و شدت تأثیر حجم آلاینده‌های انتشاریافته در شهر بر میزان ابتلای شهروندان به بیماری‌های قلبی و تنفسی از طرف دیگر، زوایای دیگری از موضوع فرم شهر و رفتارهای ترافیکی مطرح شده است که علاوه بر بحث گرم‌شدن کره زمین عواقب کوتاه‌مدت افزایش انتشار آلاینده‌ها را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. در این قسمت از مقاله به مطالعه ادبیات تحقیق درباره ارتباط ویژگی‌های کالبدی شهر با رفتارهای ترافیکی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر آلاینده‌ها می‌پردازیم و در نهایت تلاش می‌کنیم تا به جمع‌بندی کلی از نتایج تحقیقات و همچنین طبقه‌بندی آثار براساس مدل مفهومی و روش‌های تحلیل به کار رفته در آنها بپردازیم. در تمامی این تحقیقات از شاخص میزان مسافت طی‌شده با اتومبیل شخصی (VDT)^۱ به عنوان شاخص اصلی برای سنجش تأثیر شاخص‌های فرم شهر بر میزان انتشار استفاده می‌شود. زمانی که واحد سنجش مسافت طی‌شده مایل باشد این شاخص را می‌توان به اختصار (VMT)^۲ نامید و در صورتی که واحد آن کیلومتر باشد می‌توان آن را به اختصار (VKT)^۳ نامید.

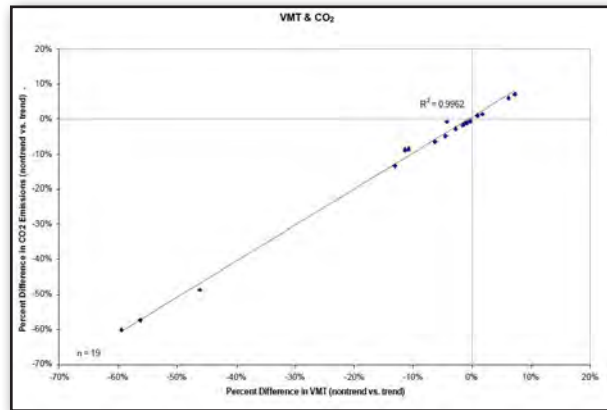
کاربرد این شاخص برای سنجش تأثیر فرم شهری بر انتشار به چند دلیل است: ۱) تشریح ارتباط میان ویژگی‌های کالبدی شهر (مانند فشردگی یا پراکندگی) با میزان استفاده از اتومبیل شخصی از لحاظ روش‌شناختی ساده و از لحاظ مفهومی روشن و قابل توجیه است. ۲) براساس مطالعات انجام‌گرفته همبستگی بالای VDT با میزان انتشار آلاینده‌ها به اثبات رسیده است به گونه‌ای که «وینگ» و همکارانش با جمع‌بندی نتایج تعداد زیادی از تحقیقات بیان می‌کنند ضریب همبستگی میان سرانه VMT و میزان انتشار CO₂ تقریباً برابر ۱ و ضریب همبستگی میان VMT و میزان انتشار نیترو اکسیدها برابر ۰/۷۴ است (Ewing, et al, 2007: 87). به این ترتیب اکثریت مطلق تحقیقات صورت‌گرفته در زمینه ارتباط فرم شهر و میزان مصرف انرژی و انتشار، VMT را به عنوان متغیر وابسته به ویژگی‌های کالبدی شهر و شاخص‌های بیان‌کننده آن قرار داده‌اند. در ادامه به بررسی تحقیقات صورت‌گرفته در زمینه تأثیر فرم شهر بر میزان مسافت طی‌شده با اتومبیل شخصی (VDT) یا به بیان دیگر (VMT) می‌پردازیم (تصویر ۱).

اوینگ در کتاب Growing Cooler که در سال ۲۰۰۷ منتشر شده است به دسته‌بندی مطالعات در مورد ارتباط فرم شهری و مصرف

نقطه ضعف اساسی این مطالعات این است که به علت سکونتگاه بودن، واحد تجزیه و تحلیل و در نتیجه متوسط سرانه VMT کل افراد جامعه متغیر وابسته بوده‌اند و تأثیر شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی بر تصمیم‌گیری شخصی افراد نادیده گرفته می‌شده و بنابراین تعمیم نتایج به دست آمده به تک تک افراد یا خانوارها امری نادرست است. مطالعات غیر تجمعی در زمینه سنجش تأثیر ویژگی‌های کالبدی بر VMT و میزان مصرف انرژی به آن دسته از مطالعاتی اطلاق می‌شود که در آن واحد تجزیه و تحلیل فرد یا خانوار است. در این مطالعات تلاش شده تأثیر ویژگی‌های شخصی افراد بر تصمیم‌گیری‌های ترافیکی نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. به گونه‌ای که در این مطالعات از یک طرف همبستگی رفتارهای ترافیکی فرد با ویژگی‌های کالبدی محل سکونت او محاسبه شده و از طرف دیگر همبستگی میان رفتارهای ترافیکی و ویژگی‌های فردی مانند سن، جنس، درآمد، تحصیلات و تعداد وسیله نقلیه تحت مالکیت محاسبه می‌شود.^۹

تحقیقات غیر تجمعی مربوط به الگوی سفر و ارتباط آن با الگوی توسعه شهری توسط متغیرهای دی (D) شناخته می‌شوند. سه متغیر اصلی D توسط کروور^۹ و کوکل من^{۱۰} ابداع شدند که عبارت بودند از تراکم^{۱۱}، گوناگونی^{۱۲} و طراحی^{۱۳}. از آن زمان به تعداد Dها با دسترسی به مقصد^{۱۴} و فاصله تا ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی^{۱۵}، افزوده شد. اگر می‌توانستیم برچسبی مناسب برای تأمین توقفگاه خودرو و هزینه‌ها^{۱۶} پیدا کنیم ممکن بود D ششم نیز به وجود آید (Ewing, et al, 2007: 70).

معمولاً تراکم توسط تعداد جمعیت، شغل‌ها و مسکن در هر واحد از منطقه سنجیده می‌شود. گوناگونی، همان اختلاط کاربرد زمین است که اغلب به تعداد کاربردهای مختلف از زمین در یک منطقه و درجه تعادل بین سطوح مختلف کاربری در یک منطقه با وسعت مشخص اطلاق می‌شود. همچنین تعادل بین اشتغال و سکونت نیز یکی دیگر از شاخص‌های سنجش فرم شهر است. در مقیاس طراحی نیز شامل ویژگی‌های شبکه خیابان در یک محله می‌شود و همان‌گونه که مشخص است از این شاخص بیشتر برای مطالعات در مقیاس‌های محله‌ای استفاده می‌شود. دسترسی به مقصد توسط تعداد مشاغل و یا جذابیت‌های دیگر محاسبه می‌شود. که در زمان معینی قابل دسترسی هستند. دسترسی در نقاط مرکزی شهر بیشترین اندازه و در مناطق حاشیه‌ای پایین‌ترین اندازه را دارد. معمولاً فاصله از منزل یا محل کار تا نزدیک‌ترین ایستگاه راه آهن یا اتوبوس از طریق کوتاه‌ترین مسیر خیابان به عنوان شاخص فاصله تا ترانزیت (حمل و نقل عمومی) اندازه‌گیری می‌شود. همچنین بسیاری از مطالعات تعداد ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی شامل اتوبوس و مترو واقع در شعاع استاندارد از منازل (معمولاً ۵۰۰ متر) را به عنوان دسترسی به حمل و نقل



تصویر ۱. ضریب همبستگی بین درصد تغییرات VMT و درصد تغییرات میزان انتشار CO₂. مأخذ: Ewing et al, 2007:89.

Fig. 1. Correlation between CO₂ emission and VMT variables.

Source: Ewing et al, 2007:89.

انرژی در بخش حمل و نقل در ۴ دسته زیر می‌پردازد:

- مجموعه تحقیقات تجمعی^۴ مانند: مجموعه‌ای از تحقیقات در زمینه شاخص پراکندگی شهری که توسط بنیاد "رشد هوشمند آمریکا"^۵ صورت گرفته‌اند.
- تحقیقات غیر تجمعی^۶ مانند برآورد مقدار تغییرات VMT براساس میزان تغییرات شاخص‌های فرم شهری.
- تحقیقات شبیه‌سازی^۷ تأثیر الگوی توسعه بر تغییرات VMT در مقیاس منطقه‌ای مانند پروژه مطالعاتی لوتراک پورلند (شامل کاربری زمین، حمل و نقل، کیفیت هوا).
- مطالعه شبیه‌سازی تأثیر پروژه‌های منفرد توسعه شهری بر میزان سرانه VMT ساکنین آینده مانند: پروژه احیا و توسعه زمین کارخانه فولادسازی آتلانتیک توسط EPA. (Ibid: 102).
- مدل‌های شبیه‌سازی به پیش‌بینی تأثیر گزینه‌های مختلف توسعه آتی منطقه‌ای بر میزان VMT، میزان مصرف زمین، سطح انتشار آلودگی هوا، شاخص‌های قابل تأمین بودن مسکن و دیگر معیارهای وابسته به توسعه می‌پردازد و در نهایت اقتصادی‌ترین گزینه برای منطقه به اجرا در می‌آید. در این قسمت با توجه به حیطه مقاله به بررسی مطالعات تجمعی و غیر تجمعی می‌پردازیم. مطالعات تجمعی به آن دسته از مطالعات الگوی سفر اطلاق می‌شود که در آنها واحد تجزیه و تحلیل یک واحد شهری با مساحت مشخص (شهر، منطقه شهری، ناحیه) است. به گونه‌ای که ویژگی‌های فرم شهری برای نمونه مشخصی از این واحدها (مثلاً تعداد ۱۰ شهر یا ۱۰ ناحیه شهری) استخراج می‌شود و سپس همبستگی این ویژگی‌ها با میانگین متغیرهای ترافیکی ساکنین (مثلاً میانگین سرانه VMT ساکنین شهر یا ناحیه شهری) مورد آزمون واقع می‌شود.^۸

بخش برون‌شهری و درون‌شهری و حمل و نقل جاده‌ای وجود ندارد. تنها آمار مربوط به میزان انتشار CO₂ در بخش شهری مربوط به شهر تهران در سال ۱۹۹۳ برابر ۱۳۷۱ شمس است که بررسی بانک جهانی در قالب پروژه کاهش انتشار شهر تهران نشان داده است که میزان سالانه انتشار دی‌اکسیدکربن در این شهر را برابر ۶ میلیون تن اعلام کرده بود. با اطلاعات در دست از طریق سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت برای میزان انتشار CO₂ در بخش حمل و نقل می‌توان تخمین زد که در سال ۱۳۷۱ میزان انتشار CO₂ ناشی از بخش حمل و نقل ۵۱/۴ میلیون تن بوده که با در نظر گرفتن سهم ۹۵ درصدی بخش حمل و نقل جاده‌ای می‌توان نتیجه گرفت میزان انتشار CO₂ بخش حمل و نقل جاده‌ای در این سال برابر ۴۸/۸ میلیون تن بوده، در نتیجه سهم تهران به تنهایی از انتشار CO₂ بخش جاده‌ای برابر ۱۲/۲ درصد است. اگر سهم تهران از میزان سوخت مصرف‌شده در شهرها را ۲۰ درصد فرض کنیم؛ آنگاه می‌توان نتیجه گرفت حداقل حدود ۶۰ درصد از میزان انتشار CO₂ در بخش حمل و نقل جاده‌ای متعلق به بخش حمل و نقل درون‌شهری است که این رقم برابر ۱۳/۲ درصد کل انتشار یافته توسط کشور است.

آمارهای فوق نشان‌دهنده بخش حمل و نقل شهری در زمینه انتشار در کشورمان است.^{۲۱} براساس برآورد بانک جهانی میزان خسارت واردشده به ایران ناشی از انتشار CO₂ برابر ۱/۷ درصد از تولید ناخالص ملی کشور است و از این لحاظ ایران در جایگاه چهارم جهان قرار دارد. ضمن اینکه خسارات ناشی از ذرات معلق برابر ۰/۹ درصد تولید ناخالص ملی بوده و این آلاینده‌ها جمعاً خسارتی برابر ۲/۶ درصد از تولید ناخالص ملی به کشور وارد می‌کنند. (تصویر ۲).

مطالعه موردی تهران

• داده‌ها و روش‌ها

همان‌گونه که ذکر شد هدف این مقاله مشخص کردن تأثیر فرم شهری بر میزان مسافت طی‌شده با اتومبیل شخصی و از این طریق میزان مصرف انرژی و انتشار در بخش حمل و نقل برای افراد ساکن در هریک از مناطق شهر تهران است و با توجه به اینکه راجع به افراد ساکن در تهران است بنابراین یک مطالعه غیر تجمعی است. برای روشن‌شدن نتایج باید ارتباط شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی نیز با شاخص VDT استخراج شود. بنابراین مراحل طی‌شده تا حصول نتیجه به شرح زیر است:

۱. تعیین شاخص‌های فرم شهری که با مقادیر کمی قابل بیان هستند و استخراج اطلاعات آنها برای هریک از مناطق تهران به وسیله مطالعه اسناد طرح‌های تفصیلی و نقشه‌های مربوط به آن.
۲. استخراج اطلاعات سفر ساکنین مناطق شهر تهران و شاخص‌های کمی نشان‌دهنده ویژگی‌های فردی، اقتصادی و

عمومی لحاظ کرده‌اند (Bartholomew, 2005 : 11).

لازم به ذکر است تمامی مطالعات غیر تجمعی به بررسی تمامی این شاخص‌ها در یک مطالعه نپرداخته‌اند و هرکدام تأثیر یک یا چند شاخص خاص را بررسی کرده‌اند. اکثر مطالعات غیر تجمعی اهمیت روابط میان الگوی توسعه کالبدی و رفتار ترافیکی را نشان می‌دهد. تا امروز، جهت روابط علت و معلولی و قدرت تأثیرات به طور جدی مورد بحث قرار گرفته‌اند. در اینجا برای کوتاه‌شدن بحث به بیان نتایج فراتحلیل این مطالعات که از بررسی بیش از ۵۰ مقاله و اثر در زمینه ارتباط فرم شهری و انرژی به دست آمده می‌پردازیم:

۱. تقریباً تمام مطالعات انجام‌شده در زمینه ارتباط فرم شهر و متغیرهای ترافیکی از شاخص میزان مسافت طی‌شده با اتومبیل شخصی^{۱۷} به عنوان نمایه میزان مصرف انرژی و میزان انتشار به کار رفته است.
۲. متاآنالیز تحقیقات نشان می‌دهد تأثیر تجمعی شاخص‌های فرم شهری بر میزان سرانه VMT بین ۱۰ تا ۲۵ درصد است.
۳. طبقه‌بندی تحقیقات از لحاظ روش‌های آماری به کار رفته در آنها نشان می‌دهد که غالب تحقیقات (بیش از ۶۰ درصد) از روش تحلیل رگرسیون خطی^{۱۸} به منظور تعیین ضرایب همبستگی بین متغیرها استفاده کرده‌اند.^{۱۹}

نگاهی به وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران

براساس آماری که سال ۲۰۰۸ توسط مرکز تحلیل اطلاعات^{۲۰} در ارتباط با انتشار CO₂ برای سازمان ملل متحد جمع‌آوری شده میزان انتشار دی‌اکسیدکربن جمهوری اسلامی ایران برابر ۵۳۸ میلیون تن برآورد شده که ایران را در جایگاه هشتمین کشور انتشاردهنده گازهای گلخانه‌ای قرار داده است. نکته قابل توجه رشد بالای میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از سوخت‌های فسیلی کشور ایران از سال ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۸ است که به طور متوسط برابر ۶/۳ درصد بوده است. این روند رو به رشد باعث شده است در تخمین این مرکز برای سال ۲۰۱۰ ایران جایگاه هفتم را به خود اختصاص دهد (CDIAC, 2008).

بررسی تخمین‌های موجود در گزارش‌های نهادهای بین‌المللی و سازمان‌های ملی در ارتباط با انرژی کشورهای مختلف نشان می‌دهد اگرچه سهم حمل و نقل شهری از میزان کل انتشار در کشورهای دنیا متفاوت است، اما به طور کلی می‌توان گفت بخش حمل و نقل شهری دارای سهمی بین ۸ تا ۱۳ درصد از کل انتشار CO₂ کشورهای مختلف است که در این بین ۷۰ تا ۹۰ درصد از این میزان مربوط به خودروهای شخصی است (UNEP, 2009:13).

آمار و ارقام آرایه‌شده فوق نشان‌دهنده اهمیت نقش ایران در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به خصوص در بخش حمل و نقل جاده‌ای است. همان‌گونه که در مورد آمارهای جهانی نیز ملاحظه شد متأسفانه آمار دقیقی برای نسبت انتشار CO₂ در

تصویر ۲. رده‌بندی کشورهای جهان از لحاظ میزان خسارات ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن و ذرات معلق. مأخذ: World Bank, 2006.

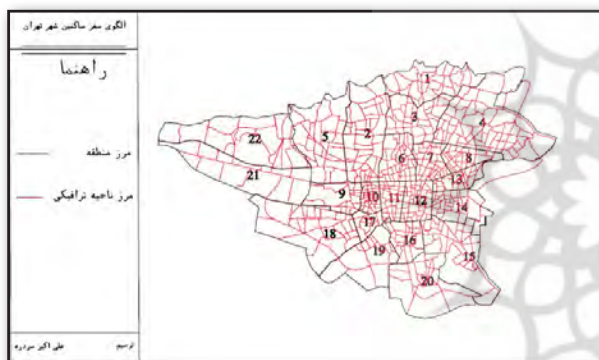
Fig. 2. Ranking of countries in terms of risks to emissions of carbon dioxide and particles. Source: World Bank, 2006.

Region	Carbon dioxide damage % of GNI 2004	Particulate emission damage % of GNI 2004
China	1.4	1.5
India	1.3	0.8
Indonesia	0.7	0.9
Iran	1.7	0.9
Japan	0.2	0.6
Malaysia	0.9	0.1
Philippines	0.6	0.3
Singapore	0.4	0.9
Thailand	1.0	0.6
East Asia & Pacific	1.2	1.2
Middle East & N Africa	1.2	0.9
South Asia	1.2	0.8
World	0.4	Wo0.5

ترانزیتی محسوب شده و بنابراین میزان یا مسافت طی شده با اتومبیل شخصی برای آنها صفر محسوب می‌شود. در مورد وسیله‌های دیگر باید میزان فاصله طی شده را تقسیم بر متوسط

اجتماعی آنها با استفاده از پایگاه داده‌ای شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران.

۳. وارد کردن شاخص‌های فرم شهری و شاخص‌های اجتماعی اقتصادی به عنوان متغیرهای مستقل و شاخص VDT به عنوان متغیر وابسته در معادله رگرسیون و به دست آوردن ضرایب همبستگی و ضریب R square و ضرایب همبستگی. ۴. تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری.



تصویر ۳. تقسیم‌بندی تهران براساس مناطق و نواحی ترافیکی. مأخذ: ترسیم نگارندگان با استفاده از اطلاعات شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران، ۱۳۸۶. Fig. 3. Different traffic zones in Tehran. Source: author based on data provided by TCTTS in 2007.

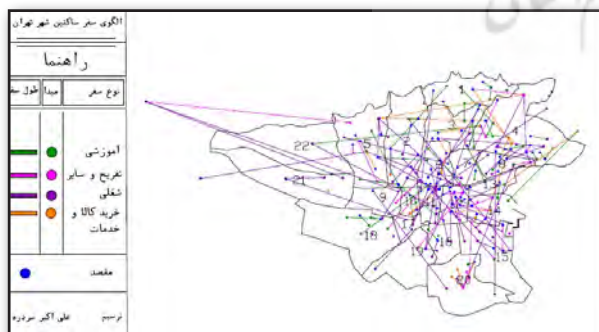
جمع‌آوری اطلاعات

ابتدا اطلاعات سفر ۳۰۰ شهروند تهرانی به همراه ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی آنها از طریق سازمان مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران جمع‌آوری شد. این سفرها براساس هدف در چهار دسته زیر گردآوری شده‌اند:

۱. شغلی
۲. خرید کالا و خدمات
۳. آموزشی
۴. تفریح و سایر

این اطلاعات براساس برداشت ترافیکی انجام گرفته توسط این سازمان در سال ۱۳۸۳ به دست آمده است. در این آمارگیری شهر تهران به ۶۰۸ ناحیه^{۲۲} ترافیکی تقسیم شده و اطلاعات سفر و ویژگی‌های اقتصادی اجتماعی ۶۲۵/۱۹۵ از شهروندان تهرانی مورد برداشت قرار گرفته که پژوهش حاضر به صورت تصادفی ۳۰۰ شهروند را برای بررسی روابط فرم شهر و سرانه مسافت طی شده با اتومبیل شخصی، انتخاب کرده است (تصویر ۳).

برای به دست آوردن سرانه مسافت طی شده با اتومبیل برای هر شهروند باید در ابتدا فاصله طی شده او برای هر سفر را به دست آورد. این فاصله برابر فاصله هوایی بین ناحیه ترافیکی مبدأ و مقصد است (تصویر ۴).

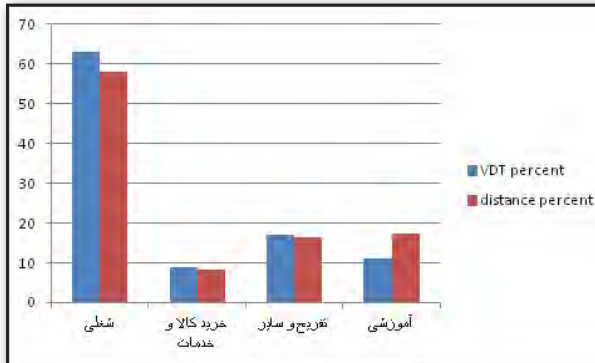


تصویر ۴. مبدأ و مقصد و فواصل سفر افراد حاضر در نمونه به تفکیک اهداف سفر. مأخذ: ترسیم نگارندگان با استفاده از اطلاعات شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران، ۱۳۸۶.

Fig. 4. The origin, destination and travel distance for sampled residents. Source: authors based on data provided by Tehran Comprehensive Transportation and Traffic Company (TCTTS), 2007.

پس از تعیین فاصله طی شده باید به تعیین میزان مسافت طی شده با اتومبیل شخصی پرداخت و این مسافت با توجه به نوع وسیله سفر اندازه‌گیری می‌شود. سفرهایی که با حمل و نقل عمومی شامل مترو و اتوبوس شرکت واحد انجام شده‌اند سفرهای

و مشخصی است. مقدار R squares برابر ۰/۱۵۴ نشان دهنده این



تصویر ۵. مقایسه فواصل سفر طی شده و فواصل طی شده با اتومبیل شخصی به تفکیک سفر. مأخذ: ترسیم شده توسط نگارندگان با استفاده از داده‌های نمونه‌گیری شده از پایگاه داده‌های شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران.

Fig. 5. A comparison between travel distances and distances travelled by cars for different purposes. Source: authors based on data provided by TCTTS.

جدول ۲. شاخص‌های بیانگر ویژگی‌های اقتصادی اجتماعی به همراه برچسب به کار رفته برای آنها. مأخذ: نگارندگان.

Table 2. Variables that show different socio-economic characteristics together with the labels used for them..Source: authors.

برچسب	متغیر
age	سن
sex	جنس
degree	میزان تحصیلات
job	شغل (گروه شغلی)
Vehicle no	تعداد اتومبیل تحت مالکیت خانواده

جدول ۳. جدول اطلاعات سفر دریافت شده از سازمان مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران. مأخذ: شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران.

Table 3. Table of urban travel data obtained from. Source: TCTTS.

Code	جنسیت	شغل	تحصیلات
1	مرد	کارمند	بیسواد
2	زن	مغازه‌دار یا فروشنده	خرده‌سال
3	نامشخص	استاد، مربی، دبیر، معلم	نهضت و پیکار
4		مالک شرکت یا کارگاه	۱ تا ۵ دبستان
5		کارگر	مدرک ابتدایی
6		نظامی	۱ تا ۳ راهنمایی
7		هنرمند	سیکل
8		کشاورز	اول تا پیش دانشگاهی
9		راننده و مسافرپر	دیپلم
10		بازنشسته	دانشجوی فوق دیپلم
11		بیکار	فوق دیپلم
12		دانشجو	دانشجوی لیسانس
13		دانش آموز، هنرآموز	لیسانس
14		خانه‌دار	دانشجوی فوق لیسانس
15		خرده‌سال	فوق لیسانس
16		پزشک و کادر پزشکی	دانشجوی دکترا
17		استاد کار	دکترا
18		سایر	طلبه
19		نامشخص	مدرک حوزوی

افراد حاصل در وسیله در شهر تهران کرد (جدول ۱).

جدول ۱. متوسط افراد حاضر در هر یک از وسایل نقلیه. مأخذ: شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران.

Table 1. Average number of occupants in any of the vehicles studied in the research. Source: TCTTS.

متوسط افراد حاضر درون وسیله	نوع وسیله نقلیه
۱.۵	سواری شخصی
۲.۸	تاکسی، آژانس، مسافرکش
۱.۴۵	وانت یا پیکاپ
۱.۲	موتور سیکلت
۱۷	اتوبوس غیر واحد
۱۱	مینی بوس
۲.۸ (برابر تاکسی)	سرویس (برابر سفرهای آموزشی)
۱۷ (برابر اتوبوس غیر واحد)	سرویس برای سفرهای شغلی
۱.۵ (برابر سواری شخصی)	وسيله سازمانی

بررسی اولیه داده‌ها

بررسی کلی اطلاعات سفر نشان می‌دهد که سفرهای شغلی از لحاظ میزان فاصله‌های طی شده ۵۷ درصد کل فاصله‌های طی شده و از لحاظ شاخص مسافت طی شده با اتومبیل شخصی VDT ۶۳ درصد از کل مسافت طی شده با اتومبیل شخصی را به خود اختصاص داده و به این ترتیب سفرهای شغلی از لحاظ حجم و مسافت‌های طی شده دارای اهمیت مطلق در مقایسه سه نوع دیگر سفر هستند (تصویر ۵).

یافته‌ها

پس از بررسی اولیه اطلاعات به تحلیل رگرسیون ارتباط شاخص مسافت طی شده با اتومبیل شخصی و شاخص‌های فرم شهر و همچنین شاخص‌های بیان‌کننده ویژگی‌های اجتماعی اقتصادی می‌پردازیم.

شاخص‌های بیانگر ویژگی‌های اقتصادی اجتماعی به همراه برچسب ۳۳ به کار رفته برای آنها در جدول ۲، ۳ و ۴ و تصویر ۶ مشاهده می‌شود.

سفرهای شغلی

پس از به دست آمدن شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی شخص و همچنین مقادیر شاخص‌های فرم شهری برای منطقه محل سکونت او و اندازه‌گیری VDT برای هر سفر او به تفکیک هدف سفر، داده‌ها را وارد معادله رگرسیون می‌کنیم. برای این کار از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. توجه داشته باشید VDT متغیر وابسته و متغیرهای فرم شهر و شاخص‌های اقتصادی اجتماعی متغیرهای مستقل هستند. (جدول ۵).

مدل فوق براساس مقدار ۰/۰۱۶ به دست آمده برای شاخص sig. در جدول ANOVA قابل پذیرش بوده و روابط آماری بین متغیرهای وابسته براساس مقادیر t و sig. روابط کاملاً با اهمیت

جدول ۴. شاخص‌های بیان‌کننده فرم شهر. مأخذ: نگارندگان با مطالعه ادبیات تحقیق و استفاده از طرح‌های تفصیلی مناطق و نتایج سرشماری عمومی کارگاهی (۱۳۸۱).
Table 4. Characteristics of urban form. Source: author based on data obtained from Tehran master plans per district as well as census surveys done in 2002.

متغیر	واحد	برچسب	شرح
تراکم مسکونی	نفر در هکتار	R popden	بیان‌کننده تراکم فرم شهری
تراکم اشتغال	تعداد شغل در هکتار	job-den	بیان‌کننده تراکم فرم شهری
تعداد کارگاه‌های موجود در منطقه	تعداد کارگاه‌ها در منطقه	No.work pl	دسترسی به اشتغال و خدمات
مساحت منطقه	متر مربع	R-area	با توجه به اینکه واحد سنجش ویژگی‌های کالبدی در سطح منطقه است بنابراین مساحت منطقه بیان‌کننده شعاع‌های دسترسی به خدمات و اشتغال بوده و همچنین با توجه به اینکه مرزبندی مناطق براساس شبکه بزرگراهی است مساحت مناطق به نوعی بیانگر شعاع دسترسی به شریان‌های اصلی شهری نیز است.
تعداد ایستگاه‌های مترو و اتوبوس در شعاع ۵۰۰ متری میدا	تعداد ایستگاه در شعاع ۵۰۰ متری	Bus&metro	دسترسی به حمل و نقل عمومی
نسب اشتغال به مسکن در منطقه	تعداد کارگاه‌ها تقسیم بر تعداد واحدهای مسکونی	Jh-ratio	تعادل مسکن و اشتغال
سطح بزرگراه‌ها و خیابان‌های شریانی درجه ۱	متر مربع	h+a	دسترسی خیابانی

عامل تأثیرگذار در کاهش فاصله سفر و میزان استفاده از اتومبیل شخصی است. همچنین با افزایش مساحت منطقه که دربردارنده مفهوم شعاع‌های دسترسی به اشتغال و خدمات است میزان استفاده از اتومبیل شخصی افزایش پیدا می‌کند. نکته دیگر آنکه با توجه به اینکه سفرهای شغلی ۶۳ درصد از میزان مسافت‌های طی شده با اتومبیل شخصی را به خود اختصاص داده‌اند می‌توان نتیجه گرفت متغیرهای فرم شهری درون این مدل حداقل تا ۹/۷ درصد بر میزان مسافت طی شده با اتومبیل شخصی در تهران تأثیر دارند. برای سایر سفرها نیز چنین مدالی استخراج شده است که نتایج آن به صورت خلاصه به صورت زیر است:

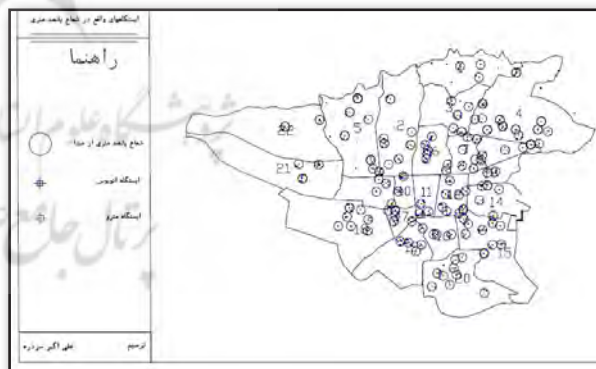
• **سفرهای با هدف خرید کالا و خدمات**

مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار در این زمینه میزان تحویل‌ات افراد است که شاید گرایش افراد تحصیل کرده به خرید کالا و خدمات در فواصل نزدیکتر نشان‌دهنده استفاده بیشتر آنها از سرویس‌های خرید الکترونیکی یا پستی بوده یا نشانگر بینش بهتر آنها در زمینه محاسبه هزینه تلف شده برای خرید از فواصل دورتر باشد.

• **سفرهای آموزشی**

مسافت‌های طی شده با اتومبیل شخصی برای سفرهای آموزشی

است که این متغیرها تا ۱۵/۴ درصد بر مسافت طی شده با اتومبیل شخصی در سفرهای شغلی تأثیرگذارند. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل رگرسیون سفرهای شغلی می‌توان نتیجه گرفت ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی افراد بر مسافت‌های طی شده آنها با اتومبیل شخصی بی‌تأثیر است و شاخص‌های ویژگی‌های کالبدی شهر تا ۱۵/۴ بر مسافت‌های طی شده با اتومبیل شخصی در سفرهای شغلی تأثیر گذارند و مقدار مسافت طی شده با اتومبیل شخصی را می‌توان به صورت مدلی از فرم شهری بیان کرد. مشاهده ضرایب همبستگی استاندارد (Beta) در جدول فوق نشان‌دهنده این است که تعداد مراکز اشتغال در منطقه مهم‌ترین



تصویر ۶. تعداد ایستگاه‌های واقع در شعاع ۵۰۰ متری از مبدأ ساکنین حاضر در نمونه. مأخذ: ترسیم: از نگارندگان با استفاده از اطلاعات دریافت شده از شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران.

Fig. 6. number of bus and metro stations within a radius of 500 meters from the residence of the people in the focus group of the research. Source: authors based on data provided by TCTS).

جدول ۵. مدل رگرسیون سفرهای شغلی به عنوان تابعی از فرم شهری. مأخذ: نگارندگان.

Table 5. Regression model for job travels as a variable of urban form. ource: authors.

COefficients ^a						
Model	Unstandardized COefficients		Standardized COefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(COnstant)	3664.165	2089.158		1.754	.084
	R-area	2.063	.621	.734	3.323	.001
	h+a	-4.504	2.033	-.385	-2.216	.030
	no.work pl	-5.78	.191	-.677	-3.017	.004
	jh-ratio	128312.365	54840.965	.554	2.340	.022

a. Dependent Variable: VDT

بیشتر تابع سطح تحصیلی است همچنین تعداد اتومبیل در اختیار خانواده عامل مهم دیگری است که در میزان مسافت طی شده با اتومبیل شخصی برای رسیدن به محل آموزشی تأثیرگذار است.

• **سفرهای تفریح و سایر**
 مسافت طی شده با اتومبیل شخصی برای افراد در سفرهای تفریحی یا سایر سفرها (به غیر از سفرهای شغلی، آموزشی، خرید) بیشتر از هر چیز تابع شغل افراد و سطح تحصیلی آنهاست.

نتیجه گیری

۱. تنها سفرهای شغلی را می‌توان تحت مدلی از ویژگی‌های کالبدی شهر درآورد و سایر سفرها به صورت مدلی از شاخص‌های فردی، اقتصادی و اجتماعی هستند.
۲. فرم شهری به میزان ۱۵/۴ درصد بر مسافت طی شده با اتومبیل شخصی در سفرهای شغلی تأثیر دارد و از آنجایی که سفرهای شغلی ۶۳ درصد از مجموع مسافت طی شده افراد با اتومبیل شخصی را به خود اختصاص می‌دهند می‌توان گفت در کل ویژگی‌های کالبدی شهر حداقل تا ۹/۷ درصد بر میزان مسافت طی شده با اتومبیل شخصی ساکنین شهر تهران تأثیرگذار است.
۳. به نظر می‌رسد تأثیر سفرهای شغلی بر کاهش انتشار CO_2 و سایر آلاینده‌ها به مراتب بیشتر از ۹/۷ درصد باشد زیرا سفرهای شغلی غالباً در ساعت اوج ترافیک انجام شده و زمان سفر در آنها برای رسیدن به یک مقصد مشخص گاهی چند برابر زمان عادی است و در این زمان نیز موتور اتومبیل‌ها روشن است و گازهای آلاینده به درون هوا انتشار پیدا می‌کنند. نکته دیگر این است که هر سفر به محل کار دارای سفر بازگشت به خانه است که برابر همان مسافت طی شده را دارد. بنابراین به طور کلی تأثیر فرم شهر بر کل مسافت طی شده همان ۹/۷ درصد است اما سفرهای برگشت نیز در ساعات اوج انجام می‌شوند و بنابراین زمان تأخیر هم در صبح و هم در بعد از ظهر محاسبه می‌شود که در این زمان موتور اتومبیل در حال انتشار گازهای آلاینده درون هوای شهر تهران است. نکته دیگر اینکه در این پژوهش فواصل هوایی بین مبدأ و مقصد به عنوان فاصله طی شده لحاظ شده است و بنابراین کاهش ۱۰ درصدی مسافت طی شده با اتومبیل شخصی فاصله هوایی است. کاملاً واضح است فواصلی که اشخاص بین مبدأ و مقصد طی می‌کنند از فواصل هوایی بیشتر بوده و تأثیر فرم شهر نیز بر این فواصل بیشتر خواهد بود.
۴. میزان مسافت طی شده با اتومبیل شخصی دارای ضریب همبستگی در حدود ۱ با انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل شهری است. بنابراین با طراحی و برنامه‌ریزی مناسب شهری می‌توان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل شهری را به میزان ۱۰ درصد کاهش داد. با توجه به آخرین آمار موجود درباره انتشار سالیانه CO_2 در تهران و بدون در نظر گرفتن رشد انتشار CO_2 در تهران این رقم برای تهران برابر ۶۰۰ هزار تن خواهد بود. همچنین ملاحظه شد که شاخص VMT یا مسافت طی شده با اتومبیل شخصی دارای ضریب همبستگی برابر ۰/۷۴ با میزان انتشار نیترو اکسیدها، که خطرناک‌ترین آلاینده هوا هستند، است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های فرم شهری دارای تأثیر حداقل ۷/۴ درصدی بر انتشار نیترو اکسیدها هستند.
۵. همان‌گونه که ملاحظه شد شاخص تعداد ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی در فاصله ۵۰۰ متری از مبدأ تأثیر مشخصی بر میزان مسافت طی شده با اتومبیل شخصی نداشته است. این مورد را می‌توان با پایین بودن سطح خدمات ارائه شده توسط حمل و نقل عمومی و عدم گرایش مردم به استفاده از حمل و نقل عمومی توجیه کرد. به نظر می‌رسد بالابردن سطح استانداردهای دسترسی و خدمات‌دهی مترو و اتوبوسرانی عامل بسیار مؤثری در تغییر رفتارهای ترافیکی ساکنین باشد.

پی‌نوشت‌ها

۱. Vehicle Distance Traveled. ۲. Vehicle Miles Traveled. ۳. Vehicle Kilometers Traveled. ۴. Aggregate studies. ۵. Smart Growth America. ۶. Disaggregate studies. ۷. scenario planning or energy consumption simulation. ۸. Newman & Kenworthy, 1988; Joseph, et al, 2012; Ewing, R. & ۹. Cervero, 2001; Nguyen Xuan Thinh, et al, 2002). ۱۰. Cervero, 2001; Nguyen Xuan Thinh, et al, 2002). ۱۱. density. ۱۲. diversity. ۱۳. design. ۱۴. destination accessibility. ۱۵. distance to transit. ۱۶. / parking supply and costs. ۱۷. / VMT,VDT,VKT. ۱۸. / Ordinary Least Square. ۱۹. برای تکمیل ادبیات تحقیق به منابع زیر نیز مراجعه شد:
۲۰. CDIAC. ۲۱. این تحلیل‌ها با استفاده از مقایسه اطلاعات به دست آمده بین اطلاعات اخذ شده از سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت و آمارهای ارائه شده توسط نهاد های بین المللی صورت گرفته است. البته باید توجه نمود که بین آمارهای داخلی و خارجی اختلاف رقم وجود دارد. ۲۲. / zone. ۲۳. label

فهرست منابع

- شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت. ۱۳۸۶. / اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور. تهران: شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت.
- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران. ۱۳۸۶. طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران. تهران: شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران.
- هیو بارتون و کترین تسورو. ۱۳۸۹. برنامه‌ریزی شهری سالم. ت: میترا عطاریان. تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.

Reference list

- Badland, H. and G. Schofield. (2006). Transport, Urban Design, and Physical Activity: An Evidence-Based Update. *Transportation Research Part D*, 10(3): 177–196.
- Badoe, D.A. and E.J. Miller. (2000). Transportation-Land-Use Interaction: Empirical Findings in North America, and Their Implications for Modeling. *Transportation Research Part D*, 5(4): 235–263.
- Bartholomew, K. (2005). *Integrating Land Use Issues into Transportation Planning: Scenario Planning; Summary Report*. college of architecture and planning, university of Utah, founded by the federal highway administration. Available from : http://faculty.arch.utah.edu/bartholomew/SP_SummaryRpt_Web.pdf.
- Burton, E. (2000). The Compact City: Just or just compact? A preliminary analysis. *Urban Studies*.37(11): 1969–2001.
- CDIAC. (2008). *CO₂ emissions from Iran*. Available from: <http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/ira.html>.
- European Environment Agency. (2006). *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge*. EEA Report No 10, ISBN 92-9167-887-2. Luxembourg: Office for Official Publications of the European.
- Ewing, R., et al. (2007). *growing cooler; The Evidence on Urban Development and Climate Change*. Urban Land Institute. Av ailable from: <http://www.smartgrowth.umd.edu/pdf/GrowingCooler-Ch1Overview.pdf>.
- Ewing, R. & Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record*, (1780): 87–114.
- Ewing, R., Pendall, R., & Chen, D. (2003). Measuring sprawl and its transportation impacts. *Transportation Research Record*, (1831): 175-183.
- Gordon, P. & Richardson, H. W. (1997). Are compact cities a desirable planning goal? *Journal of the American Planning Association*, 63(1): 95-107.
- Iranian fuel Conservation Company. (2007). *Transportation energy data book*.Tehran: Iranian fuel Conservation Company.
- Jaeger, J.A.G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, (15):115-130.
- Jenks, M., Burton, E. & Williams, K. (1996). *The Compact City: a sustainable urban form?* London: E & FN Spon publication.
- Joseph, Y, J. et al. (2012). Multicriteria sustainability assessment in transport planning for recreational travel. *International Journal of Sustainable Transportation*, (6): 127-135.
- Krizek, K. J. (2003). Residential Relocation and Changes in Urban Travel: Does Neighborhood-Scale Urban Form Matter? *Journal of the American Planning Association*, 69(1): 265–281.
- Lee, C. & Vernez Moudon, A.(2004). Physical Activity and Environment Research in the Health Field: Implications for Urban and Transportation Planning Practice and Research. *Journal of Planning Literature*, 19(2): 147–181.
- Newman, P.W.G. & Kenworthy, J.R. (1988). The Transport Energy Trade-Off: Fuel-Efficient Traffic versus Fuel-Efficient Cities. *Transportation Research*, 22(3): 163–174.
- Nguyen Xuan Thinh et al. (2002). Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development. *Environmental assessment review*, 22(5):475-492
- Noland, R.B & Thomas, J.V. (2007). Multivariate Analysis of Trip-Chaining Behavior. *Environment and Planning. Planning and Design*, 34(6): 953 – 970
- Owen, N., et al. (2004). Understanding Environmental Influences on Walking; Review and Research Agenda. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(1): 67–76.
- Sarzynski, A., et al. (2006). Testing the Conventional Wisdom About Land Use and Traffic Congestion: The More We Sprawl, the Less We Move? *Urban Studies*, 43(3): 601–626.
- Schrank, D. & Lomax, T. (2011). *The 2011 Urban Mobility Report*. Texas Transportation Institute. Available from: <http://mobility.tamu.edu/ums/>.
- MacClean, S., et al. (2009). Institutions and Social Change: implementing co-operative housing and environmentally sustainable development at Christie walk. *Cosmopolitan civil societies journal*, 1(3): 109-131.
- Swiss Federal Statistical Office (SFSO), Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Swiss Federal Office for Spatial Development (ARE). (2004). *Monitoring Sustainable Development—MONET*. Final Report—Methods and Results. The Swiss Federal Statistical Office (SFSO).
- Tehran comprehensive transportation and traffic studies Co. (2007). *Tehran transportation master plan report*. Tehran: Tehran comprehensive transportation and traffic studies Co.
- Torrens, P.M. (2008). A toolkit for measuring sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1(1): 5-36
- TSAI, Y.-H. (2004). Quantifying urban form: compactness versus sprawl. *Urban studies journal*, 42 (1): 141-161
- UNEP. (2009). *Reducing emission from private cars: incentive measures for behavioral changes*. United nations environment programme report.
- World bank. (2006). world development indicators, Iran CO₂ emission statistics. Available from: [http://search.worldbank.org/quickview?name=%3Cem%3ECO2%3C%2Fem%3E+emissions+%28metric+tons+%3Cem%3Eper%3C%2Fem%3E+%3Cem%3Ecapita%3C%2Fem%3E%29&id=EN.ATM.CO2E.PC&type=Indicators&cube_no=2&qterm=CO₂+per+capita+emission](http://search.worldbank.org/quickview?name=%3Cem%3ECO2%3C%2Fem%3E+emissions+%28metric+tons+%3Cem%3Eper%3C%2Fem%3E+%3Cem%3Ecapita%3C%2Fem%3E%29&id=EN.ATM.CO2E.PC&type=Indicators&cube_no=2&qterm=CO2+per+capita+emission).
- World bank. (1993). *Tehran transport emission reduction report*. Washington, DC: World Bank.

Effects of urban form on automobile dependency and energy consumption in Tehran residential regions

Naser Barati*
Ali Akbar Sardareh**

Abstract

Climate change is threatening our planet and human settlements by its short and long time consequences. Globally, transport-related emissions of carbon dioxide are growing rapidly. The use of petroleum as a fossil fuel for transportation is the main source of carbon dioxide emissions. Statistics show that 22 percent of global CO₂ emission occurs in transportation section and it is estimated that urban transport accounts for 8 to 13 percent of total emission in different countries. It is clear that any reduction in fossil fuel consumption in urban transport can help reduce total emission and improve the air quality in urban areas. Therefore, urban planners have considered different ways of energy usage reduction in the transportation section and have studied the effects of a wide range of factors on fuel consumption in urban transport over the recent years. Previous researchers have shown that urban form is a very important and effective factor that can affect energy consumption by 10 to 25 percent in urban transport. Based on reports by international organizations, Iran has the 7th ranking in the list of countries with the highest amount of carbon dioxide emissions. The damage of carbon dioxide and other particles is 2.7 percent of Iran's GNI. Considering the rapid growth of urbanization and subsequently the rapid growth of energy consumption in urban transport, the present article studies the effects of urban form on energy consumption and the amount of emissions of CO₂ and other pollutants in urban areas of Iran. The focus area for the research is Tehran. International experiences have shown that socioeconomic factors like, age, sex, job, and the academic degree can affect the traffic behavior of urban residents. These factors have been applied as control variables to help the research to establish a clear relation between urban form and energy consumption. Like many different international researches, vehicle distance travelled (VDT) is applied as the main measure reflecting energy consumption in urban transportation section. Regression analysis has been applied in the current research for determining the correlations between urban form factors and the VDT.

For the purposes of the research, the socioeconomic and urban form factors for 300 individuals have been used from surveys like a sampling done by Tehran Comprehensive Transportation and Traffic Company (TCTTS) in 2005. The sample volume used in the present research is approximately 195,000 individuals and 300 individuals were selected by applying systematic sampling method. Then, the collected data were divided base on the purpose of travel. It should be noted that in Tehran Transportation Master Plan, travel purposes are defined as job, educational, service, leisure and other. In the second step, travel distances for each person has been measured separately based on the purpose of travel. Preliminary investigations show that the share of job travels stands at 53 percent of total per capita distance travelled. It should be considered that vehicle distance travelled depends on vehicle choice of residents. For example, VDT for transit travels is considered as 0 in different researches over urban form and energy relations. Travelled distance should be divided by the average of number of passengers in the specific vehicle type that is used for the travel.

The share of job-related travels of total VDT per capita is 63 percent based on measurement methods used in the present research. The impact of socioeconomic factors on traffic behavior and energy consumption is important and should be considered and measured alongside measuring the impacts of urban form. By this, the evaluation of the exact effect of urban form on energy consumption in transport section is ensured. Socioeconomic factors have been applied as control variables in the analysis process of the research.

TCTTS's sampling that has been used as the main database for this research contains various socioeconomic characteristics of each person. Among them, job, age, sex, academic degree have been picked up as control variables in the model. Finally, the effects of urban form factors on Vehicle Distance Travelled (VDT) are separately measured for four travel purposes (educational, job, service, leisure and other). Eventually, it was established that the total effect of urban form factors on VDT per capita of all kind of travel purposes is more than 10 percent in Tehran metropolis. Results also show that VDT per capita of job travels, which account for 63 percent of VDT per capita, can be described as a model of urban form factors but VDT of other three aims cannot be seen as a model of urban form. According to the model, street accessibility, job accessibility and the area of living region have most effects on vehicle dependency of Tehran different regions residents.

Keywords

CO₂ emission, urban form, energy, VDT, Tehran.

*. Ph. D. in Urbanism. Assistant Professor of Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. naser.barati2012@yahoo.com

** M.A. in Urbanism. Department of Urbanism and Architecture, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. ali.sardareh@gmail.com.