

بررسی ارتباط بین کاربری-حمل و نقل و میزان مصرف انرژی

نمونه موردی: مناطق بیست و دوگانه شهرداری تهران^۱

پویان شهبان^۲

استادیار دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

بهار زرین^۳

شراره عظیمی^۴

کلیدواژگان: کاربری، حمل و نقل، مصرف انرژی، رفتار سفر، تهران.

۱. منبع اصلی بخش‌های مباحث نظری و تحلیل این مقاله، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی بهار زرین با عنوان بررسی ارتباط حمل و نقل شهری و الگوی کاربری زمین در راستای تیل به توسعه پایدار شهری است که به راهنمایی دکتر پویان شهبان در اسفندماه سال ۱۳۹۰ در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی به انجام رسیده است.

۲. نویسنده مسئول؛

۳. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی شهری و سیاست‌های عمومی، دانشکده امور عمومی و شهری، دانشگاه تگراس در آریلینگون؛ bahar.zarini@mavs.uta.edu

۴. دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران؛ shararreh_azimi@yahoo.com

مؤلفه از کاربری تأثیرگذار بر کیلومتر سفر و نوع حمل و نقل و در نتیجه بر مصرف انرژی در شهر معین و استخراج شدند و برای بررسی صحت ارتباط‌های استخراج‌شده در نمونه موردی (شهر تهران)، از روش‌ها و تحلیل‌های آماری با بهره‌گیری از امکانات نرم‌افزاری SPSS (گرسپون تک‌متغیره و چندمتغیره) استفاده شده است. یافته‌های تحقیق حاکی از تأثیرگذاری کاربری زمین (اختلاط کاربری، تقادل کاربری، دسترسی به حمل و نقل، طراحی خیابان‌ها) بر کیلومتر سفر و نوع حمل و نقل عمومی و در نتیجه بر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل است.

۱. مقدمه

انرژی یکی از منابع اصلی در اختیار بشر، به طور مستقیم، به توسعه اقتصادی و کیفیت محیط مربوط است. اجتماع مدرن امروزی حیات خود را از انرژی می‌گیرد. رشد اقتصادی بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته به دلیل در اختیار داشتن انرژی در حجم زیاد و قیمت پایین امکان‌پذیر شده است. کاربرد انرژی برای تولیدات صنعتی، حمل و نقل، و کشاورزی مرکز ثقل در اقتصاد جهانی محسوب می‌گردد. انرژی عنصری تأثیرگذار بر سلامت، زندگی و تولیدات بهتر است و امکاناتی

چکیده
گسترش سریع شهرها در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم و به تبع آن، استفاده بی‌رویه انرژی، شهرها را با مسئله‌ای به نام «بحران انرژی» مواجه کرده است. در این میان حمل و نقل یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های مصرف انرژی، به‌خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر است. تکیه بر تکنولوژی‌های جدید و استفاده از انرژی‌های نو، اگرچه می‌تواند مؤثر باشد، به‌تنهایی نمی‌تواند مشمر ثمر واقع شود و مجموعی از تغییرات به منظور ایجاد تغییر الگوی شهرها برای کاهش استفاده از ماشین ضروری می‌نماید. یکی از گام‌های اساسی برای کم کردن و یا بهینه کردن مصرف انرژی، تغییر در رفتار سفر است، این تغییر می‌تواند تأثیر بسزایی در تغییر مصرف انرژی در کل داشته باشد. در این بین یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده رفتار سفر کاربری زمین است.

از این رو این پژوهش با هدف بررسی ارتباط بین کاربری و رفتار سفر و در نتیجه کاربری و میزان مصرف انرژی انجام گرفته است. برای دستیابی به هدف مذکور و پس از مطالعات ادبیات جهانی، پنج

پرسش‌های تحقیق

۱. چه عواملی بر روی رفتار سفرهای درون شهری مؤثر بوده و از میان این عوامل کدامیک تحت تأثیر کاربری اراضی است؟
۲. چه ارتباطی میان حمل و نقل و کاربری اراضی شهری با مصرف انرژی در شهر تهران وجود دارد؟

نظیر گرمایش، سرمایش، روشنایی، نقل و انتقال، و... را برای بشر فراهم می‌کند. گسترش سریع شهرها در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم و به تبع آن، استفاده بی‌رویه انرژی، شهرها را با مسئله‌ای به نام «بحران انرژی» مواجه کرده است، که خطر اصلی آن فقدان منابع انرژی تجدیدپذیر در آینده است. چنین روندی شهرها، مناطق، و ملت‌ها را ملزم به جستجوی منابع انرژی جانسین در آینده خواهد کرد. این در حالی است که علاوه بر کاهش منابع انرژی فسیلی، تبعاتی که مصرف این‌گونه انرژی‌ها به دنبال دارند (همچون گرم شدن کره زمین، تخریب لایه اوزون، تغییرات در آب‌وهوا، و...) شهرها را مجبور به استفاده بهینه از انرژی خواهد کرد. اگر قرار است که شهرها استفاده معقول و پایدار از انرژی داشته باشند، تکیه بر اصلاحات تکنولوژیکی به‌تنهایی نمی‌تواند کافی باشد و مجموعه‌ای از تغییرات به منظور ایجاد الگویی در شهرها برای کاهش استفاده از ماشین‌آلاتی لازم است.

یکی از گام‌های اساسی، به منظور کم کردن و یا بهینه کردن مصرف انرژی، تغییر در رفتار سفر است، این تغییر می‌تواند تأثیر بسزایی در تغییر مصرف انرژی در کل داشته باشد. در این میان فرم شهر، چگونگی الگوی کاربری زمین، و شیوه‌های حمل‌ونقل به دلیل تأثیر مستقیم بر رفتار سفر می‌تواند بر میزان مصرف انرژی و کارایی آن مؤثر باشند. از این رو در پژوهش حاضر نقش الگوی کاربری زمین و حمل‌ونقل در کاهش مصرف انرژی و دستیابی به نتایج عملی توسعه پایدار در توسعه شهرها بررسی شده است.

در این مقاله ابتدا به طور اجمالی ادبیات تحقیق مرور شده است و پس از معرفی عوامل تأثیرگذار بر رفتار سفر و انرژی، به روش شناسی این تحقیق پرداخته می‌شود. در بخش یافته‌های تحقیق نتایج بررسی عوامل ذکرشده در نمونه مورد بررسی بیان می‌شود. بخش انتهایی نیز شامل نتیجه‌گیری و طرح پیشنهادها است.

۲. مبانی نظری

گسترش سریع شهرها و رشد روزافزون جمعیت، نفعتها باعث از دست رفتن زمین‌های باارزش کشاورزی شده‌اند، بلکه سبب معضلات مختلف شهری همچون گسترش بی‌نظمی، آلودگی هوا، ترافیک و ازدحام گردیده‌اند. از سوی دیگر، به تبع آن، استفاده بی‌رویه انرژی، شهر را با مسئله‌ای به نام

«بحران انرژی» مواجه ساخته است. از این رو مفهوم توسعه پایدار به معنای توسعه‌ای که تأمین‌کننده خدمات پایه‌ای در ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، و اجتماعی برای همه، و حرکتی به سوی عدالت اجتماعی باشد و در عین حال سیستم‌هایی که از این خدمات بهره می‌برند، منابع طبیعی و اجتماعی را تهدید و تخریب نکنند، به منزله مبنایی برای کاستن معضلات مذکور ظهور یافت.

قرن بیست و یکم، قرن مواجهه با بحث جدال برانگیز توسعه پایدار با اولویت‌ی پایداری شهری است.^۵ مک نیل بر این عقیده است که توسعه پایدار به میزان وسیعی با شهر ارتباط دارد.^۶ توسعه‌های شهری بالاترین تقاضا برای مصرف هر نوع انرژی و منابع طبیعی را دارند. شهرها در حال حاضر استفاده‌کننده سه‌چهارم انرژی کل دنیا هستند.^۷ بنا بر این چگونگی توسعه و استفاده آن‌ها از این منابع انرژی می‌تواند تأثیر بسزایی در دستیابی به توسعه پایدار داشته باشد.

نگرانی‌های معطوف به مبحث انرژی فقط متوجه بحث سوخت‌های فسیلی و جانشین‌های آن نبوده، بلکه چگونگی استفاده و ساختارهای شهری و میزان مصرف انرژی ناشی از آن، و همچنین اثرات اقتصادی، زیست‌محیطی، و اجتماعی آن نیز موضوعاتی است که در این مبحث به آن پرداخته می‌شود. شهرها به دلیل ساختار و استراتژی‌های اتخاذشده در آن‌ها در خصوص این موضوع مسیرهای متفاوتی را در پیش می‌گیرند.^۸ اهمیت مسئله انرژی زمانی بارزتر می‌شود که در نظر داشته باشیم، بدون انرژی پایداری شهری امکان‌پذیر نخواهد بود.

۱.۲ روند مصرف انرژی در دنیا

مصرف انرژی همواره سیر صعودی داشته است و در دهه‌های اخیر این شیب تغییرات بالاتر بوده است، اما تغییرات در بخش حمل‌ونقل، همان‌طور که در جدول «ت ۱» نشان داده شده است، بسیار چشمگیر است.

اعداد حاکی از سهم بالای حمل‌ونقل در مصرف انرژی کل و سرعت تغییرات آن است. نیمی از سهم انرژی در بخش حمل‌ونقل با وسیله نقلیه شخصی، ۳۰٪ در باربری، و ۱۳٪ نیز در سفرهای هوایی استفاده می‌شود. این افزایش در انرژی مصرفی در حمل‌ونقل طی ۳۰ سال عموماً از ماشینی شدن شهرها و شیوه‌های جدید حومه‌نشینی شهری نشأت می‌گیرد.

۲.۲ روند مصرف انرژی در ایران

بر اساس آمارهای مرکز آمار ایران، جمعیت ساکن در شهرهای کشور از ۹/۸ میلیون نفر در سال ۱۳۴۵ به ۲۸ میلیون نفر در سال ۱۳۸۵ رسیده است. در همین حال تعداد شهرهای ایران نیز از ۲۷۱ شهر در سال ۱۳۴۵ به ۱۰۱۲ شهر در سال ۱۳۸۵ رسیده است. درصد جمعیت شهرنشینی نیز از ۳۸٪ در سال ۱۳۴۵ به ۶۷٪ در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است. همراه با این افزایش در شهرنشینی مصرف انرژی نیز روندی صعودی را نشان می‌دهد. به طوری که کل مصرف انرژی از ۳/۴ میلیون بشکه نفت خام به ۹۱۶ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است. در طی دوره زمانی ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۸۵ بالاترین میزان رشد مصرف در میان فرآورده‌های عمده نفتی مربوط به بنزین با میزان ۸۸٪ نرخ رشد متوسط سالانه بوده است. مصرف بنزین در سال ۱۳۸۵ با ۱/۱ رشد نسبت به سال ۱۳۸۴ به ۲۶۸۶۷ میلیون لیتر رسیده است. عمده‌ترین بخش مصرف‌کننده بنزین در کشور بخش حمل‌ونقل بوده که سهمی بیش از ۹۹/۲٪ به آن اختصاص دارد. وسیله‌های حمل‌ونقل مختلف کارایی مصرف انرژی متفاوتی دارند. انرژی مصرف‌شده به ازای هر نفر در هر

سهم	۱۹۷۳	۲۰۰۲
صنعت	۱۶۹۳	۲۲۴۲
حمل‌ونقل	۹۶۶	۱۸۳۷
سایر	۱۸۰۰	۲۸۱۰

5. F.M. Dieleman et al, "Planning the Compact City: The Randstad Holland Experience", p. 610.
6. MacNeil et al, "Sustainable development-The Urban Challenge", p. 31.
7. R. Rogers, Cities for a Small Planet, p. 27.
8. Stephen A. Roosa, Energy and Sustainable Development in North American Sunbelt Cities, p. 34.

۹. محسن ابراهیمی و مراد آل احمد، «بررسی ارتباط بین شهرنشینی و مصرف بنزین در ایران با استفاده از روش داده‌های ترکیب»، ص ۳۲.

ت ۱. جدول انرژی مصرف‌شده در جهان به تفکیک بخش، مأخذ: IEA (2005): reworked to include biofuels in 1973.

کیلومتر در حمل و نقل عمومی در شهرهای ایران بین ۰/۸ تا ۰/۷ این میزان در وسیله حمل و نقل شخصی است. نمودار «ت مقایسه کارایی انرژی در حمل و نقل عمومی و وسیله نقلیه شخصی در تهران را نشان داده است.

همان گونه که مشاهده می شود، در حال حاضر وابستگی شهرها به وسیله نقلیه شخصی، سهم بالایی از مصرف انرژی را رقم زده است. تغییر در الگوی شهرها می تواند از طرق مختلف همچون محدود کردن یا جلوگیری از ساخت جاده در مقیاس بالا، رها کردن پروژه های کاهش ترافیک و علم بر اینکه از کدام و تراکم می تواند موجب کاهش استفاده از خودرو شخصی و مصرف انرژی شود، محتوای این پروژه ها می تواند اولویت دادن به ساخت سیستم های حمل و نقل عمومی سرعت بالا و کارآمد توسعه ها در محدوده سیستم های حمل و نقل عمومی، ایجاد شرایط و محیط جذاب برای پیاده روی و دوچرخه سواری از سوی طراحان شهری و شهرهای پیاده محور باشد. تغییرات در تکنولوژی و ماشین می تواند به صورت موازی با همه این تغییرات در نظام شهری رخ دهد که این نیز در کنار بستری که استفاده کمتر از وسیله نقلیه شخصی را ترجیح می کند، بسیار کارا تر خواهد بود. ابتکارات تکنولوژیکی نوش داروی معضل انرژی مورد استفاده در بخش حمل و نقل نیست، و زمانی که ما برای بازسازی شهرهایمان بدان نیازمندیم

10. J.M. Levy, Contemporary Urban Planning, p. 32.

۲. نمودار کارآمدی انرژی حمل و نقل عمومی در تهران، مأخذ: سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، <http://www.ifco.ir/transportation/training/book/TransportationSystems.pdf>



می تواند کمتر یا مساوی با زمان مورد نیاز برای تغییرات شگرف در صنعت خودرو و سوخت فسیلی باشد.

در زمینه حفاظت و بهینه سازی مصرف انرژی در شهر نظرها و تحلیل های فراوانی بیان شده است. این مهم در سطوح مختلف و از سوی متخصصین مختلف بررسی شده است. لوی گام های مناسب برنامه ریزان و مسئولین را برای حفاظت و استفاده بهینه از انرژی به شرح ذیل می داند:

- برنامه ریزی کاربری زمین؛
- تغییرات در حمل و نقل؛
- تغییر در خصوصیات ساختمان ها؛
- استفاده از منابع موجود در محله ها و مناطق^{۱۰}.

۳.۲. انرژی و کاربری زمین

برنامه ریزی کاربری زمین از جنبه های مختلف می تواند موجب کاهش مصرف انرژی شود. مؤثرترین آن از طریق تأثیرگذاری در رفتار سفر است. یکی از تأثیرهای کاربری بر رفتار سفر کمینه کردن حمل و نقل و سفر است. یکی از راه های رسیدن به این امر کاهش متوسط فاصله بین مبدأ و مقصد است. راهبرد عملی آن می تواند ترویج توسعه های اختلاط کاربری باشد. به طور مثال ترکیب کاربری های تجاری و خرده فروشی با مسکونی می تواند موجب کاهش میانگین سفر در سفرهای مرتبط با خرید شود.

از طرق دیگر تأثیرگذاری کاربری زمین بر روی مصرف انرژی تسهیل استفاده از شیوه های حمل و نقل غیرموتوری یا حمل و نقل عمومی است. مثال واضح این شیوه ایجاد خطوط اتوبوس در راه های اصلی است. یا مقیاس خرد آن می تواند ایجاد خطوط دوچرخه سواری به صورت جدا از ترافیک موتوری، به منظور ترغیب استفاده از آن، باشد. در برنامه ریزی کاربری زمین با ایجاد خدمات و خرید روزانه در مسیر پیاده روی نیز می توان تسهیلات حمل و نقل عمومی و جمع و پخش کردن مناسب مسافران را فراهم آورد، برای این منظور باید کاربری های مسکونی و غیرمسکونی به

۴.۲. کاربری و رفتار سفر

ارتباط متقابل بین کاربری و حمل‌ونقل جریانی پویا است و شامل تغییرات در ابعاد زمانی و فضایی بین دو سیستم می‌شود.^{۱۱} توسعه و تحول سیستم حمل‌ونقل دسترسی‌هایی را امکان‌پذیر کرده که موجب تغییرات در الگوی کاربری زمین شده است. در چند دهه گذشته مطالعات بسیاری پیرامون ارتباط بین حمل‌ونقل و کاربری زمین با شیوه‌های مختلف انجام پذیرفته است. در ادبیات مربوطه عوامل مربوط به کاربری و تأثیرگذار بر روی رفتار سفر طبق این فهرست است: دسترسی، تراکم، اختلاط کاربری و طراحی محله، خصوصیات اجتماعی-اقتصادی، میزان مالکیت خودرو شخصی، و خدمات حمل‌ونقل عمومی. در بین این عوامل تأثیرگذار، دسترسی، تراکم، اختلاط کاربری، و تعادل کاربری و طراحی محله عوامل تأثیرگذار کاربری هستند.^{۱۲} کرورو و کولکمن نیز سه عامل تأثیرگذار کاربری بر رفتار سفر 3Ds^{۱۳}، یعنی تراکم، تنوع (اختلاط کاربری)، و طراحی (طراحی محله)، را مؤلفه‌های کاربری زمین تأثیرگذار بر رفتار سفر را ذکر کرده‌اند.^{۱۴} در ادامه به بررسی عوامل تأثیرگذار بر روی رفتار سفر پرداخته می‌شود.

۴.۲.۱. دسترسی و سفر

دسترسی در ادبیات ارتباط بین حمل‌ونقل و کاربری در دو مفهوم متفاوت به کار گرفته شده است. ممکن است به معنای «دسترسی توسط حمل‌ونقل» (شامل پیاده‌روی)، یا «دسترسی به حمل‌ونقل» باشد. دسترسی توسط حمل‌ونقل به این معنا است که یک مکان «چقدر دارای ارتباط مناسب» با فعالیتی بخصوص (به طور مثال مراکز کار و مراکز خرید) است.^{۱۵} کرورو و کولکمن دسترسی را از مؤلفه‌های تنوع کاربری در نظر گرفته‌اند که به معنای دسترسی به مشاغل بوده است.^{۱۶} با وجود این در بسیاری از مطالعات «دسترسی به حمل‌ونقل» نیز عاملی مربوط به کاربری در نظر گرفته شده است.

طور مناسب مکان‌یابی و مستقر شوند.^{۱۱} خصوصیات ساختمانی نیز می‌تواند به گونه‌ای باشد که تأثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی داشته باشد. آن بخش از خصوصیت ساختمانی که به کاربری مرتبط می‌شود، ارتباط ساختمان‌ها با هم است. به این صورت که با برنامه‌ریزی کاربری زمین می‌توان سازندگان را به طراحی و اجرای ساختمان‌های چسبیده به هم و اتصال خانه‌ها به همدیگر و ایجاد فضاهای باز و سبز مشترک ترغیب و در مقابل از بنای ساختمان‌های ویلایی جدا از هم منصرف کرد. خانه‌های باز جدا به دلیل مجاورت و تبادل بیشتر با محیط برای تأمین سرمایه‌های و گرمایش به انرژی بیشتری نیازمند هستند. البته این نوع ساخت‌وساز در تهران و شهرهای ایران کمتر دیده می‌شود. بنا بر این مطرح کردن آن به دلیل جامعیت در ادبیات تحقیق است و یک راهبرد در نظر گرفته نمی‌شود.

خصوصیت ساختمانی دیگر مرتبط به کاربری زمین جهت‌گیری ساختمانی است. قرارگیری ساختمان‌ها با در نظر گرفتن نور خورشید می‌تواند امکان استفاده از نور خورشید برای گرمایش را فراهم آورد. در خیابان‌هایی که امکان قرارگیری شرقی-غربی ساختمان‌ها فراهم است و قرارگیری روی ساختمان‌ها به سمت جنوب برای حداکثر کردن مجاورت با نور خورشید تسهیل شده است می‌توانند تأثیر بسزایی در این زمینه داشته باشند. جوامع مختلف با منطقه‌بندی مناسب دسترسی به نور خورشید را ایجاد کرده‌اند. طبق این منطقه‌بندی در قرارگیری ساختمان‌ها و درخت‌ها از مسدود کردن دسترسی مستقیم ساختمان‌ها به نور خورشید جلوگیری می‌شود.^{۱۲}

در چهار شیوه ذکر شده، خصوصیات ساختمانی بیشتر توجه معماران و برنامه‌ریزی منابع محلی توجه مهندسیین انرژی را جلب می‌کند و آنچه که مربوط به مقیاس شهر و محل توجه برنامه‌ریزان شهری می‌شود، برنامه‌ریزی کاربری و حمل‌ونقل است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شده، با تغییر در کاهش طول سفر و نوع حمل‌ونقل (رفتار سفر) می‌توان در راه کاهش مصرف انرژی گام برداشت.

11. Ibid, p. 34.
12. Ibid, p. 33.
13. S.L. Shaw & X. Xin, "Integrated Land Use and Transportation Interaction: A Temporal GIS Exploratory Data Analysis Approach", p. 63.
14. Joo Joonwon, A *Dynamic Model of Land Use Transportation to Achieve Sustainable Outcomes for Urban Travel Behavior*, p. 74.
15. 3Ds: Density, Diversity, Design
۱۶. تک: R. Cervero, & K. Kockelman, "Travel demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design".
17. E.J. Miller et al, *Integrated Urban Models for Simulation of Transit and Land Use Policies: Guidelines for Implementation and Use*, p. 23- 36.
۱۸. تک: R. Cervero, & K. Kockelman, *ibid*.

دسترسی به معنای دسترسی به حمل‌ونقل، به‌سادگی به معنای فاصلهٔ اقلیدسی یا شبکه‌ای با شریان‌های اصلی یا مراکز حمل‌ونقل عمومی است. دسترسی به جاده عاملی مهم برای مدل تقاضای حمل‌ونقل سنتی است، که در ادبیات ارتباط بین حمل‌ونقل و کاربری، زمانی که سخن از عوامل تأثیرگذار بر انتخاب شیوه‌های حمل‌ونقل به میان می‌آید، با فاصله تا ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی قیاس می‌شود. عموماً از فاصلهٔ اقلیدسی برای دسترسی به حمل‌ونقل عمومی استفاده می‌شود، در صورتی که در خصوص دسترسی به راه، از هر دو مفهوم فاصلهٔ اقلیدسی و شبکه‌ای استفاده می‌شود. با فراهم آمدن نرم‌افزار جی آی اس، در مطالعات بسیاری از فاصلهٔ شبکه‌ای برای دسترسی به حمل‌ونقل عمومی نیز استفاده شده است. به طور مثال رودریگز و جو^{۱۹} فاصلهٔ پیاده‌روی شبکه‌ای را فاصلهٔ خانه‌های مسکونی تا نزدیک‌ترین ایستگاه‌های اتوبوس با احتساب کوتاه‌ترین مسیر پیاده‌روی در نظر گرفته‌اند. در این تحقیق هنگام صحبت از دسترسی به حمل‌ونقل و دسترسی با حمل‌ونقل، نوع عمومی مد نظر است.

۲.۴.۲. اختلاط کاربری و سفر
اختلاط کاربری، یکی از مختصه‌های رشد هوشمند است. برنامه‌ریزان حمل‌ونقل از ایجاد تعادل بین کار و سکونت به منزلهٔ شیوه‌ای برای کاهش سفرهای اوج سفر و انسجام بخشیدن به رفت‌وآمدها استفاده می‌کنند.^{۲۰} اختلاط کاربری به سه دلیل موجب کاهش سفر می‌شود: (۱) نزدیک کردن مبدأ و مقصد و کاهش فاصله و مدت زمان سفر، (۲) ترغیب مردم به پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، و استفاده از حمل‌ونقل عمومی، (۳) از بین بردن یا کوتاه کردن سفرهای با ماشین از طریق جلب مسافران به مقصدهای جدید و در دسترس‌تر و راحت‌تر.

۲.۴.۳. تعادل سکونت/ اشتغال و سفر
تحقیقات نشان می‌دهد که تعادل سکونت- اشتغال سبب کوتاه شدن مسافت‌های رفت‌وبرگشتی می‌شوند. این موضوع ممکن است که بدیهی به نظر برسد، اما در واقع تعداد شغل‌های درون یک محدوده به این معنی نیست که ساکنین آن محدوده لزوماً درون همان محدوده کار می‌کنند. اما مشاهدات بر این موضوع تأکید دارند که احتمال کار کردن در نزدیکی سکونت در وضعیتی که این تعادل نیست، پایین‌تر است. فرانک و پیوو در مطالعه‌شان در پوژت ساوند^{۲۱}، به این نتیجه رسیدند که میانگین مسافت سفرهای کاری که به مناطق متعادل ختم می‌شوند (مناطق که تناسب سکونت/ اشتغال بین ۰/۸ تا ۱/۲ است) ۳۹٪ کمتر از آن دسته‌ای است که به مناطق غیرمتعادل ختم می‌شوند.^{۲۲} مطالعهٔ اوینگ بر روی پانصد محله فلوریدا روایت از این دارد که سهم سفرهای رفت‌وبرگشتی درون‌محله‌ای در محله‌هایی که تعادل سکونت اشتغال داشته‌اند، بیشتر از محله‌های فاقد این تعادل است.^{۲۳}

۲.۴.۴. طراحی محله/ خیابان‌ها و سفر
در حدود دو دهه پیش، کولاش و انگلین^{۲۴} الگوی خیابان شطرنجی را کارآمدتر از شبکه‌های حومه‌های شهری می‌دانستند و دلایل آن را به این صورت بیان کرده‌اند: (۱) خیابان‌های بزرگ و طولیل که معرف شبکهٔ راهی حومهٔ شهری است نقص مقیاس دارند، (۲) حرکت کردن در خیابان‌های کوتاه‌تر کارآمدتر است، (۳) حق انتخاب بالاتری، که در خیابان‌های شبکه‌ای در اختیار است، می‌تواند حق انتخاب مسیر را در زمان بالا ببرد و راننده‌ها مجبور به عبور از چند خیابان محدود طولیل نبینند، و (۴) احتمال وجود جریان پیوستهٔ قطع‌نشده در شبکه‌های حومهٔ شهری بالاتر است، زیرا خیابان‌های کوتاه‌تر امکان تقاطع‌ها را بالا می‌برد. به‌علاوه خیابان‌های شبکه‌ای به دلیل انتخاب مسیرهای مستقیم، مناظر با سفرهای کوتاه‌تر هستند.^{۲۵} در این

نک: ۱۹

R.A. Rodriguez and J. Joo, "The Relationship between Non-motorized Mode Choice and the Local Physical Environment".

20. R. Cervero & M. Duncan,

"Which Reduces Vehicle

Travel More: Jobs-Housing Balance or Retail-Housing Mixing?"; p. 51; R. Ewing et al,

"Response to Special Report 298 Driving and the Built Environment: The Effects of Compact Development on

Motorized Travel, Energy Use, and CO2 Emissions"; p. 72.

21. P.vzht Savand

نک: ۲۲

L. Frank, & G. Pivo, "Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-occupant Vehicle, Transit, and Walking"

نک: ۲۳

R. Ewing, *Transportation and Land Use Innovations*.

نک: ۲۴

W. Kulash and J. Anglin, *Traditional Neighborhood Development: Will the Traffic Work?*

25. R. Crane "Cars and

Drivers in the New Suburbs: Linking Access to Travel in Neo Traditional Planning", p. 72.

خصوصاً تأثیر خیابان‌های شبکه‌ای مستقیماً بر روی پیامدهای حمل‌ونقلی خواهد بود. برای ارزیابی الگوی شبکه‌ای خیابان‌ها، محققین اغلب از ملاک تعدد تقاطع استفاده می‌کنند.^{۲۶}

سفر با تراکم موضوعی است که بیشترین بحث را به دنبال داشته است و انتقاداتی به آن وارد شده است.^{۲۷} ولی به دلیل هدف این پژوهش از بحث بیشتر پیرامون آن خودداری می‌شود.

۳. جمع‌بندی مبانی نظری و تعیین عوامل تأثیرگذار بر رفتار سفر

نیومن و کنورتنی در زمینه ارتباط بین فرم شهری و انرژی، تحقیقات بسیاری انجام داده‌اند و هنوز مطالعات آن‌ها قوی‌ترین کار در بین تحقیقات مختلف در این زمینه است.^{۲۷} اگرچه بر نظریه آن‌ها به لحاظ زمینه روش‌شناسی آن انتقاد کمی شد،^{۲۸} اما هنوز هم هیچ مثال تقضی برای ارتباط بین تراکم و میزان مصرف انرژی پیدا نشده است و بسیاری از تجربیات صحت این ادعا را مستحکم‌تر می‌کنند. مطالعه نیومن یکی از جامع‌ترین مطالعات (از نظر جمع‌آوری داده‌ها) در سطح بین‌المللی است. در حالی که نویسنده بر روی مصرف گازوئیل و وابستگی به ماشین شخصی تکیه دارد، اطلاعات برای کل حمل‌ونقل (ماشین شخصی و حمل‌ونقل عمومی) عرضه شده است. این مطالعه در کل میزان کاهش مصرف انرژی را با تراکم نشان می‌دهد، در حالی که تراکم عموماً موجب کاهش کارآمدی حمل‌ونقل با خودرو شخصی می‌شود. طبق این مطالعه کیلومتر سفر شده با ماشین با افزایش تراکم کاهش و استفاده از حمل‌ونقل عمومی و کارآمدی انرژی افزایش می‌یابد. ادعای اول (کاهش کیلومتر

انرژی و مصرف آن نقش کلیدی در دستیابی به توسعه پایدار و پایداری شهری دارد و دیدگاه‌های مختلفی در این باره بیان شده است. در این میان استفاده متعادل از انرژی بسیار ساده‌تر و تأثیرگذارتر از تعویض آن با انرژی‌های جانشین و تجدیدشونده است. با جمع‌بندی مبانی نظری موضوع و ادبیات مربوط به مفاهیم اصلی تحقیق (انرژی، پایداری، حمل‌ونقل، الگوی کاربری) عوامل تأثیرگذار بر روی رفتار سفر شامل دسترسی، تراکم، اختلاط کاربری، تعادل کار/ سکونت، طراحی محله، خصوصیات اجتماعی-اقتصادی، میزان مالکیت خودروی شخصی، و خدمات حمل‌ونقل عمومی است. در این میان عوامل دسترسی، تراکم، اختلاط کاربری، تعادل کار/ سکونت، و طراحی محله تحت تأثیر کاربری هستند (ت ۳).^{۲۹}

بر این اساس در نمودار «ت ۴» مدل مفهومی پژوهش ارائه گردیده است.

تراکم	- تراکم سکونت / جمعیت - تراکم اشتغال
تنوع	- اختلاط کاربری - تعادل اشتغال-سکونت
طراحی	- تراکم تقاطع / خیابان - تقاطع های چهار راهی
دسترسی	- به حمل‌ونقل - با حمل‌ونقل
	- فاصله تا نزدیک ترین ایستگاه حمل‌ونقل عمومی
	- دسترسی به اشتغال با حمل‌ونقل عمومی
	- دسترسی به مراکز مهم شهری با حمل‌ونقل عمومی

26. K.J. Krizek, "Operationalizing Neighborhood Accessibility for Land Use-Travel Behavior Research and Regional Modeling", p. 60.
P. Newman and J. Kenworthy, *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*.

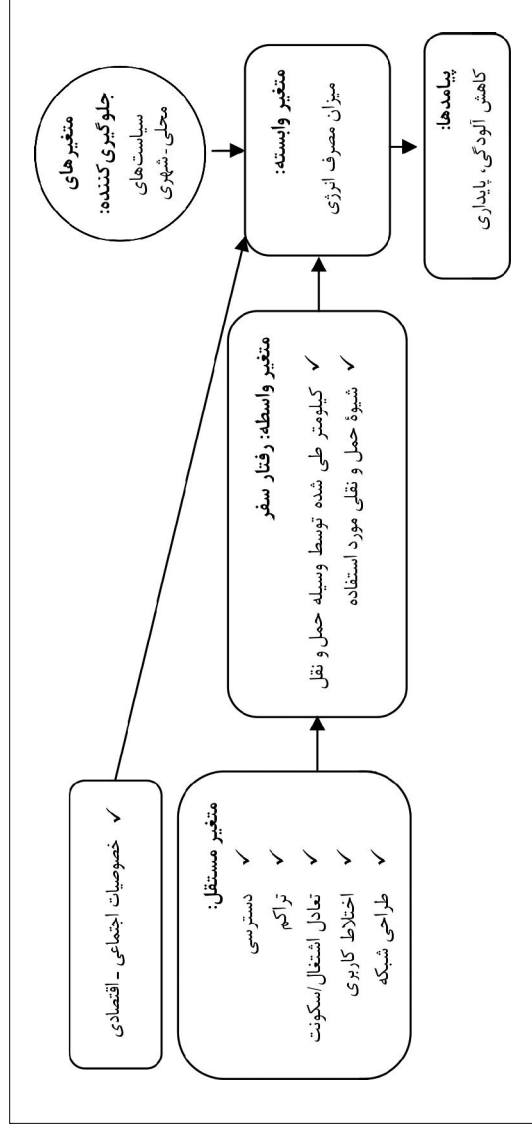
۲۸. تک: P. Gordon & H.W. Richardson, "Gasoline Consumption and Cities- A Reply"; J.A. Gomez-Ibanez, "A Global View of Automobile Dependence"; Rodriguez et al, "Transport Implications of Urban Containment Policies: A Study of the Largest twenty-five US Metropolitan Areas".
۲۹. تک: Peter Richwood & Garry Glazerook & Glen Searle, "Urban Structure and Energy".

ت ۳. جدول متغیرهای پژوهش، مأخذ: نگارندگان.

۴. روش تحقیق

انحراف معیار، و کمترین و بیشترین مقدار مشاهدات استفاده شده و با کمک آزمون‌های رگرسیون تک-متغیره و چندمتغیره به بررسی همبستگی‌های فرض‌شده تحقیق پرداخته شده است. برای تحلیل همبستگی‌ها با استفاده از رگرسیون، کیلومتر سفر و نوع حمل‌ونقل متغیر مستقل و شش عامل کاربری زمین متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند. بررسی ابتدا از رگرسیون دومتغیره ساده به منظور بررسی جداگانه متغیرها استفاده شده است. در رگرسیون دومتغیره ساده مقادیر یک متغیر وابسته از روی مقادیر متغیر مستقل به کمک یک معادله خط برآورد می‌شود. رگرسیون نشان می‌دهد که در صورت تغییر متغیرهای غیروابسته، تا چه اندازه متغیرهای وابسته تغییر می‌کنند. از آنجا که در دنیای واقعیت متغیرهای ذکر شده به صورت هم‌زمان تأثیرگذار هستند، در مرحله بعد از رگرسیون چندگانه، به منظور بررسی هم‌زمان متغیرها و نزدیک کردن نتایج تحقیق همبستگی به واقعیت، استفاده شده است. در رگرسیون چندمتغیره مقادیر متغیر وابسته از روی مقادیر دو یا چند متغیر دیگر (متغیرهای مستقل) برآورد می‌شود.

در پژوهش حاضر، بنا بر ماهیت موضوع، از دو روش تحقیق توصیفی و تحلیلی استفاده شده است. در بخش نخست که دیدگاه‌های نظری و ادبیات موضوع مطالعه گردید از روش توصیفی و در مرحله بعد برای دستیابی به روابط علی و شناخت همبستگی و روابط بین متغیرها و شاخص‌ها از روش تحلیلی استفاده شده است. هدف این بخش از مطالعه به‌دست‌آوردن رابطه بین مؤلفه‌های تأثیرگذار کاربری (تراکم سکونت، اختلاط کاربری، تعادل اشتغال به سکونت، تعداد تقاطع چهارراهی، فاصله تا ایستگاه حمل، و دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم) و در مرحله اول کیلومتر سفر و نوع حمل‌ونقل و در مرحله دوم میزان مصرف انرژی است. در واقع تراکم سکونت، اختلاط کاربری، تعادل اشتغال به سکونت، تعداد تقاطع چهارراهی، فاصله تا ایستگاه حمل، دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم متغیر مستقل و میزان مصرف انرژی متغیر وابسته و کیلومتر سفر و نوع استفاده از حمل‌ونقل به عنوان متغیر واسطه در نظر گرفته شده‌اند. به این منظور از فنون آمار توصیفی شامل میانگین،



۵. یافته‌های تحقیق

در این پژوهش بیست منطقه شهر تهران پژوهش و مقایسه شده‌اند. ابزار گردآوری اطلاعات اولیه عموماً نقشه‌خوانی و استفاده از طرح‌های تفصیلی موجود مناطق و طرح جامع حمل‌ونقل سال ۱۳۸۵ تهران بوده است. در مواردی که اطلاعات مورد نیاز در دسترس نبوده به تولید آن بر اساس اطلاعات موجود پرداخته شده است.

یافته‌های این پژوهش در بخش کاربری- حمل‌ونقل و کیلومتر سفر حاکی از تأثیر گذاری فاکتورهای ذکر شده بر کیلومتر سفر است. اطلاعات مورد نظر در خصوص هریک از متغیرها در مناطق از طرح‌های تفصیلی و طرح جامع حمل‌ونقل استخراج شده است و در صورت نیاز به تولید اطلاعات پرداخته شده است. خصوصیات مورد بررسی مناطق بیست گانه شهر تهران در جدول «ت ۵» ارائه شده است.

منظرف	متغیر مستقل				متغیر واسطه			% استفاده از حمل‌ونقل عمومی	
	تراکم سکونت	اختلاط کاربری	تعداد اشتغال به سکونت	تعداد تقاطع چهار راهی (تعداد در هر کیلومتر)	فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی (کیلومتر)	دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم (تعداد راه)	کیلومتر سفر کل به ازای نفر		کیلومتر سفر کاری به ازای نفر
منطقه ۱	۸۳/۰۸	۰/۰۶۰	۰/۸۳۷۴۲	۰/۰۳۶۱۵۷۴	۰/۰۴۷۰۹۴۲	۱۵/۲۶۶۷۸	۱۰/۶۴۴	۲/۴۲۳	۳۹
منطقه ۲	۱۲۷	۰/۰۵۲۰	۰/۸۴۳۵۳۹	۰/۰۹۷۳۸۷۴	۰/۱۳۳۳۴۱۹۹۲	۳۳/۵۰۷۴۵	۱۲/۴۹۱	۲/۱۳۸	۴۸
منطقه ۳	۹۹	۰/۰۶۵	۰/۵۱۹۲۷۹	۰/۱۰۹۲۲۰۹۹۵	۰/۱۸۸۱۰۰۹۹۶	۴۶/۵۶۰۰۶	۲/۰۱۷	۲/۹۹۷	۳۴
منطقه ۴	۱۳۷	۰/۳۴۱	۰/۸۳۳۵۴۳	۰/۰۴۹۸۶۰۵۰۲	۰/۰۹۴۰۵۸۶۹۸	۲۵/۰۰۳۲۴	۱۲/۱۰۱	۲/۹۰۹	۵۴
منطقه ۵	۱۲۸	۰/۱۹۲	۰/۱۲۳۱۸۱	۰/۰۳۵۴۰۴۹۹۹	۰/۰۶۸۵۲۹۵۰۲	۱۵/۱۷۷۵۳	۱۵/۶۴۳	۲/۷۳۰	۵۴
منطقه ۶	۱۰۸	۰/۱۳۲	۱/۴۲۵۰۱	۰/۱۵۳۹۲۸۹۹۵	۰/۴۴۸۸۱۶۰۱۴	۱۵/۴۵۶۳	۹/۸۹۷	۱/۶۳۹	۴۸
منطقه ۷	۲۱۴	۰/۰۲۵	۰/۴۲۱۵۰۸	۰/۱۳۷۲۱۰۰۱	۰/۴۹۹۴۴۵۰۱۴	۹۲/۴۴۴۵۱	۸/۰۹۸	۱/۵۶۳	۵۴
منطقه ۸	۲۸۳	۰/۰۲۵	۰/۸۵۰۰۹	۰/۱۰۰۰۵۲۹۹۷	۰/۲۶۱۱۷۵۹۹۹	۴۲/۴۵۱۸۳	۱۱/۸۱۶	۲/۰۰۵	۵۲
منطقه ۹	۲۱۷	۰/۱۱۵	۰/۴۰۵۳۵۷	۰/۰۶۰۸۷۸۲۹۷	۰/۱۷۶۲۵۴۰۰۵	۳۴/۲۰۶۵۱	۷/۲۱۶	۲/۲۷۰	۶۱
منطقه ۱۰	۳۱۰	۰/۰۴۳	۰/۳۱۹۹۵۸	۰/۱۷۰۹۳۲	۰/۳۴۴۳۲۶۹۹۳	۶۸/۳۳۹۵۳	۹/۶۶۱	۱/۶۳۲	۵۶
منطقه ۱۱	۱۹۴	۰/۵۸۷	۰/۸۱۶۴۳۲	۰/۱۵۰۸۰۰۰۵	۰/۴۸۱۷۳۰۰۰۷	۱۲۳/۶۳۳	۱۲/۳۰۹	۱/۶۲۸	۶۰
منطقه ۱۲	۱۴۴	۰/۳۵۷	۲/۲۶۰۷۹	۰/۸۰۴۲۴۰۰۵	۰/۴۸۹۱۹۶۹۷۳	۲۹۳/۶۱	۱۰/۰۷۴	۱/۱۱۲	۵۵
منطقه ۱۳	۱۸۶	۰/۰۴۳	۰/۱۹۸۰۳۴	۰/۱۳۱۶۴۵۹۹۷	۰/۳۴۰۱۰۲۹۹۷	۳۶/۹۹۶۱	۶/۸۷۶	۲/۱۵۶	۵۴
منطقه ۱۴	۳۰۰	۰/۰۶۴	۰/۱۴۸۲۳۳	۰/۰۹۵۲۴۶۵۹۹	۰/۲۲۰۱۳۲۰۰۲	۳۲/۵۳۳۴۵	۸/۲۵۴	۱/۶۷۶	۵۳
منطقه ۱۵	۲۱۶	۰/۴۵۰	۰/۱۷۸۵۸۶	۰/۰۸۲۷۱۵۵۰۲	۰/۰۶۰۵۶۳۲۰۱	۳۸/۵۴۴۱۷	۶/۵۸۵	۲/۰۴۰	۵۹
منطقه ۱۶	۱۹۱	۰/۱۴۲	۰/۲۲۸۸۹۷	۰/۰۸۶۹۲۰۰۰۲	۰/۱۶۸۷۷۴۹۹۸	۴۵/۲۵۳۲۸	۷/۶۶۵	۱/۵۳۲	۶۵
منطقه ۱۷	۳۲۱	۰/۱۷۸	۰/۲۲۶۸۴۸	۰/۱۲۱۶۸۶۰۰۰۲	۰/۱۲۶۷۸۱۹۹۸	۷۳/۱۴۶۱	۱۰/۲۵۸	۱/۵۹۲	۶۲
منطقه ۱۸	۹۸	۰/۱۰۶	۰/۳۲۹۱۶۱	۰/۰۵۴۱۰۲۷	۰/۰۳۸۱۲۰۹۹	۴۸/۷۴۳۱۵	۸/۹۹۷	۲/۲۵۲	۶۰
منطقه ۱۹	۱۱۹	۰/۲۵۷	۰/۱۶۵۲۸۵	۰/۰۶۵۰۰۹۵۹۹	۰/۰۷۵۸۱۷۳۰۲	۱۹/۷۴۱۶	۱۰/۱۳۴	۲/۰۵۳	۶۱
منطقه ۲۰	۱۴۰	۰/۱۷۳	۰/۳۳۵۳۳۱	۰/۰۴۹۲۶۲۶۹۸	۰/۰۶۲۴۹۷۶۹۶	۳۴/۸۸۳۷	۱۲/۱۱۲	۲/۳۵۸	۶۵

ت ۵. جدول جمع‌بندی متغیرهای مورد پژوهش به تفکیک منطقه، مأخذ: نگارندگان (استخراج شده از طرح جامع حمل‌ونقل ۱۳۸۵ و طرح‌های تفصیلی مناطق).

برای ارزیابی تراکم مسکونی، از تراکم ناخالص مسکونی موجود در طرح‌های تفصیلی هر منطقه استفاده است. میزان اختلاط کاربری در مناطق مختلف از تقسیم تعداد قطعه‌های دارای کاربری خرده‌فروشی و تجاری به کل قطعات به دست آمده است. تعادل کاربری در مناطق در واقع تعادل بین اشتغال / سکونت می‌باشد. برای مناطق تهران، تعداد اشتغال در هر منطقه بر سکونت آن منطقه به عنوان تعادل اشتغال به سکونت در نظر گرفته شده است. برای به دست آوردن کیلومتر سفر، دانستن توزیع سفر بین مناطق ضروری است. سفرهای شهری با هدف‌های مختلف انجام می‌شوند. سفرهای با هدف کار، تحصیل، خرید و غیره. تعداد تقاطع‌ها در هر کیلومتر راه حساب شده، و فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی، میانگین فاصله واحدهای مسکونی تا اولین ایستگاه حمل‌ونقل عمومی است. برای به‌دست آوردن دسترسی به حمل‌ونقل، تعداد راه‌های حمل‌ونقل عمومی از هر منطقه به پنج مرکز شهری (شمال، جنوب، غرب، شرق، و مرکز) مد نظر قرار گرفته است. داده‌های به‌دست‌آمده برای بررسی ابتدا با رگرسیون تک‌متغیره آزمون شدند. یافته‌های این آزمون به شرح ذیل هستند:

- تراکم: میزان ضریب همبستگی (R) برابر 0.426 است که بیان‌کننده این نکته است که کیلومتر سفر کل به ازای نفر و متغیر مستقل تراکم سکونت رابطه متوسط با یکدیگر دارند. ولی چون میزان سطح معناداری از میزان خطای نوع اول در سطح بزرگ‌تر است، تأثیر گذاری تراکم بر کیلومتر سفر رد می‌شود.

- اختلاط کاربری: میزان آماره (F) برابر $3/19$ و میزان سطح معناداری برابر 0.27 است. چون میزان سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح 0.05 است، پس تأثیر گذاری اختلاط کاربری بر کیلومتر سفر کل به ازای نفر با 95% اطمینان تأیید می‌گردد.

- تعادل اشتغال: میزان آماره (F) برابر $4/02$ و میزان سطح معناداری برابر 0.026 است. چون میزان سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح 0.05 است، پس تأثیر گذاری تعادل اشتغال به سکونت بر کیلومتر سفر کل به ازای نفر با 95% اطمینان تأیید می‌گردد.

- تعداد تقاطع: میزان آماره (F) برابر $2/851$ و میزان سطح معناداری برابر 0.37 است. سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح 0.05 است، پس تأثیر گذاری تعداد تقاطع چهارراهی بر کیلومتر سفر کل به ازای نفر با 95% اطمینان تأیید می‌گردد.

- فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی: میزان آماره (F) برابر $5/03$ و میزان سطح معناداری برابر 0.19 است. میزان سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح 0.05 است، پس تأثیر گذاری فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی بر کیلومتر سفر کل به ازای نفر با 95% اطمینان تأیید می‌گردد.

- دسترسی با حمل‌ونقل: میزان آماره (F) برابر $2/059$ و میزان سطح معناداری برابر 0.48 است. میزان سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح 0.05 است، پس تأثیر گذاری دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم بر کیلومتر سفر کل به ازای نفر با 95% اطمینان تأیید می‌گردد.

با توجه به اینکه در دنیای واقعی این عوامل به صورت هم‌زمان تأثیر گذار هستند و تفکیک آن‌ها غیرممکن است، از رگرسیون چندمتغیره برای بررسی هم‌زمان متغیرهای ذکر شده و مقایسه آن‌ها با یکدیگر استفاده شده است و نتایج آن در جدول «ت ۶» ارائه شده است. طبق نتایج حاصله ترتیب تأثیر گذاری متغیرها بر کیلومتر سفر به این شرح است: فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی، تعادل اشتغال به سکونت، دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم، تراکم سکونت، تراکم تعداد تقاطع

استفاده از حمل‌ونقل عمومی تأیید می‌گردد.

- فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی: میزان آماره (F) برابر ۳/۰۹۳ و میزان سطح معناداری برابر ۰/۰۲۵ است. چون میزان سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح ۰/۰۵ است، پس تأثیرگذاری فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی بر درصد استفاده از حمل‌ونقل عمومی با ۹۵٪ اطمینان تأیید می‌گردد.

- دسترسی با حمل‌ونقل: میزان آماره (F) برابر ۳/۰۱۴ و میزان سطح معناداری برابر ۰/۰۳۸ است. چون میزان سطح معناداری کوچک‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح ۰/۰۵ است، پس تأثیرگذاری دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم بر درصد استفاده از حمل‌ونقل عمومی با ۹۵٪ اطمینان تأیید می‌گردد.

در این قسمت هم برای در نظر گرفتن هم‌زمانی متغیرها از رگرسیون چندمتغیره استفاده شده است و نتایج آن در جدول «ت ۷» ارائه شده است. یافته‌ها حاکی از آن است که ترتیب تأثیرگذاری متغیرها بر کیلومتر سفر به این ترتیب است: فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل عمومی، دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم، تراکم تعداد تقاطع چهارراهی، تراکم سکونت، تعادل اشتغال به سکونت، و اختلاط کاربری.

با توجه به کارآمدی انرژی در انواع وسیله‌های حمل‌ونقل و با توجه به دانستن ارتباط بین هر کیلومتر سفر و میزان مصرف

چهارراهی، و اختلاط کاربری.

منطق ذکرشده در بررسی متغیرها و کیلومتر سفر در این قسمت هم استفاده شده است. یافته‌های این پژوهش در بخش کاربری، حمل‌ونقل و شیوه حمل‌ونقل بدین شرح است: - تراکم: میزان آماره (F) برابر ۲/۸۱۷ و میزان سطح معناداری برابر ۰/۱۱۷ است. چون میزان سطح معناداری از میزان خطای نوع اول در سطح ۰/۰۵ بزرگ‌تر است، تأثیرگذاری تراکم بر کیلومتر سفر رد می‌شود.

- اختلاط کاربری: میزان آماره (F) برابر ۳/۰۰۷ و میزان سطح معناداری برابر ۰/۱ است. چون میزان سطح معناداری بزرگ‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح ۰/۰۵ است، پس عدم تأثیرگذاری اختلاط کاربری بر درصد استفاده از حمل‌ونقل عمومی تأیید می‌گردد.

- تعادل اشتغال: میزان آماره (F) برابر ۰/۳۱ و میزان سطح معناداری برابر ۰/۶۵۲ است. چون میزان سطح معناداری بزرگ‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح ۰/۰۵ است، پس عدم تأثیرگذاری تعادل اشتغال به سکونت بر درصد استفاده از حمل‌ونقل عمومی تأیید می‌گردد.

- تعداد تقاطع: میزان آماره (F) برابر ۰/۰۶۱ و میزان سطح معناداری برابر ۰/۸۰۷ است. چون میزان سطح معناداری بزرگ‌تر از میزان خطای نوع اول در سطح ۰/۰۵ است، پس عدم تأثیرگذاری تعداد تقاطع چهارراهی بر درصد

سطح معناداری	درصد تأثیرگذاری	t	ضرایب استاندارد	
			Beta	خطای استاندارد
۰/۰۰۰	۱۶/۸۰	۵/۳۲۷	۱۲۵۷۶/۹۸۷	۲۴۰۶/۲۶۶
۰/۳۵۷	۱۶/۸۰	-۰/۹۵۶	-۱۱/۵۹۷	۱۲/۸۳۳
۰/۸۳۲	۲/۹۵	۰/۲۱۷	-۱۰۰۹/۸۰۷	۴۶۵۱/۷۱۴
۰/۰۱۷	۲۳/۹۵	-۳/۶۹۰	-۲۲۸۲/۹۱۱	۶۱۸/۳۲۷
۰/۸۳۳	۶/۳۰	-۰/۲۱۶	-۲۷۲۱/۶۷۷	۳۳۲۷/۶۷۳
۰/۰۱۰	۲۶/۴۱	۶/۷۴۰	۲۰/۹۴۳	۳/۱۰۷
۰/۰۲۱	۲۳/۵۹	-۳/۳۸۰	-۱۸/۷۸۰	۵/۵۳۸

ت. جدول درصد تأثیرگذاری متغیرها در کیلومتر سفر، مأخذ: نگارندگان.

انرژی و با توجه به اینکه انرژی مصرفی به ازای کیلومتر سفر- هر نفر برای حمل‌ونقل عمومی به صورت میانگین (همهٔ وسیله‌های نقلیه عمومی) ۳۰ لیتر بنزین است، در مقایسه با ۸۹ لیتر به ازای هر کیلومتر- هر نفر سواری شخصی و تعداد ۵۴۴-۱۲۸۳ سفرهای روزانه در ۲۰ منطقه شهری شهر تهران می‌توان به ارتباط هر یک از مؤلفه‌های کاربری و میزان مصرف انرژی در دست یافت. با ثابت بودن سایر متغیرها با افزایش یک واحدی در تعادل کاربری ۱/۶۸- از کیلومتر سفر و متعاقباً ۴/۶۷ لیتر در مصرف بنزین صرفه‌جویی می‌شود. با ثابت بودن سایر متغیرها با افزایش یک واحدی تعداد تقاطع چهارراهی ۰/۹۷- از کیلومتر سفر و متعاقباً ۳/۸۸ لیتر در مصرف بنزین صرفه‌جویی می‌شود. با ثابت بودن سایر متغیرها با افزایش یک واحدی در مصرف بنزین صرفه‌جویی می‌شود. با ثابت بودن سایر متغیرها با افزایش یک واحدی در دسترسی با حمل‌ونقل به مراکز مهم ۰/۱۲۷- از کیلومتر سفر و متعاقباً ۴/۴۹ لیتر در مصرف بنزین صرفه‌جویی می‌شود.

۶. نتیجه گیری

هدف از این پژوهش بررسی ارتباط بین کاربری و میزان مصرف انرژی در شهر تهران بوده است. برای دستیابی به هدف مذکور و پس از مطالعات ادبیات جهانی پنج مؤلفه از کاربری به منزله مؤلفه‌های تأثیرگذار بر کیلومتر سفر و نوع حمل‌ونقل و در نتیجه بر مصرف انرژی در شهر تهران استخراج شد و برای بررسی صحت ارتباط‌های استخراج‌شده، از روش‌های آماری استفاده شد. یافته‌های تحقیق حاکی از تأثیرگذاری کاربری زمین (اختلاط کاربری، تعادل کاربری، دسترسی به حمل‌ونقل، دسترسی با حمل‌ونقل، طراحی خیابان‌ها) بر کیلومتر سفر و نوع حمل‌ونقل عمومی- و در نتیجه با مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل- است. با در نظر گرفتن این ارتباط می‌توان به راهبردهایی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل شهر تهران نایل آمد. در ادامه راهبردهای کلی استخراج‌شده از این پژوهش بیان شده است.

افزایش تراکم مناطق سیاستی خام است و باید در کنار سایر سیاست‌های شهری قرار گیرد. اگرچه طبق یافته‌های

سطح معناداری	درصد تأثیر گذاری	t	ضرایب استاندارد	
			Beta	B
۰/۰۰۰		۸/۰۵۶	۶/۴۴۲	۵۱/۸۹۷
۰/۱۶۲	۸/۸۹	۱/۱۷۳	۰/۰۳۲	۰/۰۲۸
۰/۲۳۳	۷/۲۷	۱/۲۵۰	۱۲/۴۵۳	۱۵/۵۶۳
۰/۲۱۳	۸/۵۷	-۱/۳۰۸	۱۵/۰۴۰	-۱۹/۶۷۸
۰/۲۲۱	۱۶/۲۳	-۱/۲۸۵	۹۰/۹۹۲	-۱۱۶/۰۴۲
۰/۰۱۰	۱۷/۴۶	-۷/۱۱۰	۰/۰۹۴	-۰/۶۶۹
۰/۰۳۶	۱۶/۹۵	۵/۴۲۱	۰/۰۳۸	۰/۲۰۶

ت ۰۷ جدول درصد تأثیر گذاری متغیرها در نوع استفاده از حمل‌ونقل، مأخذ: نگارندگان.

این تحقیق ارتباطی بین تراکم بالای مناطق و رفتار سفر دیده نمی‌شود و در نتیجه مصرف انرژی کاهشی ندارد، نمی‌توان بر عدم تأثیرگذاری تراکم نظر قطعی داد. چرا که تراکم عاملی است که ممکن است از طریق تأثیرگذاری بر عوامل دیگر چون افزایش اختلاط کاربری و غیره متمرثر واقع شود.

اختلاط کاربری و خرده‌فروشی در مقیاس محلی و منطقه‌ای با تأثیرگذاری بر رفتار سفر موجب تغییر در مصرف انرژی می‌شود. از این رو توسعه‌های محله‌ای و شهری، با در نظر گرفتن افزایش اختلاط کاربری و تمهیدات لازم برای خرده‌فروشی‌ها، می‌تواند گامی به سوی مصرف بهینه انرژی و نیل به پایداری باشد. تعادل بیشتر کاربری (تعادل اشتغال/ سکونت) و جلوگیری از تفکیک و جدایی محل کار و زندگی می‌تواند با تأثیرگذاری بر رفتار سفر موجب تغییر در مصرف انرژی باشد. در واقع تعداد شغل‌های درون یک محدوده به این معنی نیست که ساکنین آن محدوده لزوماً درون همان محدوده کار می‌کنند. اما مشاهدات گواه بر این هستند که احتمال کار کردن در نزدیکی سکونت در وضعیت وجود این تعادل بالاتر است. بنا بر این در نظر گرفتن سکونت و اشتغال در کنار هم و جلوگیری از تفکیک آن‌ها در توسعه شهری می‌تواند گامی به سوی مصرف بهینه انرژی و نیل به پایداری باشد.

افزایش دسترسی به حمل‌ونقل عمومی به معنای وجود بیشتر خطوط حمل‌ونقل عمومی و پخش یکپارچه آن در سطوح مختلف

شهر است. در واقع تعداد خطوط حمل‌ونقل عمومی و چگونگی پراکنش آن در سطح شهر و محله‌ها می‌تواند، به دلیل تأثیر بر رفتار سفر، موجب تغییر در مصرف انرژی شود. از این رو توسعه‌های محله‌ای و شهری، با افزایش خطوط حمل‌ونقل عمومی و در نظر گرفتن پراکنش ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، می‌تواند گامی به سوی مصرف بهینه انرژی و نیل به پایداری باشد.

بهبود دسترسی با حمل‌ونقل عمومی به معنای پیوستگی مسیرها، راه‌ها، و خطوط حمل‌ونقل عمومی است. در واقع چگونگی پیوستگی حمل‌ونقل عمومی و پیوستگی ارتباط آن‌ها با مراکز شهری می‌تواند، به دلیل تأثیر بر رفتار سفر، موجب تغییر در مصرف انرژی شود. از این رو توسعه‌های محله‌ای و شهری، با در نظر گرفتن خطوط حمل‌ونقلی بیشتر و پیوستگی آن‌ها با هم و ارتباط مناسب آن‌ها با مراکز مهم شهری، می‌تواند گامی به سوی مصرف بهینه انرژی و نیل به پایداری باشد.

بهینه‌سازی تراکم تقاطع چهارراهی به معنای افزایش آن تا حد امکان است. به بیان دیگر تعداد و تراکم تقاطع‌های چهارراهی به جای سه‌راه، با تأثیر بر رفتار سفر، موجب تغییر در مصرف انرژی می‌شود. از این رو توسعه‌های محله‌ای و شهری با اولویت دادن به تقاطع‌های چهارراهی، البته با در نظرگیری محدودیت‌های دیگر، می‌تواند گامی به سوی مصرف بهینه انرژی و نیل به پایداری باشد.

منابع و مآخذ

ابراهیمی، محسن و مراد آل احمد. «بررسی ارتباط بین شهرنشینی و مصرف بنزین در ایران با استفاده از روش داده‌های ترکیب»، در نخستین همایش توسعه شهری پایدار، تهران، آبان ۱۳۸۹.

زرین، بهار. بررسی ارتباط حمل‌ونقل شهری و الگوی کاربری زمین در راستای نیل به توسعه پایدار شهری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، ۱۳۹۰.

سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت (آبان ۱۳۸۵)
<http://www.ifco.ir/transportation/training/book/TransportationSystems.pdf>

طرح جامع حمل‌ونقل ۱۳۸۵.

طرح‌های تفصیلی مناطق.

مهندسين مشاور توسعه نوم سازگان پايدار. «طرح جامع حمل‌ونقل کشور»، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۵.

- Kulash, W. & J. Anglin. *Traditional Neighborhood Development: Will the Traffic Work?*, Washington, DC: Real Estate Research Consultants, 1990.
- Krizek, K.J. "Operationalizing Neighborhood Accessibility for Land Use-Travel Behavior Research and Regional Modeling", in *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 22, No. 3 (2003), pp. 270-287.
- Levy, J. M. *Contemporary Urban Planning*, NY: Longman Press, 2010.
- MacNeill, jim@cox & E. John and Lan Jackson. "Sustainable development- The Urban Challenge", in *Ekistics*, Vol. 348-349 (1991), pp. 195-198.
- Miller, E. J. & D.S. Krieger & J.D. Hunt. *Integrated Urban Models for Simulation and Land Use Policies: Guidelines for Implementation and Use*, Washington, DC: Transportation Research Board National Research Council, 1999.
- Newman, P. & J. Kenworthy. *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*, Aldershot: Gower Technical, 1989.
- Richwood, Peter & Garry Glazebrook & Glen Searle. "Urban Structure and Energy", in *Urban Policy and Research*, Vol. 26, No. 1 (2008), pp. 57-81.
- Rodriguez, R.A. & J. Joo. "The Relationship between Non-motorized Mode Choice and the Local Physical Environment", in *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 9(2) (2004), pp. 151-173.
- Rodriguez, D.A. & F. Targa, & S.A. Aytur. "Transport Implications of Urban Containment Policies: A Study of the Largest twenty-five US Metropolitan Areas", in *Urban Studies*, 43(10) (2006), pp. 1879-1897.
- Rogers, R. *Cities for a Small Planet*, London: Westview Press, 1997.
- Roosa, Stephen A. *Energy and Sustainable Development in North American Sunbelt Cities*, PhD Thesis, University of Louisville, 2004.
- Shaw, S.L. & X. Xin. "Integrated Land Use and Transportation Interaction: A Temporal GIS Exploratory Data Analysis Approach", in *Journal of Transport Geography*, 11 (2003), pp. 103-115.
- Cervero, R. & K. Kockelman. "Travel demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", in *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3) (1997), pp. 199-219.
- Cervero, R. & M. Duncan. "Which Reduces Vehicle Travel More: Jobs-Housing Balance or Retail-Housing Mixing?", in *Journal of the American Planning Association*, 72(4) (2006), pp. 475-490.
- Crane, R. "Cars and Drivers in the New Suburbs: Linking Access to Travel in Neo Traditional Planning", in *Journal of the American Planning Association*, 62:1 (1996), pp. 51-65.
- Dieleman, F.M. & M.J. Dijst & T. Spit. "Planning the Compact City: The Randstad Holland Experience", in *European Planning Studies*, 7(5) (1999), pp. 605-621.
- Ewing, R. *Best Development Practices - Doing the Right Thing and Making Money at the Same Time*, Chicago, IL: Planners Press, American Planning Association, 1996.
- _____. *Transportation and Land Use Innovations*, Chicago: APA Press, 1998.
- Ewing, R. & C. Nelson & K. Bartholomew & P. Emmi & B. Appleyard. "Response to Special Report 298 Driving and the Built Environment: The Effects of Compact Development on Motorized Travel, Energy Use, and CO2 Emissions", in *Journal of Urbanism: International Research on Place Making and Urban Sustainability*, 4:1 (2011), pp. 1-5.
- Frank, L. & G. Pivo. "Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-occupant Vehicle, Transit, and Walking", in *Transportation Research Record*, 1466, 1995, pp. 44-52.
- Gomez-Ibanez, J.A. "A Global View of Automobile Dependence", in *Journal of the American Planning Association*, 57(3) (1991), pp. 376-379.
- Gordon, P. & H.W. Richardson. "Gasoline Consumption and Cities- A Reply", in *Journal of the American Planning Association*, 55(3) (1989), pp. 342-345.
- IEA (2005): reworked to include biofuels in 1973.
- Joonwon, Joo. *A Dynamic Model of Land Use Transportation to Achieve Sustainable Outcomes for Urban Travel Behavior*, Ph.D. Dissertation, Arizona State University, 2008.