ارزیابی اثرات محیط ساخته شده بر نرخ سفرسازی کاربری‌های تجاری فرا منطقه‌ای (نمونه موردی: شهر مشهد)

مقاله علمی – پژوهشی

رامین آهوی، دانشجوی دوره دکتری، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
عباس بابازاده*، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران
علی نادران، استادیار، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: **ababazadeh@ut.ac.ir**
دریافت: ۱٤۰٤/۰۳/۱۸– پذیرش: ۱٤۰٤/۰۸/۰۲
صفحه ۳۳۰-۳۱۵

چکیده

بررسی اثرات ترافیکی یک کاربری در محدوده احداث آن مستلزم برآورد سفرهای انجام شده به آن کاربری بوده و این مرحله از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات عارضه سنجی ترافیکی کاربری‌ها محسوب می‌شود. مراجع معتبر من جمله آئین نامه ایجاد سفر، برای محاسبه میزان تولید و جذب سفربه یک کاربری غالبا متغیرهایی مانند مساحت کل، مساحت زیر بنا، تعداد کارمند، تعداد اتاق و غیره (عوامل فیزیکی کاربری) را درنظر میگیرند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که ایجاد و رفتار سفر شهری یک کاربری به عوامل دیگری نیز بستگی دارد که از جمله این عوامل می‌توان به محیط ساخته شده و عوامل اجتماعی-اقتصادی اشاره کرد که بسته به نوع کاربری تاثیرات آنها متفاوت است. درمیان انواع کاربری، کاربری‌های تجاری بدلیل مراجعات مردم برای خرید معمولا نرخ ایجاد سفر بیشتری نسبت به سایر کاربری‌ها دارند بطوریکه مشکلات ترافیکی در محدوده احداث آنها بیشتر از سایر کاربری‌هاست. در این تحقیق تاثیر عوامل محیط ساخته شده بر رفتار سفر کاربری‌های تجاری مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا سعی شده بر اساس پیشینه مطالعات عوامل محیط ساخته شده در محدوده احداث کاربری شناسائی و سپس با استفاده از رگرسیون خطی که ابزاری توانمند برای کشف تاثیر و روابط بین متغیرهاست، تاثیر این عوامل بر ایجاد سفر کاربری کنترل و تعیین شود. با توجه به اینکه ایجاد سفر یک کاربری علاوه بر نوع آن به مقیاس عملکردی آن نیز دارد، در این تحقیق کاربری‌های تجاری با مقیاس عملکرد فرامنطقه ای انتخاب شدند. نتایج بدست آمده این تحقیق بر روی ۳۳ کاربری با مقیاس عملکرد فرامنطقه ای تجاری کلانشهر مشهد نشان می‌دهد که متوسط سفرهای ساعتی کاربرهای تجاری، متأثر از ویژگی‌های محیط ساخته شده مانند تراکم تعداد ایستگاه‌های اتوبوس، تراکم واحد کسبی در طول معابر و سطح ناحیه اطراف کاربری است.

واژه‌های کلیدی: تولید و جذب سفر، رگرسیون خطی، عوامل محیطی، کاربری‌های تجاری فرامنطقه‌ای

۱-مقدمه

شناخت صحیح میزان تولید و جذب سفر کاربری‌ها پیش از احداث یک مجموعه بر حسب نوع کاربری، از مراحل مقدماتی فرایند مطالعات عارضه‌سنجی ترافیکی محسوب می‌گردد. مدلسازی تولید و جذب سفر با پیش‌بینی مشخصات سفرهای آینده از مهمترین مراحل این مطالعات و ابزاری اساسی جهت ارزیابی‌های ترافیکی احداث کاربری است. مراجع معتبر برای محاسبه میزان تولید و جذب سفرکاربری را معمولا مشخصات فیزیکی کاربری مانند مساحت زمین، سطح زیربنا، تراکم ساختمان و غیره در قالب ضرایب در نظر گرفته‌اند. از معتبرترین این مراجع، آئین نامه ایجاد سفر است که توسط موسسه بین

المللی مهندسین حمل‌ونقل تهیه وتنظیم شده و روابط خود را بر پایه تقسیم کاربری‌ها دسته‌های مختلف و آماربرداری گسترده و وسیعی برای هرکدام، ارائه داده است.

لازم به ذکر است که اعداد پیشنهاد شده در آیین‌نامه‌های ITE برای کاربری‌های مختلط نظیر مال‌های خرید توصیه نمی‌گردد. (Al Shehab & Khedaywi, 2018).

مطالعات محلی زیادی در سایر نقاط دنیا با هدف اصلاح ضرایب پیشنهادی آئین‌نامه مذکور انجام شده است تا بتوانند به نتایج دقیق‌تری دست یابند. از جمله آنها "مطالعات تعیین میزان جذب و تولید سفر کاربری‌های مختلف در شهر مشهد" درسال ۱۳۹۱ است که با انجام آماربرداری گسترده برای ۷ گروه کاربری صورت پذیرفت(Harazraah Consulting Engineers group, 2012). شیائو و همکاران یک شبکه عصبی کانولوشنی چند بعدی یکپارچه با یک شبکه حافظه بلندمدت برای تجزیه و تحلیل همبستگی فضایی بین تولید سفر و ویژگی‌های کاربری زمین، با در نظر گرفتن عناصری مانند نوع توسعه مسکونی و نزدیکی به مناطق خرید مرکزی، پیشنهاد داده اند(Xiao et al., 2021). دولابی و همکاران از رگرسیون خطی چندگانه برای مطالعه نرخ تولید سفر در مناطق شهری کوچک و متوسط لوئیزیانا با تمرکز بر متغیرهایی مانند مساحت کف و تراکم جمعیت استفاده کردند (Doulabi et al., 2022). ابولنن و همکاران مدل های رگرسیون برای تخمین تعداد سفرهای تولید شده و جذب شده با نقشه برداری از توسعه های مسکونی، با در نظر گرفتن عواملی مانند اندازه خانوار، درآمد و مالکیت وسیله نقلیه، توسعه دادند.(Aboelenen et al., 2021). آلطاهر و همکاران با تأمل در کمبود مطالعات در زمینه تولید سفرهای مربوط به کاربرهای خاص در کشورهای در حال توسعه، تحقیقی را برای تعیین نرخ جذب سفر با ارزیابی عواملی مانند مساحت ناخالص و تعداد کارمندان برای کاربری‌های با خدمات بانکی در شهر زقازیق (شهری دراستان شرقیه مصر)، انجام دادند.(Altaher et al., 2023). آناند و جرج چارچوبی برای مدل سازی تولید سفر با استفاده از داده‌های پر سر و صدا و کمتر قابل اعتماد ارائه دادند و بر نیاز به روش های قوی در چنین مطالعاتی تأکید کردند. این مطالعات در مجموع بر تأثیر محیط ساخته شده و عوامل اجتماعی–اقتصادی – مانند وسعت شبکه جاده ای، سیستم‌های حمل و نقل عمومی، تراکم جمعیت و سطح درآمد – بر تولید و رفتار سفرهای شهری تأکید می‌کنند.(Anand & George, 2022) ریث و همکاران، نظارت بر این عوامل حیاتی در روش‌های گذشته را برجسته کردند که بر دقت پیش بینی تولید سفر و جذب برای کاربری‌های تجاری در کشورهای در حال توسعه تأثیر می‌گذارد. (Rith et al., 2019). عدم در نظر گرفتن این عوامل می‌تواند منجر به ارزیابی‌هایی شود که شرایط مختلف شهری را منعکس نمی‌کند و به طور بالقوه تعادل بین حالت‌های مختلف سفر را مختل می‌کند و نیاز به راه حل‌های طراحی یکنواخت دارد. کاربری‌های تجاری با وجود برنامه‌ریزی دقیق با تنوع قابل توجهی مشخص می شوند که شامل سفرهای روزانه متعدد است که نیاز به ارزیابی دقیق تأثیر حمل و نقل آنها دارد. عدم شناخت کافی این کاربری‌ها در برنامه ریزی شهری، اهمیت انجام مطالعات دقیق اثرات ترافیک را قبل از توسعه آنها برجسته می‌کند. هدف این پژوهش بررسی چگونگی تأثیر عوامل محیط ساخته شده در مناطق مختلف شهری با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی گسترده و مطالعات بومی‌سازی شده از شهر مشهد است.

۲–پیشینه تحقیق

پیکربندی‌های مختلف کاربری زمین به طور قابل توجهی بر پویایی اجزای شهری، به ویژه شبکه حمل و نقل تأثیر می‌گذارد. رابطه پیچیده بین کاربری زمین و حمل و نقل یک عنصر اساسی در برنامه ریزی شهری است که برای توسعه پایدار مناطق شهری بسیار مهم است. هنگامی که پویایی حمل و نقل مورد بررسی قرار می گیرد، بدیهی است که تراکم ناحیه و امکانات رفاهی استفاده از زمین در شکل‌دادن به الگوهای تحرک شهری از عوامل کلیدی هستند. این رابطه جدایی ناپذیر از کل سیستم برنامه ریزی حمل و نقل شهری است. برای ساده سازی مسیرهای سفر، کاهش ترافیک و ترویج رشد پایدار شهری، درک پیچیده ای از رابطه بین کاربری زمین و حمل و نقل ضروری است (Hu et al., 2016). در نظر گرفتن رابطه بین کاربری زمین و حمل و نقل، مزایایی مانند پایداری زیست محیطی از طریق کاهش اثرات وابسته به خودرو، بهره وری اقتصادی از طریق برنامه ریزی حمل و نقل مقرون به صرفه، بهبود فضاهای عمومی تقویت تعامل جامعه، کاهش ازدحام با جایگزین‌های کارآمد و افزایش قابلیت زندگی در جامعه را به همراه دارد. این درک به ویژه در مناطقی که به سرعت موتوری می‌شوند مانند چین و هند برای توسعه شهری پایدار بسیار مهم است

(Newman & Kenworthy, 1996). به طور کلی، نرخ تولید سفر به عنوان یک پارامتر حیاتی تلقی می‌شود که رابطه بین کاربری زمین و توسعه حمل و نقل شهری را منعکس می‌کند. همچنین نقطه شروع در فرآیند برنامه ریزی حمل و نقل شهری و تجزیه و تحلیل اثرات ترافیک است (Hua-bing et al., 2007). از نظر برنامه ریزی حمل و نقل، درک تولید سفر برای پیش بینی الگوهای سفر در یک منطقه تحقیقاتی حیاتی است. تولید و جذب سفر به سفرهایی اطلاق می‌شود که در یک مکان ایجاد می‌شود یا جذب آن مکان می‌شود و هدف پیش بینی تعداد این سفرها است. تعداد سفرها با ارتباط پارامترهای مربوط به هر فرد، منطقه و شبکه حمل و نقل به تعداد سفرها محاسبه می‌شود (Karambakhsh, 2023).

روش‌های مختلفی برای محاسبه تولید و جاذبه سفر پیشنهاد شده است. در این راستا، آیین نامه تولید سفر موسسه بین المللی مهندسین حمل و نقل یکی از روش‌های استانداردی است که نرخ‌های تولید سفر را بر اساس کاربری زمین و نوع تسهیلات ارائه می‌دهد. این آیین نامه فهرست جامعی از نرخ‌های تولید سفر برای بیش از ۱۰۰ دسته کاربری زمین، از جمله توسعه‌های مسکونی، تجاری و صنعتی ارائه می‌دهد. علاوه بر این، شامل نرخ تولید سفر برای روش‌های مختلف حمل و نقل مانند پیاده روی، دوچرخه سواری، حمل و نقل عمومی و وسایل نقلیه شخصی است. نرخ‌های موجود در این آیین‌نامه بر اساس داده‌های تجربی جمع آوری شده از مطالعات و نظرسنجی های مختلف انجام شده در سراسر ایالات متحده و کانادا است (Lawson et al., 2012). مدل انتشار گازهای گلخانه‌ای شهری (URBEMIS) رویکرد دیگری است که برای کنترل آلودگی هوا در کالیفرنیا طراحی شده است (Weinberger et al., 2014). روش دیگر تجزیه و تحلیل چند منظوره توسعه چند منظوره (MXD) EPA در محیط ایالات متحده است که تأثیرات حمل و نقل توسعه‌های مختلف را ارزیابی می‌کند. این روش اثرات حمل و نقل توسعه چند منظوره را ارزیابی می‌کند (Shafizadeh et al., 2012). مدل تولید سفر رشد هوشمند کالیفرنیا برای تخمین نرخ تولید سفر چند وجهی برای پروژه‌های توسعه رشد استفاده از زمین هوشمند در کالیفرنیا توسعه یافته است. مدل تولید سفر هوشمند کالیفرنیا نرخ تولید سفر را برای پروژه های توسعه زمین هوشمند ارزیابی می کند و عواملی مانند ترکیب کاربری زمین، تراکم و اتصال خیابانی را در نظر می گیرد (Handy et al., 2013). علاوه بر این، کلیفتون و کورانس در دانشگاه ایالتی پورتلند مدل‌هایی را متناسب با توسعه‌های مسکونی تک خانواده، مسکونی چند خانواده و خرده فروشی ایجاد کرده‌اند که هر کدام ویژگی‌های خاص سایت را در نظر می گیرند (Weinberger et al., 2015) .

تعداد زیادی از محققان تلاش کرده‌اند تا بین عوامل مختلفی که بر رفتار سفر و استفاده از روش‌های مختلف حمل و نقل تأثیر می گذارند ارتباط برقرار کنند و اغلب حمل و نقل را به سه گروه کلی طبقه‌بندی می‌کنند: ماشین شخصی، حمل و نقل فعال – یعنی پیاده روی و دوچرخه سواری و حمل و نقل عمومی (*Wikipedia*, 2024). عوامل مختلفی می توانند بر انتخاب نحوه سفر و رفتار افراد تأثیر بگذارند، که شامل عوامل محیطی که اغلب در ادبیات به عنوان محیط ساخته شده شناخته می‌شود، مانند فاصله از مبدا تا مقصد، کاربری مختلط، اتصال به شبکه حمل و نقل، ایمنی، سیستم حمل و نقل، زیرساخت‌های جاده، پیاده‌روها و مسیرهای دوچرخه سواری (Cavill et al., 2006)؛ عوامل اقتصادی زمان سفر و هزینه (De Palma & Rochat, 2000)؛ عوامل روانشناختی نگرش‌ها، اهداف و عادات (Donald et al., 2014)؛ عوامل جمعیتی و اجتماعی–اقتصادی سن، سطح درآمد، وضعیت شغلی و شاخص‌های خدماتی مانند تعداد فضاهای موجود برای پارکینگ و دفعات حمل و نقل عمومی (Weliwitiya et al., 2019).

از منظر سیاست‌های حمل و نقل، داشتن درک بهتر از عواملی مانند مالکیت شخصی خودرو و نحوه استفاده از خودرو در برنامه ریزی و پیش بینی کاربری اراضی و تعیین سیاست‌های حمل و نقل و اقتصادی برای کاهش ازدحام ترافیک و آلودگی محیط زیست از طریق وابستگی کم به خودروهای شخصی از اهمیت بالایی برخوردار است (Feng et al., 2013). در این راستا، مطالعات پیشین عوامل اقتصادی–اجتماعی، عوامل محیط ساخته شده، ویژگی‌های خودرو و هزینه آن را به عنوان عوامل حیاتی مؤثر بر مالکیت و استفاده از خودروی شخصی شناسایی کرده‌اند. با توجه به عوامل محیط ساخته شده، مفهوم ایجاد شهر متراکم برای تشویق خانوارها به استفاده کمتر از خودروهای شخصی و رانندگی کمتر در بین محققان پذیرفته شده است (Bhat et al., 2009). خانوارهایی که در مناطق مسکونی با پوشش حمل و نقل عمومی مطلوب زندگی می‌کنند، کمتر به خودروهای شخصی وابسته هستند (Wang et al., 2018). مکان‌هایی

با تراکم بالای خطوط دوچرخه سواری و وجود امکانات کافی برای حمل و نقل فعال باعث کاهش جذابیت خودروی شخصی می‌شود (Spissu et al., 2009). علاوه بر این، تمایل به استفاده از خودروی شخصی در مناطق مسکونی که دارای مراکز تجاری هستند کمتر است (Bhat et al., 2009). از طرفی تامین مناسب پارکینگ‌ها (Jiang et al., 2017) و میزان مسافت سفر (Carse et al., 2013) می‌تواند مالکیت و استفاده از خودروهای شخصی را افزایش دهد. عوامل محیط ساخته شده مانند تراکم، کاربری زمین و اتصال شبکه جاده‌ای در ترغیب شهروندان به پیاده روی و دوچرخه سواری در مسافت‌های کوتاه (Cervero & Duncan, 2003) و افزایش مدت زمان حمل و نقل فعال (Frank et al., 2005) موثر است. تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که مناطق با تراکم بالا، نزدیکی به مرکز شهر و امکانات محلی، کاربری‌های مختلط، پیاده روی (وجود و سهولت دسترسی به پیاده‌روهای مناسب)، تراکم حمل و نقل عمومی و تنوع بالا در سیستم‌های حمل و نقل، شهروندان را به پیاده‌روی و دوچرخه سواری ترغیب می‌کند (De Nazelle et al., 2011). علاوه بر این، عوامل فیزیکی مانند مساحت ناخالص و عوامل مرتبط با محیط ساخته شده مراکز خرید مانند تامین کافی پارکینگ، تعداد کارکنان و تعداد واحدهای خرید نیز بر جاذبه سفر خرید در کاربری‌های تجاری و مراکز خرید تأثیر می‌گذارد (Al Razib & Rahman, 2017; Al Shehab & Khedaywi, 2018; George & Kattor, 2013; George et al., 2013; Mamun et al., 2014; Sasidhar et al., 2016; Uddin et al., 2012).

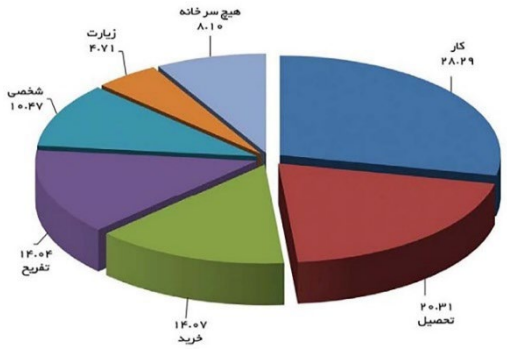
شکاف پژوهشی مطالعات پیشین، تأثیر همزمان عوامل کالبدی و عوامل مرتبط با محیط ساخته شده بر میزان تولید/جذب سفرهای خرید را در نظر نمی‌گیرد. بر این اساس، این پژوهش به دنبال مدل سازی نرخ سفرزایی کاربری‌های تجاری با در نظر گرفتن تأثیر دو عامل فوق الذکر است.

۳-داده‌های تحقیق

در این تحقیق هدف یافتن رابطه بین نرخ سفرسازی کاربری‌های تجاری با عملکرد فرا منطقه‌ای و خصوصیات فیزیکی کاربری و ویژگی‌های محیط ساخته شده محل احداث آنهاست. این نوع از کاربری شامل کاربری‌هایی است که شعاع عملکرد و حوزه نفوذ آنها تا خارج از محدوده و مرزهای یک منطقه گسترده شده و کارکردهایی در سطح منطقه، شهر و منطقه شهری ایفا می‌کنند (مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، ۱۳۹۰). بنابراین تعداد سفرهای انجام شده به کاربری به عنوان متغیر وابسته و متغیرهایی که بیانگر خصوصیات فیزیکی کاربری و ویژگی‌های محیط ساخته شده محل احداث کاربری می‌باشند، به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند.

٤-منطقه مطالعه و جمع‌آوری داده‌ها

مشهد، دومین کلان شهر بزرگ ایران، با جمعیتی حدود ۳,٤ میلیون نفر ساکن در ۳۵۳ محله شهری تا سال ۲۰۲۱ می‌باشد (Transportation Network Management and Engineering Organization, 2022). پایگاه داده گسترده سازمان مدیریت و مهندسی شبکه حمل و نقل زیربنای این مطالعه است. این پایگاه داده در مجموع ٦,۸ میلیون سفر در روز هفته را نشان می دهد. ترکیب سفرها دراین شهر بر اساس اهداف مختلف سفر مطابق شکل ۱ است.



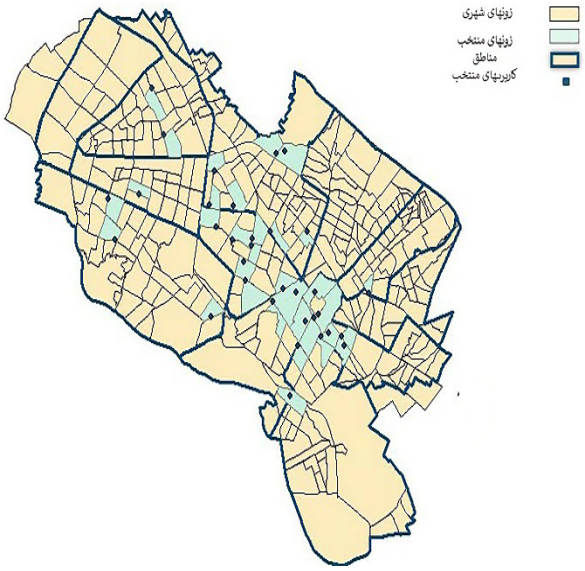
شکل ۱. ترکیب سفرهای روزانه شهر مشهد

همانطور که ملاحظه می‌شود سهم سفرهای تجاری از کل سفرهای روزانه برابر ۱٤ درصد هست. بنابراین توجه به سفرهای تجاری و شناخت ویژگی‌ها و خصوصیات آنها از اهمیت خاصی برخوردار است و همانطور که در بخش‌های قبل بطور مفصل ذکر شد این مسئله دلیل تعریف موضوع پژوهش حاضر است.

ملاحظات جغرافیایی و آماری

تعریف مقیاس فضایی مناسب برای به تصویر کشیدن تغییرپذیری واقعی و وابستگی‌های متقابل بین عوامل شهری بسیار مهم است (Gehrke & Wang, 2020). اهمیت انتخاب یک منطقه جغرافیایی مستقل و مجزا که به طور دقیق ویژگی‌های محیط ساخته شده را در مطالعات مربوط به حمل و نقل و کاربری زمین نشان می‌دهد، بسیار مهم است. این رویکرد تضمین می‌کند که ناهمگنی‌های فضایی در محیط ساخته شده، که می‌تواند به طور قابل توجهی بر رفتار سفر تأثیر بگذارد، به طور مناسب مدل سازی شده است. با پیروی از این دستورالعمل‌ها، این مطالعه برای تعریف شرایط محیطی از حوزه‌های آماری مشابه سرشماری‌ها استفاده می‌کند (Mitchell Hess et al., 2001). این انتخاب روش‌شناختی با استفاده از واحدهای همسایگی پشتیبانی می‌شود که اغلب به عنوان تقریب برای شرایط محیطی در تحقیقات رفتار سفر استفاده می‌شود (Guo & Bhat, 2007; Manaugh & Kreider, 2013).

با استفاده از این مناطق تعریف شده، تجزیه و تحلیل رگرسیونی می‌تواند به طور موثری پیکربندی‌های واقع بینانه شهری و الگوهای تعاملی را منعکس کند که برای مدل سازی دقیق تأثیر کاربری زمین و عوامل اجتماعی–اقتصادی بر تولید سفر ضروری است. توجه به این نکته ضروری است که در مطالعات برنامه‌ریزی شهری، اصطلاح "منطقه" به یک زیرمنطقه جغرافیایی گسترده در منطقه مورد مطالعه شهر اشاره دارد که ویژگی‌های مشترکی دارد. این ویژگی‌های مشترک می‌تواند عوامل مختلفی مانند توپوگرافی، آب و هوا، تراکم جمعیت، الگوهای سکونت، فعالیت‌های اقتصادی غالب یا هویت فرهنگی را در بر بگیرد. در مطالعات حمل و نقل شهری، هر منطقه بیشتر به مناطق کوچکتر تقسیم می‌شود که به عنوان مراکز تولید سفر و جاذبه عمل می‌کنند. در حالت ایده‌آل، هر منطقه برای یک کاربری خاص مانند مسکونی، تجاری، صنعتی یا تفریحی تعیین شده است. با این حال، در عمل، توزیع کاربری‌های زمین در سراسر شهر اغلب به دلیل عدم وجود سیاست‌های منطقه بندی تنظیم شده، منجر به اختلاط در هر منطقه می‌شود. به عنوان مثال مشهد به طور خاص به ۱۲ منطقه و ۳۵۳ منطقه ترافیکی تقسیم شده است. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین مکان‌های ۳۳ کاربری تجاری منتخب در داخل شهر را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نواحی و موقعیت کاربری‌های منتخب

انتخاب متغیرها

جدول ۱. عناوین متغیرهای تحقیق

دسته متغیر	عنوان متغیر	توضیح	علامت اختصاری	واحد اندازه گیری
فیزیکی کاربری	مساحت زمین	-	Land_Ar	متر مربع
	سطح زیر بنا	-	GFA	متر مربع
سفر ساعتی کاربری	متوسط سفر	متوسط سفرهای ساعتی تولید و جذب شده به کاربری	Trip	سفر
	متوسط سفر هر ۱۰۰ متر	متوسط سفر بازا هر ۱۰۰ متر مساحت کاربری (زیر بنا)	Trip_pr_100sqm	سفر بازا ۱۰۰ متر مربع
محیط ساخته شده	تراکم طول معابر در ناحیه	طول معبر در واحد سطح ناحیه	Rd_Ln_Densi	متر مربع در هکتار
	تراکم سطح معابر در ناحیه	نسبت سطح معابر به سطح ناحیه	Rd_Srf_rati	متر مربع در متر مربع
	تراکم سطح آسفالت در ناحیه	نسبت سطح آسفالت معبر به سطح ناحیه	Asph_Serf_rati	متر مربع در هکتار
	تعداد پارکینگ	تعداد پارکینگ (در ناحیه)	Park_Lot	تعداد
	تراکم سطح پارکینگ در ناحیه	نسبت مساحت پارکینگ به سطح ناحیه (هکتار)	Park_Ar_rati	متر مربع در هکتار
	تراکم تعداد پارکینگ در ناحیه	تعداد پارکینگ در هر هکتار ناحیه	Park_Lot_Densi	تعداد در هکتار
	تراکم تعداد ایستگاه اتوبوس	(تعداد) ایستگاه اتوبوس در ناحیه به سطح ناحیه	Bus_Stop	تعداد در هکتار
	تراکم تعداد ایستگاه اتوبوس در معابر ناحیه	متوسط تعداد ایستگاه اتوبوس در هر کیلومترمعبر در ناحیه	Bus_Stop_pr_km	تعداد در کیلومتر
	تراکم تعداد ایستگاه اتوبوس در ناحیه	تعداد ایستگاه اتوبوس در هر کیلومتر مربع سطح ناحیه	Bus_Stop_Densi	تعداد در کیلومتر
	تراکم تعداد واحد کسبی در ناحیه	متوسط تعداد واحد کسبی (در هر هکتار ناحیه)	Shop_Unit_pr_ha	تعداد در هکتار
	تراکم تعداد واحد کسبی در طول معابر ناحیه	تعداد واحد کسبی در واحد طول معبر	Shop_Unit_pr_Km	تعداد در کیلومتر

جدول ۱ عناوین متغیرهای بررسی شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

تحلیل توصیفی

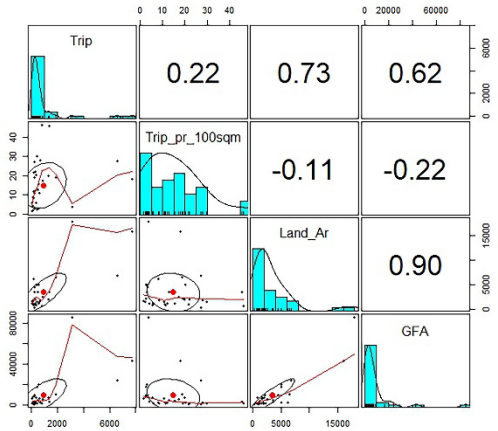
موضوع آمار توصیفی تنظیم و طبقه‌بندی داده‌ها، نمایش ترسیمی، و محاسبه مقادیری از قبیل نما، میانگین، میانه و ... بوده که حاکی از مشخصات یکایک اعضای جامعه مورد بحث است. جدول ۲ شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای تحقیق از قبیل، کمترین مقدار، بیشترین مقدار، میانگین میانه، انحراف استاندارد، چولگی و کشیدگی را نشان می‌دهد.

دسته متغیر	نماد متغیر	میانگین	میانه	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	کمترین	بیشترین
فیزیکی کاربری	Land_Ar	۳٤۲٥,۱٥	۱۹٤۰,۰۰	۳۹٥۲,۷۷	۲,٦۸	۷,٦٥	۲۷۰,۰۰	۱۸۰۰۰,۰۰
	GFA	۹۱۸۲,۳۳	۳٦۰۰,۰۰	۱٦۰٦۱,۹۷	۳,۷۹	۱٦,۲۲	۸٥۳,۰۰	۸٥۰۰۰,۰۰
سفر کاربری	Trip	۹٦۲,۳۰	۳۹۹,۰۰	۱۷۱۳,۱۹	۳,۲۳	۱۰,۲۸	٦۹,۰۰	۷۷۲۳,۰۰
	Trip_pr_100sqm	۱٤,۸۲	۱۲,۱۲	۱۱,۸۱	۱,۰۸	۱,۰۳	۱,۳٤	٤٦,۲۷
محیط ساخته شده	Rd_Ln_Densi	۹٥,٤۷	۸۸,۳۳	۲۹,٥٦	۰,٤۱	۰,۷٦-	٤۱,۳۰	۱٥۸,۱۸
	Rd_Srf_rati	۰,۲۸	۰,۲۹	۰,۰۷	۰,۰۲	۰,۹۳-	۰,۱۷	۰,٤۰
	Asph_Serf_rati	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۰٤	۰,۰٥-	۰,٥٥-	۰,۰٥	۰,۱۹
	Park_Lot	۱۲۳٥,۳۸	۱۱٦۱,۸۷	٦٦٤,۷۳	۱,۱۳	۲,۲۸	٤۲,۸۰	۳۱٤۸,۷۲
	Park_Ar_rati	۲٥۳,٤٦	۲۳۸,۸۷	۱۲۸,۷۹	۰,۰۳-	۰,۷٤-	٦,٤۸	٤۹۹,۹۳
	Park_Lot_Densi	۱٦,۹۰	۱٥,۹۲	۸,٥۹	۰,۰۳-	۰,۷٤-	۰,٤۳	۳۳,۳۳
	Bus_Stop	۱٥,۲۱	۱٤,۰۰	۸,۰۹	۱,٥۳	۳,۱۸	٤,۰۰	٤۳,۰۰
	Bus_Stop_pr_km	٥,۸٦	۳,٦۷	٥,۰٥	۱,۸۹	۲,۲۱	۱,٦٥	۱۹,۹٦
	Bus_Stop_Densi	۱۸,۸٥	۱۸,۹۲	٦,۸۷	۱,۳۰	٥,۰۸	٦,۹۳	٤٤,٤٥
	Shop_Unit_pr_ha	۱۰,۳۲	۸,۰۷	۷,٦۸	۱,٦۹	۳,٥۸	۱,۰۸	۳٦,۷۳
	Shop_Unit_pr_Km	۱۱۱,٤۹	۸۸,٤٦	۷۳,٤٦	۱,۲٥	۲,۱۳	۸,۲٥	۳٤۳,۱٦

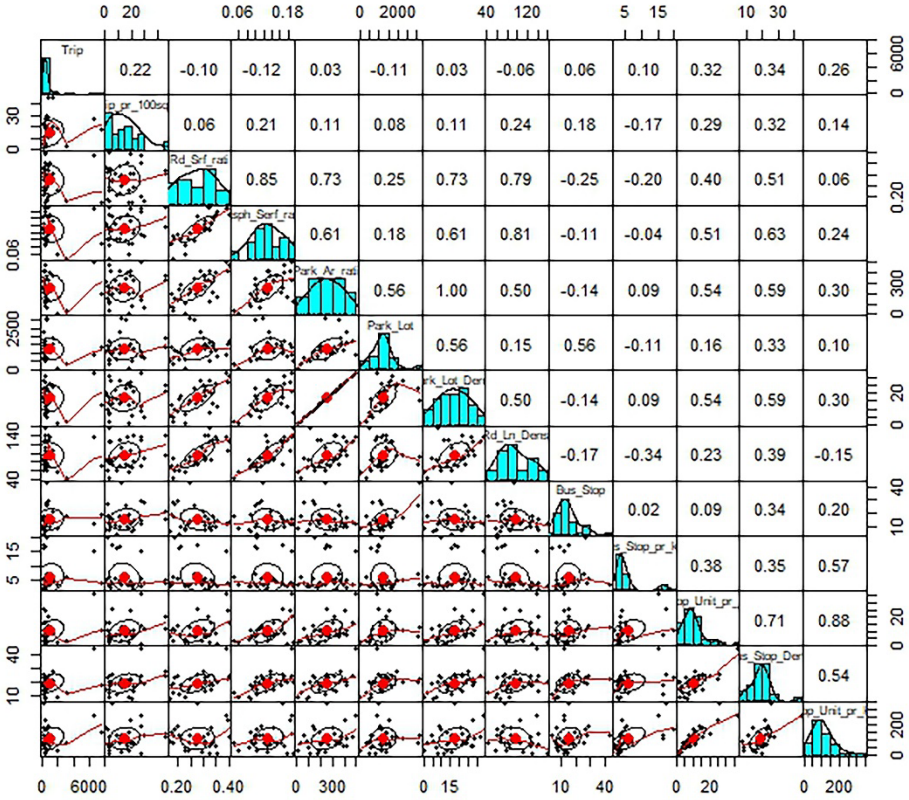
جدول ۲. شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

بررسی همبستگی بین متغیرها

به دلیل زیاد بودن متغیرهای پژوهش تمام همبستگی‌ها دو به دو گزارش نشدند. تنها همبستگی متغیرهای وابسته پژوهش به تفکیک در هر یک از زیر گروه‌های عوامل فیزیکی و محیط ساخته شده بررسی گردید. شکل ۳ و شکل ٤ به گونه‌ای تنظیم شده است که در قطر شکل، هیستوگرام به همراه منحنی چگالی ترسیم شده است. در بالای قطر، مقدار همبستگی پیرسون دو به دو متغیرها درج شده است. همچنین در زیر قطر نمودار پراکنش دو به دو متغیرها ترسیم گردیده است.



شکل ۲. بررسی همبستگی در زیر گروه عوامل فیزیکی



شکل ۳. بررسی همبستگی در زیر گروه عوامل محیط ساخته شده

با توجه به شکل ٤ دو متغیر " تراکم سطح پارکینگ در ناحیه " و " تراکم تعداد پارکینگ در ناحیه " همبستگی کاملی با یکدیگر دارند. به دلیل همخطی نمی‌توان همه متغیرها را وارد مدل‌هایی نهایی کرد و از دو متغیر ذکر شده تنها یک متغیر را می‌توان در مدل نهایی در نظر گرفت. متغیر" تراکم سطح پارکینگ در ناحیه " به دلیل جامعیت نسبی نسبت به متغیرهای دسته خود و همچنین حصول پذیری بیشتر برای مدل نهایی در نظر گرفته شدند.

پیش بینی به کمک مدل رگرسیون خطی

رگرسیون خطی دارای سابقه طولانی در مطالعات برنامه‌ریزی حمل و نقل است که در حال حاضر نیز به عنوان یک ابزار مهم در تحلیل و بررسی روابط بین متغیرها و عوامل تاثیرگذار سفرها توسط محققین مورد استفاده قرار می‌گیرد. رگرسیون خطی

به محققان این امکان را می‌دهد که تأثیر متغیرهای مختلف را بر رفتار سفر ارزیابی کنند (Bamney et al., 2022). همچنین، در مطالعه‌ای دیگر، از روش‌های رگرسیون برای تحلیل تغییرات در رفتار سفر و شناسایی نقاط تغییر مهم در الگوهای سفر استفاده شده است (Zhao et al., 2018). از جمله دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به تخمین تولید سفر باری (de Oliveira et al., 2020)، برآورد تولید سفر زیرساخت های حمل و نقل در نزدیکی کاربری های مختلط(Zenina & Borisov, 2013)، برآورد مدلهای تولید سفر دوچرخه با استفاده از رگرسیون وزن دار(Noland et al., 2016)، تاثیر عادات انگیزه‌ها و نگرش‌ها و هنجارهای رانندگی در اهداف سفر در استفاده روزانه از خودرو (Ramos et al., 2020)، تاثیر عوامل مهم بر سفرهای مترو مادرید (Calvo et al., 2019) و ... اشاره کرد. بر همین اساس در این بخش به منظور یافت مهمترین متغیرهای موثر بر متغیر وابسته از مدل رگرسیون خطی کمک گرفته شد. یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می‌گیرد، استقلال باقیمانده‌ها (تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط معادله رگرسیون) از یکدیگر است. اگر این فرض نقض شود، ممکن است نشان‌دهنده وجود الگوهای غیرقابل شناسایی در داده‌ها باشد که می‌تواند به تخمین‌های نادرست منجر شود. به‌منظور بررسی استقلال باقیمانده‌ها از یکدیگر آزمون دوربین واتسون به‌کارگیری می‌شود. مقدار آماره این آزمون در دامنه ۰ و ٤+ قرار دارد و اگر این آماره در بازه ۱/۵ تا ۲/۵ قرار گیرد، فرضیه صفر آزمون (عدم همبستگی بین باقیمانده‌ها) پذیرفته می‌شود و گرنه فرضیه صفر رد می‌شود و بین باقیمانده‌ها همبستگی وجود دارد.

علاوه بر این، اگر دو متغیر پیش‌بین با یک‌دیگر همبستگی بالایی داشته باشند، مثلاً ۰/۹۰، آن‌ها واریانس یکسانی از متغیر ملاک را تبیین می‌کنند. این وضعیت را هم‌خطی چندگانه می‌نامند. این پدیده مهمی است که در آزمون‌های تحلیل چند متغیری باید از آن اجتناب کرد. جهت بررسی هم‌خطی چندگانه، از آماره تحمل و عامل تورم واریانس استفاده می‌شود. آماره تحمل، نسبتی از واریانس کل است که به وسیله متغیرهای دیگر تبیین نمی‌شوند و از طریق فرمول $۱-R^۲$ محاسبه می‌شود. ارزش تحمل کمتر از ۰/۱۰ نشان‌دهنده هم‌خطی بین متغیرها است. یکی دیگر از مشکلات هم‌خطی چندگانه این است که همبستگی بالای متغیرهای پیش‌بین، خطای استاندارد ضرایب آن‌ها را افزایش می‌دهد، بدین معنی که ارزش‌های این متغیرها از مطالعه‌ای به مطالعه دیگر نوسان بسیار زیادی دارد. این پدیده به عنوان عامل تورم واریانس شناخته می‌شود. ارزش‌های عامل تورم واریانس بزرگ‌تر از ۱۰ نشان‌دهنده آن است که آن متغیر اضافی است.

رابطه بین سفرها و پارامترهای فیزیکی

با توج به شکل ۳ از میان دسته متغیرهای سفر ساعتی کاربری، متوسط سفر که وابستگی بیشتری با متغیرهای فیزیکی کاربری داشت انتخاب و متوسط سفر هر ۱۰۰ متر از بررسیها حذف شد. همچنین با توجه به اینکه مطابق شکل ۳ دو پارامتر مساحت زمین و سطح زیر بنا وابستگی بالایی با یکدیگر دارند هر کدام از آنها بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از رگرس هیون خطی نتایج در جداول زیر آمده است:

گرچه دو معادله، شاخص‌های متوسطی دارند لیکن همانطور که در جداول فوق ملاحظه می‌شود مدل مساحت زمین دارای شاخص‌های مناسب تری نسبت به سطح زیربنای کاربری است.

رابطه بین سفرها و متغیرهای فیزیکی و محیط ساخته شده

برای دستیابی به مدل مناسب متوسط سفر کاربری به عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرها ی فیزیکی و محیط ساخته شده بعنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. مدل درج شده از روش انتخاب مدل گام به گام با معیار ورود ۰,۱ و معیار خروج ۱۵.۰ انتخاب شد. برآوردهای حاصله در جدول ۵ تنظیم گردید.

مقدار معناداری برای پذیرش آزمون t بستگی به عوامل مختلف دارد(Field, 2024). با توجه به نوع پژوهش اکتشافی مقادیر معناداری با سطح پذیرش ۱۰٪ قابل قبول بوده و می‌توان آنها را پذیرفت(Gelman & Carlin, 2014). چنانچه سطح پذیرش قابل قبول ۵٪ در نظر گرفته شود نتایج پدازش مدل خطی مطابق جدول ٦ خواهد بود.

جدول ۳. اطلاعات مربوط به رگرسیون مساحت زمین

معادله:	Trip = -۱۲۱.۸۲ + ۰.۳۱۷ * Land_Ar

اطلاعات مربوط به متغیرهای مدل

نماد متغیر	توضیح متغیر	B	β[۲]	آماره t	VIF	مقدار معناداری
β_0		-۱۲۱٫۸۲		-۰٫٤٤	-	۰٫٦٦۲
Land_Ar	مساحت زمین	۰٫۳۱۷	۰٫۷۳	۵٫۹۵۲	۱٫۰	<۰٫۰۰۱

اطلاعات مربوط به ساختار مدل

ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	آماره دوربین واتسون	آماره F	مقدار معناداری
۰٫۵۳۳	۰٫۵۱۸	۱٫٤۳	۳۵٫٤۲۷	<۰٫۰۰۱

جدول ٤. اطلاعات مربوط به رگرسیون سطح زیر بنا

معادله:	Trip = ۳۵۳.۱٦ + ۰.۰٦٦ * GFA

اطلاعات مربوط به متغیرهای مدل

نماد متغیر	توضیح متغیر	B	β	آماره t	VIF	مقدار معناداری
β_0		۳۵۳٫۱٦٦		۱٫۲۸۷	-	۰٫۲۰۸
GFA	سطح زیر بنا	۰٫۰٦٦	۰٫٦۲۲	٤٫٤۲۲	۱٫۰	<۰٫۰۰۱

اطلاعات مربوط به ساختار مدل

ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	آماره دوربین واتسون	آماره F	مقدار معناداری
۰٫۳۸۷	۰٫۳٦۷	۱٫٦۹۳	۱۹٫۵۵٦	<۰٫۰۰۱

[۱] ضریب استاندارد نشده

[۲] ضریب استاندارد شده

جدول ۵. اطلاعات مربوط به رگرسیون چندگانه

معادله:

Trip = -۱۷۱۵,۱۵۱ + ۰.۳۵ * Land_Ar + ٦٦,۰۱۵ * Bus_Stop_Densi + ۱۱٤,۹۲۸ * Shop_Unit_pr_ha – ۸,۵۳۷ * Shop_Unit_pr_Km

اطلاعات مربوط به متغیرهای مدل

نماد متغیر	توضیح متغیر	B	β	آماره t	VIF	مقدار معناداری
β_0		-۱۷۱۵.۱۵۱		-۳.۰۳۵		.۰۰۵
Land_Ar	مساحت زمین	.۳۵۰	۰,۸۰۷	۸.٤۰۲	۱.۰٤۷	.۰۰۰
Bus_Stop_Densi	تراکم تعداد ایستگاه اتوبوس در ناحیه	٦٦.۰۱۵	۰,۲٦۵	۱.۸۹٤	۲.۲۱٤	.۰٦۹
Shop_Unit_pr_ha	تراکم تعداد واحد کسبی در ناحیه	۱۱٤.۹۲۸	۰,۵۱۵	۲.۰۲۱	۷.۳٦۲	.۰۵۳
Shop_Unit_pr_Km	تراکم تعداد واحد کسبی در طول معابر ناحیه	-۸.۵۳٤	۰,۳٦٦–	-۱.۷۱۵	۵.۱٦۲	.۰۹۷

اطلاعات مربوط به ساختار مدل

ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	آماره دوربین واتسون	آماره F	مقدار معناداری
۰,۷۵۳	۰,۷۱۸	۲,۷۳	۲۱,۳۳۷	<۰,۰۰۱

جدول ٦. اطلاعات مربوط به رگرسیون چندگانه با اطمینان ۹۵٪

معادله: Trip = -۲۲۲۱,۷۱۲ + ۰,۳۳۸ * Land_Ar + ۱۰۷,۵۵۳ * Bus_Stop_Densi

اطلاعات مربوط به متغیرهای مدل

نماد متغیر	توضیح متغیر	B	β	آماره t	VIF	مقدار معناداری
β_0		۲۲۲۱,۷۱۲–		٤,۲٤۲–		۰,۰۰۰
Land_Ar	مساحت زمین	۰,۳۳۸	۰,۷۷۹	۷,۹۷۲	۱,۰۱۳	۰,۰۰۰
Bus_Stop_Densi	تراکم تعداد ایستگاه اتوبوس در ناحیه	۱۰۷,۵۵۳	۰,٤۳۱	٤,٤۱۱	۱,۰۱۳	۰,۰۰۰

اطلاعات مربوط به ساختار مدل

ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	آماره دوربین واتسون	آماره F	مقدار معناداری
۰,۷۱۷	۰,٦۹۸	۲,۵۹	۱۹,٤۵۸	<۰,۰۰۱

همانطور که ملاحظه می‌شود تمامی مقادیر مربوط به متغیرهای مدل و همچنین ساختار مدل قابل قبول بوده و نسبت به سایر مدلها برتری داشته و همچنین می‌تواند ۷۲ درصد از تغییرات متغیر پاسخ را پوشش دهد.

از بین متغیرهای محیط ساخته شده متغیر مربوط به ایستگاه حمل ونقل عمومی (اتوبوس) و همچنین واحدهای کسبی در مدل وارد شده‌اند.

نکته جالب تاثیر و ارتباط آنها با متوسط سفرهای کاربری‌های تجاری است. چنانکه مشاهده می‌شود افزایش تراکم واحدهای کسبی در یک محدوده باعث افزایش سفرهای کاربری می شود. این مسئله نشان دهنده آنستکه افزایش واحدهای تجاری در سطح یک منطقه، آن را بعنوان یک منطقه قوی برای خرید نسبت به سایر مناطق شهری معرفی می‌کند و جذب سفرهای به منطقه را افزایش می‌دهد لیکن افزایش تراکم کاربری در یک معبر باعث کاهش سفرهای خرید به کاربری مورد نظر می‌شود.

۵-نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی بر این شد که ویژگی‌های محیط ساخته شده به عنوان پارامتر مستقل در کنار ویژگی‌های فیزیکی کاربری مورد بررسی قرار گیرد.

برای این پژوهش، کاربری‌های تجاری با مقیاس فرامنطقه انتخاب شد که در معمولا بیشترین متقاضی برای احداث آنها خارج از طرح‌های تفصیلی و شهری مصوب بالا دستی را داشته و احداث آن‌ها به دلیل رفت وآمدهای زیادی که ایجاد می‌کند بیشترین تأثیر را بر ترافیک محدوده دارد.

نتایج تحقیق با توجه به اطلاعات موجود برای ۳۳ کاربری با مشخصات مورد نظر در شهر مشهد آماده شد. با توجه به روش تحقیق این تعداد حداقل آمار مورد نیاز است که به دلیل محدودیت‌های اطلاعاتی امکان در نظر گرفتن نمونه‌های بیشتر وجود نداشت.

یافته‌های تحقیق

از دستاوردهای مهم این پژوهش نشان دادن تاثیر ویژگی‌های محیطی در کنار ویژگی‌های فیزیکی کاربری و تاثیر آنها بر رفتار سفر کاربری و نحوه این ارتباطات است. سایر نتایج به شرح ادامه است.

-در تحقیق حاضر با توجه به روش تحقیق از میان متغیرهای فیزیکی کاربری علاوه بر سطح کاربری، مساحت زمین پروژه نیز لحاظ شده است.

-نتایج حاصل از مدلسازی نشان می‌دهد از دو متغیر مربوط به متغیرهای فیزیکی کاربری‌های تجاری، متغیر مساحت زمین نسبت به سطح زیر بنا برای کاربری‌های تجاری در برآورد سفرهای این نوع کاربری مناسب‌تر است.

-در این پژوهش ۱۱ ویژگی محیط ساخته شده که می‌تواند در ایجاد سفرهای کاربری‌های تجاری با مقیاس فرامنطقه‌ای موثر باشد مورد مطالعه قرار گرفت.

-از میان تمام متغیرهای محیط ساخته شده، متغیر تراکم تعداد ایستگاه در ناحیه در کنار مساحت زمین کاربری دارای بهترین نتایج مدلسازی رگرسیون خطی بودند.

-علاوه بر متغیر متغیر تراکم تعداد ایستگاه در ناحیه، دو متغیر تراکم تعداد واحد کسبی در طول معابر و تراکم تعداد واحد کسبی سطح ناحیه نیز در سفرهای کاربری‌های تجاری فرامنطقه‌ای تاثیرگذراند بطوریکه تراکم واحدهای کسبی در طول معبر باعث کاهش سفرها ولی تراکم واحدهای کسبی در ناحیه اطراف کاربری باعث افزایش سفرها می‌شود.

از بین متغیرهای محیط ساخته شده، تراکم تعداد واحد کسبی در ناحیه بیشترین تأثیر را برآورد میانگین سفرهای کاربری دارد.

توصیه به برنامه‌ریزان شهری

نتایج بر اهمیت توجه به عوامل کالبدی و محیط ساخته شده در برنامه‌ریزی شهری و مدیریت ترافیک تأکید می‌کند. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که استراتژی‌های مدیریت ترافیک باید مبتنی بر توسعه حمل ونقل عمومی، اتوبوس باشد.

پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده

گسترش اندازه و تنوع نمونه: مطالعات آینده می‌تواند دامنه جغرافیایی گسترده تر و مجموعه متنوع‌تری از کاربری‌های تجاری را برای افزایش تعمیم پذیری یافته‌ها بررسی کند.

تحلیل طولی: اجرای مطالعات طولی می تواند به درک تغییرات زمانی در چگونگی تأثیر محیط ساخته شده بر تولید سفر در طول زمان کمک کند.

ترکیب متغیرهای محیط ساخته شده‌ی اضافی: در حالی که این مطالعه تمرکز خود را به چند عامل محیط ساخته شده محدود

کرد، تحقیقات آینده می‌تواند شامل متغیرهای اضافی مانند فاصله پیاده‌روی تا ایستگاه، کیفیت حمل و نقل عمومی، پارکینگ تامین شده در محل کاربری برای مراجعین برای تعمیق تجزیه و تحلیل اجتماعی-اقتصادی باشد.

-مدل‌های شبیه سازی ترافیک پیشرفته: استفاده از مدل های شبیه سازی پیشرفته می‌تواند بینش دقیق‌تری در مورد سهم خاص پیکربندی‌های محیط ساخته شده در الگوهای ترافیک ارائه دهد.

-تأثیر خط مشی‌گذاری عمومی: بررسی تأثیر سیاست‌های خاص برنامه‌ریزی شهری بر اثربخشی برنامه‌ریزی کاربری اراضی تجاری و تأثیر آن بر ترافیک می‌تواند بینش‌های عملی را برای سیاست گذاران فراهم کند.

-این بینش‌ها به یک رویکرد آگاهانه‌تر به توسعه شهری کمک می‌کند و به سیاست گذاران کمک می‌کند تا محیط‌های شهری پایداری را طراحی کنند که به طور موثر به پیچیدگی‌های ازدحام ترافیک و برنامه ریزی استفاده از زمین بپردازد. همانطور که شهرها به رشد و تکامل خود ادامه می‌دهند، چنین تحقیقاتی برای توسعه استراتژی‌های یکپارچه که روابط پیچیده بین ویژگی‌های کاربری زمین و رفتار سفر را در نظر می‌گیرد، بسیار مهم است.

٦- مراجع

-Aboelenen, K. E., Mohammad, A. N., Elgaar, M. I., & Choe, P. (2021). Trip generation rates using household surveys in the state of Qatar. *Journal of Traffic and Logistics Engineering 9*.

-Al Razib, M. S., & Rahman, F. I. (2017). Determination of trip attraction rates of shopping centers in Uttara Area, Dhaka. *American Journal of Management Science and Engineering*, *2*(5), 150-155 .

-Al Shehab, O. M., & Khedaywi, T. S. (2018). Trip and parking generation for shopping centers in Jordan. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, *88*(2), 45-49 .

-Altaher, M. G., Elsayed, M. A., Hassanin, H. D., & Ibrahim, A. R. (2023). Trip Attraction Rates of Banking Services in Developing Countries' Cities. *Civil Engineering Journal*, *9*(2), 343-355 .

-Anand, A., & George, V. (2022). Modeling Trip-generation and Distribution using Census, Partially Correct Household Data, and GIS. *Civil Engineering Journal*, *8*(9), 1936-1957 .

-Bamney, A., Gupta, N., Jashami, H., Megat-Johari, M.-U., & Savolainen, P. (2022). An analysis of changes in county-level travel behavior considering COVID-19–related travel restrictions, immunization patterns, and political leanings. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, *148*(11), 04022096 .

-Bhat, C. R., Sen, S., & Eluru, N. (2009). The impact of demographics, built environment attributes, vehicle characteristics, and gasoline prices on household vehicle holdings and use. *Transportation Research Part B: Methodological*, *43*(1), 1-18 .

-Calvo, F., Eboli, L., Forciniti, C., & Mazzulla, G. (2019). Factors influencing trip generation on metro system in Madrid (Spain). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 156-172 .

-Carse, A., Goodman, A., Mackett, R. L., Panter, J., & Ogilvie, D. (2013). The factors influencing car use in a cycle-friendly city: the case of Cambridge. *Journal of Transport Geography*, *28*, 67-74 .

-Cavill, N., Kahlmeier, S., & Racioppi, F. (2006). Physical activity and health in Europe: evidence for action. *WHO Regional Office Europe*.

-Cervero, R., & Duncan ,M. (2003). Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay Area. *American Journal of Public Health*, *93*(9), 1478-1483 .

-De Nazelle, A., Nieuwenhuijsen, M. J., Antó, J. M., Brauer, M., Briggs, D., Braun-Fahrlander, C., Cavill, N., Cooper, A. R., Desqueyroux, H., & Fruin, S. (2011). Improving health through policies that promote active travel: a review of evidence to support

-George, P., Kattor, G. J., & Malik, K. V. A. (2013). Prediction Of Trip Attraction Based On Commercial Land Use Characteristics. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *2*, 352-359 .

-Guo, J. Y., & Bhat, C. R. (2007). Operationalizing the concept of neighborhood: Application to residential location choice analysis. *Journal of Transport Geography*, *15*(1), 31-45 .

-Handy, S., Shafizadeh, K. R., & Schneider, R. (2013). California smart-growth trip generation rates study.

-Harazraah Consulting Engineers group. (2012). Determining the Rate of Trip Generation and Attraction of Land Uses in Mashhad (in persian). Retrieved from Iran: City of Mashhad.

-Hu, N., Legara, E .F., Lee, K. K., Hung, G. G.,

& Monterola, C. (2016). Impacts of land use and amenities on public transport use, urban planning and design. *Land Use Policy*, *57*, 356-367 .

-Hua-bing, D., Jin-chuan, C., & Ji-fu, G. (2007). Research on trip generation rate of office buildings in Beijing. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, *7*(3), 90 .

-*Institute of Transportation Engineers*. (2017). Trip Generation Handbook An ITE Recommended Practice, 2nd Ed. Retrieved from Washington, D.C.

-Jiang, Y., Gu, P., Chen, Y., He, D., & Mao, Q. (2017). Influence of land use and street characteristics on car ownership and use: Evidence from Jinan, China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *52*, 518-534 .

-Karambakhsh, S. (2023). .Automatic

Methodology for Multi-modal Trip Generation with Roadside LiDAR University of Nevada, Reno.

-Lawson, C. T., Holguín-Veras, J., Sánchez-Díaz, I., Jaller, M., Campbell, S., & Powers, E. L. (2012). Estimated generation of freight trips based on land use. *Transportation Research Record*, *2269*(1), 65-72 .

integrated health impact assessment. *Environment International*, *37*(4), 766-777 .

-de Oliveira, L. K., Herédia, R. T., Bertoncini, B. V., & de Oliveira, R. L. M. (2020). Freight trip generation to buildings under construction: a comparative analysis with linear regression and generalised linear regression. *Transportes*, 28-42 .

-De Palma, A., & Rochat, D. (2000). Mode choices for trips to work in Geneva: an empirical analysis. *Journal of Transport Geography*, *8*(1), 43-51 .

-Donald, I. J., Cooper, S. R., & Conchie, S. M. (2014). An extended theory of planned behaviour model of the psychological factors affecting commuters' transport mode use. *Journal of Environmental Psychology*, *40*, 39-48 .

-Doulabi, S., Wilmot, C., Stopher, P., & Antipova, A. (2022). Contextual adjustment of the institute of transportation engineers trip generation rates for small and medium urban areas in Louisiana. *Transportation Research Record*, *2676*(8), 44-55 .

-Feng, Y., Fullerton, D., & Gan, L. (2013). Vehicle choices, miles driven, and pollution policies. *Journal of Regulatory Economics*, *44*, 4-29 .

-Field, A. (2024). Discovering statistics using IBM SPSS statistics. *Sage Publications Limited* .

-Frank, L. D., Schmid, T. L., Sallis, J. F., Chapman, J., & Saelens, B. E. (2005). Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: findings from SMARTRAQ. *American Journal of Preventive Medicine*, *28*(2), 117-125 .

-Gehrke, S. R., & Wang, L. (2020). Operationalizing the neighborhood effects of the built environment on travel behavior. *Journal of Transport Geography*, *82*, 102561 .

-Gelman, A., & Carlin, J. (2014). Beyond power calculations: Assessing type S (sign) and type M (magnitude) errors. *Perspectives on Psychological Science*, *9*(6), 641-651 .

-George, P., & Kattor, G. J. (2013). Forecasting trip attraction based on commercial land use characteristic. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, *2*.(9).

transportation statistics of Mashhad city (in persian). Mashhad Municipality.

-Uddin, M., Hasan, M. R., Ahmed, I., Das, P., Uddin, M. A., & Hasan, T. (2012). A comprehensive study on trip attraction rates of shopping centers in dhanmondi area. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, *12*(4), 12-16.

-Wang, X., Shao, C., Yin, C., & Zhuge, C. (2018). Exploring the influence of built environment on car ownership and use with a spatial multilevel model: A case study of Changchun, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(9), 1868 .

-Weinberger, R., Dock, S., Cohen, L., Rogers, J. D., & Henson, J. (2015). Predicting travel impacts of new development in America's major cities: Testing alternative trip generation models. *Transportation Research Record*, *2500*(1), 36-47.

-Weinberger, R., Ricks, K., Schrieber, J., Cohen, L., & Symmetra Design, L. (2014). Trip generation data collection in urban areas .

-Weliwitiya, H., Rose, G., & Johnson, M. (2019). Bicycle train intermodality: Effects of demography, station characteristics and the built environment. *Journal of Transport Geography*, *74*, 395-404 .

-Wikipedia. (2024). Active mobility. https://en.wikipedia.org/wiki/Active_mobility (Accessed: January 2024)

-Xiao, T., Lu, H., Sun, Z., & Wang, J. (2021). Trip generation prediction based on the convolutional neural network-multidimensional long-short term memory neural network model at grid cell scale. *IEEE Access*, *9*, 79051-79059 .

-Zenina, N., & Borisov, A. (2013). Regression analysis for transport trip generation evaluation. *Information Technology and Management Science*, 89-94 .

-Zhao, Z., Koutsopoulos, H. N., & Zhao, J. (2018). Detecting pattern changes in individual travel behavior: A Bayesian approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, *112*, 73-88 .

-Mamun, M., Rahman, S., Rahman, M., Aziz, Y., & Raihan, M. (2014). Determination of trip attraction rates of shopping centers in Dhaka city. *2nd International Conference on Advances in Civil Engineering.*

-Manaugh, K., & Kreider, T. (2013). What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix. *Journal of Transport and Land use*, *6*(1), 63-72 .

-Mitchell Hess, P., Vernez Moudon, A., & Logsdon, M. G. (2001). Measuring land use patterns for transportation research. *Transportation Research Record*, *1780*(1), 17-24 .

-Newman, P. W., & Kenworthy, J. R. (1996). The land use—transport connection: An overview. *Land Use Policy*, *13*(1), 1-22 .

-Noland, R. B., Smart, M. J., & Guo, Z. (2016). Bikeshare trip generation in New York City. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 164-181 .

-Ramos, É. M. S., Bergstad, C. J., & Nässén, J. (2020). Understanding daily car use: Driving habits, motives, attitudes, and norms across trip purposes .*Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 306-315 .

-Rith, M., Fillone, A., & Biona, J. B. M. (2019). The impact of socioeconomic characteristics and land use patterns on household vehicle ownership and energy consumption in an urban area with insufficient public transport service–A case study of metro Manila. *Journal of Transport Geography*, *79*, 102484 .

-Sasidhar, K., Vineeth, Y., & Subbarao, S. (2016). Trip attraction rates of commercial land use: a case study. *Indian Journal of Science and Technology*, *9*(30), 1-5 .

-Shafizadeh, K., Lee, R., Niemeier, D., Parker, T., & Handy, S. (2012). Evaluation of operation and accuracy of available smart growth trip generation methodologies for use in California. *Transportation Research Record, 2037(1), 120-131.*

-Spissu, E., Pinjari, A. R., Pendyala, R. M., & Bhat, C. R. (2009). A copula-based joint multinomial discrete–continuous model of vehicle type choice and miles of travel. *Transportation*, *36*, 403-422 .

-*Transportation Network Management and Engineering Organization*. (2022). 18th

Assessment of the Impacts of Built Environment Characteristics on Trip Generation Rates of Trans-regional Commercial Land Uses (Case Study: Mashhad City)

Ramin Ahoye, Ph.D., Student, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Abbas Babazadeh, Associate Professor, University of Tehran, Tehran, Iran.
Ali Naderan, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

E-mail: ababazadeh@ut.ac.ir

Received: April 2025- Accepted: November 2025

ABSTRACT
Assessing the traffic impacts of a specific land use at its establishment site requires estimating the trips generated by that land use, which is a critical component of traffic impact studies. Standard guidelines, such as the Trip Generation Manual, often consider physical attributes of the land use—such as total area, floor area, number of employees, or number of rooms—for calculating trip generation and attraction rates. However, studies have demonstrated that urban trip generation and behavior are influenced by other factors as well, including built environment characteristics and socio-economic factors, which vary depending on the type of land use. Among different land uses, commercial land uses typically generate higher trip rates due to frequent visits by shoppers, often causing more significant traffic issues in their vicinity compared to other land uses. This study investigates the impact of built environment factors on trip generation behavior for commercial land uses. Initially, built environment factors around the development site were identified based on previous studies. Then, linear regression analysis, a robust tool for discovering the influence and relationships between variables, was used to analyze the impact of these factors on trip generation. Considering that trip generation for a land use depends not only on its type but also on its functional scale, this research focuses on commercial land uses with transregional-scale functionality. The results of this study, conducted on 33 regional-scale commercial land uses in the metropolitan area of Mashhad, indicate that the average hourly trips generated by commercial land uses are influenced by built environment characteristics such as the density of bus stops, the density of business units in the area, the density of business units along streets, and the land area allocated to the land use. Among these factors, except for the parameter of business unit density along the streets of an area, all other parameters have a positive impact on the average trips generated. The mentioned parameter is the only one where its increase in an area leads to a reduction in trip generation for the land use. Furthermore, the results indicate that among the built environment factors, the density of commercial units in the area has the most significant impact.

Keywords: Trip Generation and Attraction, Built Environment Factors, Linear Regression, Metropolitan/Regional Commercial Land Uses