مهندسی جغرافیایی سرزمین
شاپای چاپی ۱۴۹۰-۲۵۳۸
شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲-۲۵۳۸
www.jget.ir

دوره ۷، شماره ۳ (پیاپی ۱۷)، پاییز ۱۴۰۲، صص. ۵۶۹-۵۸۸
DOI: 10.22034/JGET.2023.154010
DOR: 20.1001.1.25381490.1402.7.3.6.4

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر اختلاط کاربری اراضی شهری بر مصرف انرژی با تأکید بر حمل و نقل شخصی (مطالعه موردی: شهر تبریز)

ابوالفضل قنبری [۱*]، موسی واعظی [۲]

۱. دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۰۲ خرداد ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۱۵ اسفند ۱۴۰۰

چکیده

مقدمه: صنعت حمل و نقل مصرف کننده بخش قابل توجهی از انرژی تحت تأثیر عوامل مختلف تبعات مخرب فراوانی در ابعاد مختلف و به ویژه زیست محیطی دارد.

هدف: تحقیق حاضر به بررسی اختلاط کاربری با رویکردهای ترکیب، تراکم و توزیع به بررسی تأثیر اختلاط کاربری و برنامه‌ریزی کاربری زمین بر مصرف انرژی با تأکید بر حمل و نقل در تبریز پرداخته است.

روش شناسی: ژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش پژوهش آن توصیفی- تحلیلی می‌باشد. برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی، طرح‌های جامع و نهادها و سازمان‌های مرتبط استفاده شده است. برای محاسبه اختلاط کاربری از روش‌های آنتروپی، شاخص کثرت، شاخص توزیع و آماره کانونی و برای بررسی وضعیت انرژی از آمار مصرف انرژی در تبریز، ضریب مالکیت خودرو، میزان جذب و تولید سفر، سرانه سواره و پیاده و میزان استفاده از انواع حمل و نقل عمومی و شخصی استفاده شده است. بررسی رابطه متغیرهای تحقیق با استفاده از همبستگی پیرسون انجام گرفته است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: محدوده مورد مطالعه در این پژوهش کلانشهر تبریز می‌باشد. بر اساس اخرین سرشماری عمومی جمعیت شهر تبریز ۱۵۵۸۶۹۳ نفر می‌باشد و بزرگ‌ترین شهر منطقه شمال‌غرب ایران می‌باشد.

یافته‌ها و بحث: میزان اختلاط کاربری در شهر تبریز در حد متوسط قرار دارد به گونه‌ای که این اختلاط در روش افت برابر با ۰/۶ و در روش اختلاط کاربری، تقریباً برابر با ۰/۷۲ و در روش HHI برابر با ۰/۶۱ است. دامنه تغییرات آماره کانونی در مناطق مختلف شهری تبریز (۰/۵) نشان‌دهنده توزیع نامناسب کاربری‌ها در سطح شهر تبریز است. از نظر شاخص کثرت، ۶ کاربری در سطح بسیار مناسب، ۶ کاربری در سطح متوسط و مناسب و ۶ کاربری در سطح نامناسب از نظر تراکم قرار دارند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از همبستگی پیرسون با شدت ۰/۷۱۲ در سطح معناداری ۹۵٪ همبستگی بسیار قوی بین اختلاط کاربری و مصرف انرژی در حمل و نقل تبریز وجود دارد. در بین شاخص‌های حمل و نقل بیشترین همبستگی با مصرف انرژی به ترتیب شاخص‌های تولید و جذب سفر، سرانه سفر پیاده، سرانه سفر سواره، طول معابر و ضریب مالکیت خودرو با ضرایب همبستگی ۰/۶۴۹، ۰/۶۳۲، ۰/۶۲۱، ۰/۴۲۵ و ۰/۲۹۳ می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: اختلاط کاربری، مصرف انرژی، حمل و نقل، آنتروپی، آماره کانونی، تبریز.

مقدمه

یکی از معضلات موجود در شهرهای امروزی، استفاده بی‌رویه از انواع وسایل نقلیه موتوری به خصوص اتومبیل‌های شخصی است که منجر به تراکم ترافیکی و عوارض جانبی همچون افزایش آلودگی جوی و صوتی، کاهش سطح سلامت و کاهش کیفیت زندگی شهروندان شده است (Aurand, 2010: 1016). حمل و نقل، صنعت عظیمی است که بخش عمده‌ای از میزان مصرف انرژی را نه تنها در کشور ایران، بلکه در جهان به خود اختصاص داده است. بخش حمل و نقل در کشور ایران به تنهایی حدود ۲۵ درصد از کل مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص می‌دهد. این بخش با مصرف سالیانه ۱۴۷/۴ میلیون بشکه معادل نفت خام، بیشترین مصرف کننده فراورده‌های نفتی در مقایسه با سایر بخش‌های مصرف کننده یعنی خانگی و تجاری، صنعت و کشاورزی می‌باشد (Energy Balance, 2014).

در دو دهه اخیر، توجه برنامه‌ریزان شهری به سوی آن دسته از الگوهای توسعه شهری جلب شده است که قادرند با نزدیک ساختن کانون‌های فعالیت به یکدیگر از حجم تقاضا برای سفر بکاهند. گزینه‌های کاربری زمین مشخص‌کننده محل فعالیت و بنابراین، تعیین‌کننده فرصت‌ها برای مبادی و مقاصد سفر هستند. بر مبنای تصمیمات مربوط به تولید و جذب سفر، مؤلفه‌های دیگر همانند: مسافت سفر، وسیله انجام سفر و هزینه سفر مطرح می‌شوند. اصلاح الگوی کاربری زمین و مکان‌یابی کارآمد فعالیت‌ها یکی از راه‌های مؤثر در کاهش تقاضای سفر عنوان شده است به گونه‌ای که تصمیم‌گیری در رابطه با انجام و یا عدم انجام سفر به اندازه زیادی از عوامل اجتماعی- اقتصادی و شرایط توزیع کاربری زمین تأثیر می‌پذیرد. اعتقاد بر این است که سیاست‌هایی که استفاده ترکیبی از زمین را تشویق می‌کنند، حمل و نقل را از نظر انرژی کارآمدتر می‌سازند .با این حال، مطالعات اندکی به طور مستقیم اثرات ناهمگونی کاربری اراضی بر مصرف انرژی سفر در سطح فردی را مورد بررسی قرار داده‌اند ((Zhang & Zhao, 2017: 224. اختلاط کاربری‌هایی که بدون برنامه گسترش یابند باعث ایجاد مشکلات مختلف در سطح شهر می‌شود. این امر خود باعث پایین آمدن سطح کیفیت زندگی و کارآیی خدمات مربوط به کاربری‌های مختلف در این مناطق می‌گردد. توسعه مختلط کاربری‌ها به عنوان جزیی از اصول مشترک بسیاری از نظریات نوین شهرسازی، نظیر نوشهرگرایی و رشد هوشمند مطرح است. افزایش قیمت زمین و تمایل به افزایش شدت استفاده از زمین، افزایش سرزندگی و جذابیت یک خیابان از عواملی هست که لزوم توجه به توسعه مختلط کاربری‌ها را افزایش می‌دهد (Ismailpour et al., 2014: 2).

با توجه به این که شهر تبریز به عنوان یکی از کلانشهرهای مهم و پرجمعیت کشور است، نیز عدم توجه به برنامه‌ریزی کاربری زمین و در کنار آن تجمع امکانات و خدمات در شهر تبریز و متناسب با آن مهاجرت جمعیت به آن باعث رشد و توسعه گسترده کالبدی، اجتماعی و اقتصادی شده است، که بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت آن در حدود ۱۷۷۳۰۳۳ نفر و جمعیت مرکز این شهرستان ۱۵۵۸۶۹۳نفر برآورد شده است. جمعیت شهری این شهرستان ۱۶۲۳۰۹۶ نفر و جمعیت روستایی آن ۱۴۹۹۳۶ نفر است که از مقاصد مهاجرت در منطقه شمال‌غرب و استان آذربایجان‌شرقی می‌باشد. همچنین از نظر صنعتی نیز یکی از مهم‌ترین مراکز صنعتی ایران است و قطب صنعت در شمال‌غرب می‌باشد و بیش از ۵۵ درصد کارگاه‌های بزرگ صنعتی استان آذربایجان‌شرقی در تبریز می‌باشد. با توجه به توسعه فیزیکی و صنعتی شهر تبریز و همچنین عدم اختلاط مناسب کاربری‌ها، عدم توجه به تراکم‌سازی اصولی در شهر، گسترش و توسعه شهر در پهنه‌ای وسیع باعث افزایش مصرف انرژی و مشکلات فراوان زیست محیطی گردیده است و تبعات ناشی از آن ضرورت توجه به این مسأله را نمایان‌تر می‌کند (قنبری و همکاران، ۱۴۰۰: ۵۷). از این‌رو، در تحقیق حاضر تلاش شده است تا با محاسبه اختلاط کاربری زمین شهری به بررسی رابطه آن با مصرف انرژی با تأکید بر حمل و نقل در شهر تبریز با استفاده از شاخص‌هایی هم‌چون میزان جذب و تولید سفر، سرانه سواره و پیاده، میزان استفاده از حمل و نقل عمومی و شخصی و ضریب مالکیت خودرو پرداخته شود.

در زمینه برنامه‌ریزی کاربری زمین (اختلاط کاربری) و مصرف انرژی تحقیق‌های زیادی در داخل و خارج از کشور انجام شده است به گونه‌ای که در داخل کشور می‌توان به تحقیق‌های زیر اشاره نمود:

برک‌پور و مسنن‌زاده (۱۳۹۰)، در پژوهشی به بررسی مقایسه‌ای سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در حوزه برنامه‌ریزی کاربری زمین در ایران و انگلیس پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در ایران نقش برنامه‌ریزی کاربری زمین در کاهش مصرف انرژی شهرها نادیده گرفته شده است، در حالی که می‌توان با ادغام ملاحظات انرژی در برنامه‌ریزی کاربری زمین، از این ابزار موثر برنامه‌ریزی شهری به منظور افزایش پایداری توسعه شهرهای ایرانی استفاده کرد. با توجه به اینکه تاکنون در ایران و در چارچوب این تحقیق به موضوع انرژی در برنامه‌ریزی کاربری زمین پرداخته نشده است. قهرمانی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی به تبیین مدل نوین تنوع مکان جهت ارزیابی پهنه کاربری زمین به بهره‌گیری از مدل تنوع مکان پرداخته است به منظور تحقق اهداف این پژوهش از ترکیبی از روش‌های علوم طبیعی، روش دلفی، روش آماری میانگین، نمودار نقاط پراکنده با معیار نقطه شکست، ضریب هماهنگی کندال و آنتروپی شانون استفاده شده است. بر اساس یافته‌های تحقیق مدل نهایی در قالب ۱۲ شاخص ارایه شئه است که در این میان شاخص درجه اختلاط کاربری زمین بیشترین میزان اهمیت با وزن شاخص (۰/۳۱۰)، و کم اهمیت‌ترین شاخص ترکیب جنسی با وزن شاخص (۰/۰۱۴) است. علی‌مردانی و دهقان (۱۳۹۹)، در پژوهشی به شاخص‌های حمل و نقل پایدار با تأکید بر مصرف انرژی حمل و نقل پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش برای برنامه‌ریزی پایدار و جامع سیستم حمل و نقل بهتر آن است که مجموعه‌ای متوازن از شاخص‌ها که ترکیبی از اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی باشد را درنظر بگیریم. از این رو اعمال کلیه راهکارها اعم از حمل و نقل هوشمند، کاهش استفاده سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی تجدیدپذیر، به صورت موازی و همگام با یکدیگر می‌تواند نقش بسزایی در تحقق اهداف و شاخص‌های توسعه پایدار در بخش انرژی داشته باشد. زیرا هیچ یک از این راهکارها به تنهایی کامل نمی باشند و برنامه‌ریزی صحیح در راستای بکارگیری مشترک آن‌ها ثمربخش خواهد بود. قنبری و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی تأثیر برنامه‌ریزی کاربری زمنین بر مصرف انرژی (مطالعه موردی: شهر تبریز) به توجه به سه رویکرد شهر فشرده، رشد هوشمند و برنامه‌ریزی حمل و نقل محور پرداختند. شرایط نشان‌دهنده وضعیت مناسب‌تر مناطق مرکزی شهر نسبت به مناطق حومه شهری است و زیرساخت‌ها مناسبی در این راستا در این قسمت از شهر وجود دارد و توزیع کاربری‌ها و دسترسی به مراکز مهم شهری مطلوب‌تر می‌باشد و باعث حمایت بیش‌تر از پیاده‌روی و حمل و نقل عمومی در این قسمت از شهر شده است.

لیتمن و استیل[1](۲۰۱۳)، در پژوهشی به تأثیر کاربری اراضی بر روی حمل و نقل پرداخته است. این پژوهش چگونگی تأثیر عوامل مختلف کاربری زمین مانند تراکم، دسترسی منطقه‌ای، ترکیب و اتصال جاده‌ای بر رفتار سفر، از جمله سرانه سفر وسیله نقلیه، تقسیم حالت و سفر غیرموتوری می‌پردازد. این اطلاعات برای ارزیابی توانایی رشد هوشمند، شهرسازی جدید و سیاست‌های کاربری زمین برای دستیابی به اهداف برنامه‌ریزی مانند صرفه‌جویی در مصرف، حفظ انرژی و کاهش انتشار مواد آلاینده مفید است. با توجه به نتایج به دست آمده هنگام ارزیابی اثرات عوامل کاربری اراضی باید توجه داشت که اثرات بسته به تعاریف، مقیاس جغرافیایی و زمانی تجزیه و تحلیل، دیدگاه‌ها و شرایط خاص، مانند جمعیت‌شناسی منطقه متفاوت است. اکثر عوامل تنها برای بخشی از سفر مانند سفرهای محلی اعمال می‌شوند. تراکم تمایل دارد بیش‌ترین توجه را به خود جلب کند، اگرچه به تنهایی اثرات سفر آن کم می‌باشد. تراکم معمولا با عوامل دیگر (دسترسی منطقه‌ای، ترکیب، تنوع سیستم حمل و نقل، مدیریت پارکینگ) همراه است که با هم اثرات زیادی بر سفرها دارند.

ژانگ و ژو[2](۲۰۱۷)، در پژوهشی به بررسی تأثیر اختلاط کاربری زمین بر مصرف انرژی سفر شهروندان در پکن پرداخته اند. سه نوع کاربری اراضی از نظر اثرات آن‌ها بر مصرف انرژی سفر ساکنان مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که تنوع استفاده از زمین بالا و تعادل مشاغل خوب- مسکن به طور قابل‌توجهی سفرها را کاهش می‌دهد. جالب توجه است که مناطق خرده‌فروشی و مسکن بسیار ناهمگن ممکن است استفاده از انرژی سفر بالایی داشته

[1] Litman & still
[2] Zhang & Zhao

باشند، زیرا ساکنان به احتمال زیاد به خرید می‌روند. تغییرات فضایی آشکاری در این اثرات وجود دارد. ساکنان شهرهای جدید حومه شهرها، که تعادل مشاغل - مسکن به ویژه خوب است، انرژی سفر کمتری مصرف می‌کنند. نتایج حاکی از آن است که کاهش استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی متعارف، مانند سیستم سوسیالیستی دانوی و افزایش پراکندگی شهری، چالش‌های جدیدی را برای دستیابی به کارایی حمل و نقل به وجود می‌آورد.

سینگ و هاچم[1](۲۰۱۹)، در پژوهشی به بررسی تاثیر ترکیب زمین تجاری بر انرژی و عملکرد زیست‌محیطی محله‌های با کاربری ترکیبی پرداخته است. متغیرهای انواع مختلف ساختمان‌های تجاری، میزان اراضی تجاری و نسبت طبقه به مساحت با انرژی مختلف و پارامترهای عملکردی مرتبط با محیط‌زیست در ارتباط هستند. عملکرد انرژی از طریق معیارهای مختلفی مانند مصرف انرژی، تولید برق، تولید زباله به انرژی و نسبت عملکرد تجزیه و تحلیل می‌شود، در حالی که، عملکرد زیست‌محیطی از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای ارزیابی می‌شود. نتایج کلیدی نشان می‌دهد که برای عملکرد کلی بهینه محله با کاربری ترکیبی تعدادی از ترکیبات ساختمان‌های تجاری را می‌توان با توجه به ترکیبات مسکونی طراحی کرد. به عنوان مثال، برای نسبت مساوی از انواع مسکن، عملکرد کلی بهینه با تخصیص ۶۱ ٪ از منطقه تجاری به ساختمان‌های اداری، ۳۲ ٪ به خرده‌فروشی و حدود ۷ ٪ به سوپرمارکت حاصل می‌شود. روش بهینه‌سازی پیشنهاد شده اجازه ترکیبات چندگانه از متغیرهای طراحی تجاری را می‌دهد که منجر به پاسخ‌های عملکردی مشابه می‌شود، بنابراین انعطاف‌پذیری در طراحی چنین همسایگی‌هایی را فراهم می‌کند.

ریس و همکاران[2](۲۰۱۹)، در پژوهشی به بررسی تأثیر ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی و الگوهای کاربری زمین بر مالکیت وسایل نقلیه شخصی و مصرف انرژی در شهر با خدمات نامناسب حمل‌ونقل عمومی مطالعه موردی مترو مانیل پرداختند. رگرسیون خطی چند جمله‌ای ترکیبی مبتنی بر تابع کاپیولا گاوسی برای توسعه سطح مالکیت وسایل نقلیه خانگی و مدل مصرف انرژی با استفاده از نمونه داده‌های اولیه ۱۷۹۵ خانوار که در مناطق مختلف مترو مانیلا در سال ۲۰۱۷ جمع‌آوری شدند، به کار گرفته شد. یافته‌ها نشان دهنده آن است که درآمد خانوار عامل اصلی تصمیم‌گیری مالکیت وسیله نقلیه خانگی و مصرف انرژی است. در خانوارهایی با حضور افراد مسن و تحصیلکرده سرپرستان خانوار مایل به خرید وسایل نقلیه بیشتر دارند و تشویق تراکم شهری، بهبود تراکم خطوط حمل‌ونقل عمومی جاده‌ای، کاهش فاصله از یک منطقه مسکونی تا کوتاه‌ترین ایستگاه راه‌آهن و افزایش ترکیبی از امکانات یکپارچه در محله‌ها (به عنوان مثال، بیمارستان‌ها، بازارها، مدارس و مراکز تفریحی) سهم قابل توجهی در یک کلانشهر با وابستگی کمتر به وسایل نقلیه شخصی دارند.

پروک و همکاران[3](۲۰۲۰)، در پژوهشی به بررسی اثرات کاربری زمین و سیاست‌های حمل و نقل بر توزیع فضایی مصرف انرژی شهری در برزیل پرداخته‌اند. در این پژوهش با توجه به پنج شهر تک مرکزی برزیل پیامدهای سه سیاست متمایز مورد ارزیابی قرار گرفته است. تغییر در قیمت بنزین، مقررات بهره‌وری سوخت خودرو، و تغییر در قیمت زمین‌های کشاورزی. قیمت بنزین مصرف انرژی را به طور مستقیم کاهش می‌دهد اگرچه رفت و آمد و به طور غیر مستقیم از طریق تراکم مسکونی بالا را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، در حالی که مقررات بهره‌وری سوخت مصرف انرژی را به طور کلی کاهش می‌دهد، اثر مستقیم تا حدی با اثر غیر مستقیم پراکنده شدن جبران می‌شود که مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. افزایش قیمت زمین‌های کشاورزی، بهره‌وری انرژی شهر را با افزایش تراکم و کوتاه شدن رفت و آمد افزایش می‌دهد. وجه تشابه تحقیق حاضر در بررسی تأثیر کاربری زمین بر مصرف انرژی در محیط شهری می‌باشد و از وجه تمایز این تحقیق با سایر تحقیق‌ها می‌توان به بررسی ویژگی اختلاط کاربری زمین و مصرف انرژی با تأکید بر حمل و نقل و با استفاده از شاخص‌هایی همچون میزان جذب و تولید سفر، ضریب مالکیت خودرو، سرانه پیاده و سواره و میزان استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی و شخصی و همچنین استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی اختلاط کاربری از قبیل تراکم، توزیع و دسترسی و ... می‌باشد. از جنبه‌های نوآوری تحقیق نسبت به سایر تحقیق‌ها

[1] Singh & Hachem
[2] Rith et al
[3] Proque et al

تأکید بررسی تأثیر کاربری زمین بر مصرف انرژی با تأکید بر حمل و نقل شخصی و با بهره‌گیری از روش‌ها و مدل-های نو می‌باشد.

برنامه‌ریزی کاربری اراضی، علم تفسیر زمین و مکان برای کاربردها و مصارف مختلف زندگی است که به منظور استفاده مؤثر از زمین و انتظام فضایی مناسب و کارا صورت می‌گیرد (Pour Mohammadi, 1394: 3). برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری باید چارچوبی را برای طرح کاربری بهینه زمین به وجود آورد، تا اساس طرح کالبدی و تفصیلی هر بخش شهری مشخص شود. بر اساس این چارچوب باید از استفاده نامناسب زمین جلوگیری شود و اهداف اقتصادی، اجتماعی، محدودیت‌های فیزیکی و سیاست‌های زیست‌محیطی رعایت گردد (Ziari, 2007: 42). در خصوص رابطه میان کاربری زمین و میزان مصرف انرژی، موضوعاتی از قبیل: ویژگی‌های کالبدی- مکانی مانند تراکم، ابعاد و اندازه، موقعیت و مکان‌یابی آن، الگو و نحوه مکان‌یابی و توزیع انواع کاربری‌ها، تراکم ساختمانی و تراکم جمعیتی مطرح می‌شوند. همچنین میزان سفرهای کاری ساکنان، نوع شبکه معابر و حمل و نقل قابل بررسی هستند (Fatah Jalali, 2010: 30). به همین دلیل در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری در سال‌های اخیر، الگوهای توسعه شهری مختلفی را در راستای دستیابی به جوامع شهری پایدار و کاهش مصرف انرژی مطرح کرده است. بدین‌ترتیب تکنیک‌های برنامه‌ریزی سایت با در نظر گرفتن کارآیی انرژی می‌توانند در طراحی‌ها، تراکم، یکپارچه‌سازی کاربری‌ها و طراحی شبکه حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرند. برای مثال چیدمان کالبدی فضایی کاربری‌ها می‌تواند در میزان پایداری و مصرف انرژی نقش مهمی ایفا کند (Azizi and Qaraei, 2014: 8). از الگوهای توسعه شهری در این راستا، توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی با ایجاد یکپارچگی بین برنامه‌ریزی حمل و نقل و کاربری زمین در صدد است تا با جلوگیری از گسترش پراکندگی و توسعه به بیرون از شهرها شکل شهری مختلط، فشرده و با تراکم نسبتاً بالا را به دست آورد. توسعه مبتنی بر حمل و نقل با ایجاد مراکز شهری که واجد دسترسی به حمل و نقل عمومی و یا توسعه مرکز شهری موجود است، در جهت رشد هوشمندانه شهرها، نوشهرسازی و همچنین توسعه کارآمد مکانی گام بر می دارد (Pandey & Gain, 2002: 5791).

توسعه مختلط کاربری‌های شهری رویکرد جدیدی در چیدمان و ارتباط مکانی کاربری‌ها است. مفهوم اختلاط کاربری، ترویج شکل پایدار از کاربری‌ها با توجه به شکل توسعه شهری است و از نظر برنامه‌ریزان مکانی در واقع وسیله‌ی مهمی برای رسیدن به توسعه پایدار است. به طور کلی، مزایای اختلاط کاربری از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و محیطی بدین صورت است: الف) کاهش سفرهای درون شهری و تأکید بر کاهش وابستگی انسان به اتومبیل؛ ب) افزایش بهره‌وری در استفاده از زمین‌های شهری؛ ج) تقویت بازدهی کاربری‌ها به واسطه قرارگیری در مجاورت یکدیگر و د) افزایش روابط اجتماعی شهروندان (Javadi et al, 2011: 24). اختلاط کاربری به ارتباط و نزدیکی زمین‌ها و ساختمان‌هایی که کاربردهای مختلفی دارند اشاره دارد؛ برای مثال ممکن است اختلاطی از ساختمان‌های مسکونی در کنار ساختمان اداری، مغازه‌ها، مدارس، کافی‌شاپ‌ها، پارک‌ها و ایستگاه‌های حمل‌ونقل باشد. برخی آن را به عنوان الگوی ناهمگن کاربری زمین در منطقه‌بندی‌های جغرافیایی و مخصوصاً شامل کاربری‌های مسکونی و تجاری، نهادی، صنعتی، اوقات فراغت و کشاورزی می‌دانند (Nabil & Abd Eldayem, 2014: 290). اختلاط کاربری که بیانگر ترکیب کاربری‌های مسکونی و غیرمسکونی است می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد؛ به گونه‌ای که کاربری‌ها را هم می‌توان به صورت افقی ترکیب کرد یعنی در کنار یکدیگر قرار داد و یا به صورت عمودی یعنی در طبقات مختلفی از یک ساختمان جای داد. همچنین اختلاط کاربری می‌تواند ترکیبی از اختلاط افقی عمودی باشد البته بیشتر محققان هنگام محاسبه اختلاط کاربری، اختلاط در سطح افقی که بیانگر کنار هم قرار گرفتن کاربری‌های مختلف است را مدنظر دارند (Gorbani, 2014: 72). امروزه بسیاری از نظریه پردازان برنامه‌ریزی با منافع عملکردی، محیطی و اجتماعی کاربری اراضی مختلط موافق‌اند. اصول کاربری مختلط پایه تفکر اصلی پارادایم برنامه‌ریزی معاصر مؤثر مثل رشد هوشمند، نوشهرگرایی و توسعه ی پایدار هستند (Hirt, 2007: 225).

کاربری زمین شهری و مصرف انرژی

تأثیر کاربری‌های زمین بر مصرف انرژی از طریق تأثیر بر تقاضای حمل و نقل از سه دیدگاه قابل بررسی است. ۱- سازمان فضایی؛ ۲- تراکم کاربری‌ها (منطقه‌بندی‌های تراکمی) و ۳- طراحی شهری (در مقیاس محلات). سازمان فضایی شهر از دو دیدگاه بر استفاده از حمل و نقل عمومی و مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد؛ اولاً نحوه طراحی کالبدی شهر در مقیاس‌های خرد و کلان باعث حمایت از شیوه‌های خاص حمل و نقل همچون استفاده بیشتر از پیاده‌روی در سفرهای شهری گردیده، ثانیاً محل و نحوه قرارگیری مراکز عمده فعالیت همچون نواحی تجاری مرکزی یا اداری بر احتمال افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی توسط مردم تأثیر می‌گذارد. در مورد تراکم کاربری‌ها درک رابطه بین تراکم (جمعیتی و ساختمانی) و تعیین شیوه سفرهای شهری چه به صورت پیاده و یا با وسیله نقلیه چندان مشکل نیست. زمانی که انبوهی از فعالیت‌ها در یک محدوده کوچک قابل دسترسی باشند، متوسط فاصله سفر بین این فعالیت‌ها و مبدأ سفر کاهش پیدا می‌کند و احتمال طی مسافت با پای پیاده یا دوچرخه افزایش می‌یابد. فشردگی‌ها و تراکم‌های کاربری‌ها هزینه کلیه خدمات ارایه شده توسط سازمان‌های سرویس دهنده را نیز کاهش می‌دهد. به عنوان مثال در شهرهای متراکم هزینه خدمات شهری و حمل و نقل عمومی بسیار کمتر از جوامع با ساختار پراکنده و کم تراکم است. در زمینه نقش طراحی شهری و کاربری مختلط اراضی شهر بر تقاضای حمل و نقل سریع همگانی می‌توان گفت که طراحی شهری از طریق روش‌های زیبایی‌شناسانه و طراحی مطلوب در تشویق و افزایش تأثیر ترانزیت مؤثر می‌باشد. هم‌چنین کاربری مختلط اراضی شهری خصوصاً اراضی اطراف ایستگاه‌ها و خطوط حمل و نقل ضمن کاهش نقش سفرهای با اتومبیل، سفرهای پیاده از طریق ایجاد مقاصد سفر در ناحیه و محوطه ایستگاه مسافران بیشتری را به خود جلب می‌کند. ترکیب کاربری‌های مختلف خصوصاً کاربری‌های اداری و شغلی و کاربری مسکونی تأثیر زیادی در کاهش سفرهای کاری با اتومبیل دارد (Aqdasutankhah and Gharib, 2007: 251). این در حالی است که روند فعلی در زمینه الگوهای کاربری زمین و الگوهای حرکت و جابه‌جایی، منجر به سفرهای بیشتر و طولانی‌تر می‌شود که بیشتر این سفرها با اتومبیل‌های شخصی صورت می‌گیرد و مصرف بالای انرژی و سطوح بالای انتشار آلاینده‌ها، آلودگی صوتی و آلودگی هوا را موجب می‌گردد. در این میان برنامه‌ریزی کاربری زمین نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی و پایداری محدوده‌های شهری موجود و آینده ایفا می‌کند و با تأثیرگذاری بر رفتارهای سفر افزایش بهینگی مصرف انرژی در حمل و نقل را موجب شود (Banister, 2007: 45).

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش پژوهش آن توصیفی- تحلیلی می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی رابطه بین اختلاط کاربری در شهر تبریز و تأثیر آن بر مصرف انرژی با تأکید بر حمل و نقل می‌باشد. جهت گردآوری و استخراج داده‌های مورد نیاز از منابع کتابخانه‌ای و اسنادی استفاده شده است به گونه‌ای که داده‌هایی از قبیل میزان جذب سفر، تولید و جذب سفر، ضریب مالکیت خودرو، سهم نسبی وسایل نقلیه در جابه جایی مسافر، سهم نسبی طول معابر از طرح جامع کلانشهر تبریز در سال ۱۳۹۵ و همچنین سرانه‌های مربوط به کاربری‌های مختلف نیز از طرح تفضیلی تبریز استخراج گردیده است. با توجه به اینکه محققها و پژوهشگران در محاسبه اختلاط کاربری زمین از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند به گونه‌ای که بر اساس مفاهیم مختلف شاخص‌های ارزیابی اختلاط کاربری در سه شاخص کثرت (تراکم)، الگوی توزیع (تنوع و برابری و خوشه‌بندی) و دسترسی‌پذیری (نزدیکی) دسته‌بندی می‌شوند. با توجه به داده‌های موجود در این پژوهش برای بررسی اختلاط کاربری از روش‌های اُفت (آنتروپی) و رابطه‌ی Cervero and Duncan، شاخص تراکم (سرانه)، شاخص الگوی توزیع کاربری‌ها (شاخص تنوع و برابری، HHI) استفاده شده است. برای بررسی رابطه بین اختلاط کاربری و مصرف انرژی در حمل و نقل تبریز از همبستگی پیرسون استفاده شده است. در مبانی نظری و تئوریکی تحقیق از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی مرتبط با تحقیق استفاده شده است و برای به دست آوردن داده‌های مربوط به مدل‌های تحقیق از طرح‌های جامع شهر تبریز، سیستم اطلاعات جغرافیایی و هم‌چنین مراجعه به ادارات و سازمان‌های مرتبط بهره گرفته شده است. با توجه به موضوع تحقیق و متغیرها و شاخص-

های مورد استفاده در آن مصرف انرژی به عنوان متغیر وابسته و تحت تأثیر متغیر مستقل پژوهش یعنی اختلاط کاربری به شاخص‌هایی همچون شاخص اختلاط کاربری، آنتروپی، کثرت (تراکم)، هیرشمن و هرفیندال می‌باشد.

شاخص اختلاط کاربری

$$\text{اختلاط کاربری} = \frac{\left(\log \text{درصد کاربری خدماتی} \times \text{درصد کاربری خدماتی}\right) + \left(\log \text{درصد کاربری مسکونی} \times \text{درصد کاربری مسکونی}\right) + \cdots}{\log(k)} \quad (۱)$$

در رابطه فوق K نشانگر تعداد طبقات کاربری زمین در مقیاس مطالعه است. حاصل رابطه بالا پس از استانداردسازی، عددی بین صفر و یک به دست خواهد آمد. هر چه عدد به دست آمده به ۱ نزدیک‌تر باشد، اختلاط کاربری زمین بیشتر و هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، اختلاط کاربری زمین پایین‌تر خواهد بود. بنا به این رابطه، ابتدا لگاریتم درصد هر کاربری در درصد همان کاربری ضرب و برتعداد طبقه محدوده مورد نظر تقسیم می‌شود. عددهای به دست آمده نرمالیزه می‌شوند و در نهایت، همه با هم جمع می‌شوند (Cervero and Duncan, 2006: 478).

شاخص افت (آنتروپی)

شاخص اُفت روشی برای اندازه‌گیری تغییرات، پراکندگی یا تنوع است و نشان‌دهنده‌ی مقداری است که کاربری‌ها زمین به صورت ناهمگن در یک محله توزیع یا پخش شده‌اند. مقدار صفر نشان‌دهنده همگونی است و وقتی اتفاق می‌افتد که تمام کاربری‌های زمین در منطقه از یک نوع باشند. مقدار یک به معنی ناهمگونی کامل است؛ یعنی منطقه مورد نظر توسط کاربری‌ها مختلف دارای توزیع یکنواخت است. شاخص آنتروپی عموماً توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Ewing & Cervero ., 2001: 92). k تعداد انواع کاربری‌ها و P_i نسبت مساحت هر کاربری است.

$$\text{Entropy} = \left(-\Sigma_k \left(P_i\right)\left(\ln P_i\right)\right) / \ln_k \quad (۲)$$

شاخص کثرت (تراکم)

روش‌های موجود برای ارزیابی کثرت (تراکم) کاربری‌ها را می‌توان در دسته‌های مختلفی طبقه‌بندی کرد که در این‌جا چند روش متداول مورد بررسی قرارگرفته است: شمارش: تعداد قطعات با کاربری مشخص مثل کاربری مسکونی، تجاری یا ورزشی در یک هکتار (Cervero et al., 1997). نسبت مساحت: نسبت مجموع مساحت انواع کاربری‌ها در منطقه مورد تحلیل سرانه: سرانه به شاخص یا معیاری اطلاق می‌شود که برای هر فرد جامعه محاسبه می‌شود. همان طوری که ساختار یک شهر از نظر کالبدی سطوح مختلف (محله، ناحیه و...) دارد، هر فعالیت شهری نیز دارای مقیاس عملکردی می‌باشد (مدرسه ابتدایی و یا بوستان در سطح محله) (Song and Knaap, 2004).

شاخص الگوی توزیع کاربری‌ها

شاخص تنوع و برابری

تنوع و برابری اختلاط کاربری‌ها، نحوه توزیع کاربری‌های مختلف را مقایسه می‌کند. برای این ارزیابی شاخص‌هایی نظیر تعادل هرفیندال هیرشمن[1] عدم تجانس، ضریب جینی، آنتروپی و اتیکینسون[2] وجود دارد (Hoppenbrouwer et al, 2005). در این تحقیق از شاخص هرفیندال هریشمن استفاده شده است که می‌تواند برای ارزیابی سطح اختلاط کاربری‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. این شاخص‌جمع مربعات مقدار مساحت هر نوع کاربری در منطقه مورد تحلیل است و مطابق رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$HHI\ (m) = \sum_{J=1}^{N} \left(X_J * 100\right)^2 \quad (۳)$$

[1] Herfindahl- Hircshman
[2] Atkinson

که در آن X_I درصد هر نوع کاربری در منطقه و N تعداد کاربری‌های مختلف می‌باشد. اگر تنها یک نوع کاربری در منطقه موجود باشد، شاخص هرفیندال هریشمن برابر ۱۰۰۰۰ خواهد بود. در این شاخص هر چه مقادیر به ۱۰۰۰۰ نزدیک‌تر باشند، نشان دهنده سطح کمتر اختلاط خواهد بود.

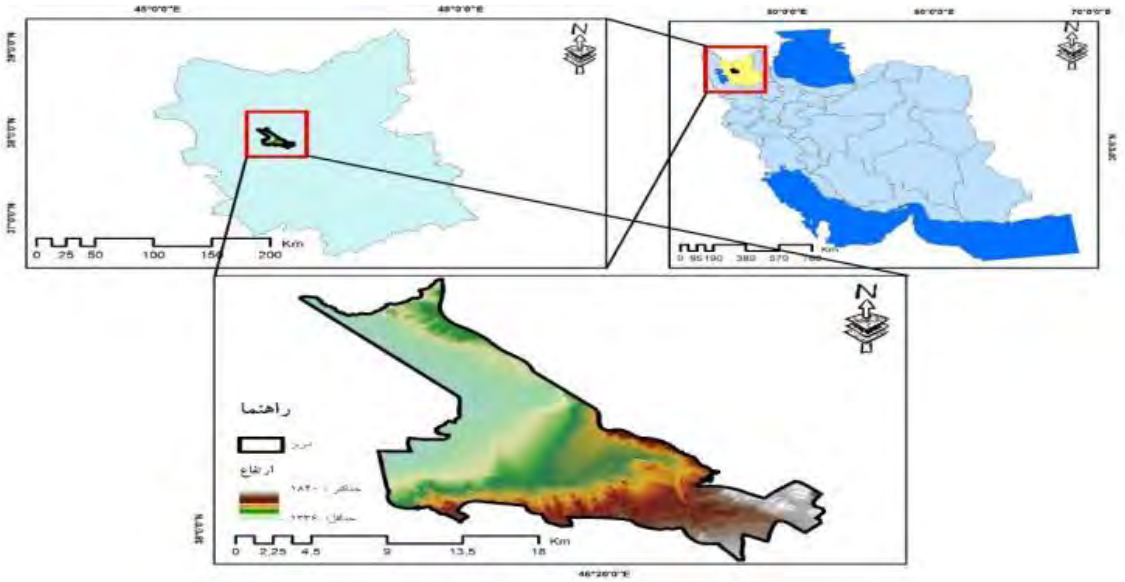
روش آماره کانونی

برای محاسبه ی اختلاط کاربری‌های شهری آماره کانونی[1] که یکی از آماره‌های تحلیل فضایی در محیط GIS است می‌تواند مفید باشد. ابتدا باید کاربری اراضی را به رستر تبدیل نمود. آماره‌ی کانونی عملکردهای مختلفی دارد که یکی از آن‌ها تنوع می‌باشد. آمارهای کانونی تعداد ارزش‌های منحصر به فرد (یا تنوع)، را برای هر موقعیت سلول یک رستر ورودی در یک همسایگی خاص را تعیین می‌کند، (Albert, 2013: 170).

قلمرو جغرافیایی پژوهش

تبریز یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان آذربایجان‌شرقی است. این شهر بزرگ‌ترین شهر منطقه شمال‌غرب ایران است که جمعیت شهرستان در سرشماری سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۷۷۳۰۳۳ نفر بوده که بیشتر این جمعیت شهرنشین و در شهر تبریز ساکن هستند به گونه‌ای که ۱۶۲۳۰۹۶ در شهر و ۱۴۹۹۳۶ نفر در روستاها سکونت دارند و جمعیت شهر تبریز ۱۵۵۸۶۹۳ نفر می‌باشد. تبریز در غرب استان آذربایجان‌شرقی و در منتهی‌الیه شرق و جنوب شرق جلگه تبریز قرارگرفته است و ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۳۴۸متر است. تبریز در جلگه شرقی دریاچه ارومیه در مسیر رودخانه آجی‌چای قرار دارد که کم ارتفاع‌ترین نقطه آن ۱۳۶۱ متر در محل فرودگاه تبریز است. تبریز از دو ناحیه کوهستانی و دشت تشکیل‌شده است. ارتفاع آن از سطح دریا در دشت ۱۳۱۰ و در مناطق کوهستانی تا ۲۱۰۰ متر بالغ می‌گردد. شهر تبریز مرکز اداری و سیاسی استان آذربایجان‌شرقی است و از شمال به شهرستان اهر، از جنوب به شهرستان اسکو، از شرق به شهرستان هریس و بستان آباد و از غرب و شمال غرب به شهرستان شبستر و شهرستان مرند محدود می‌گردد (Statistics Center of Iran, 2016). بیشترین تراکم جمعیتی در مناطق ۱۰، ۱ و ۴ شهر تبریز با ۱۸۵، ۱۳۴ و ۱۲۶ نفر می‌باشد که با توجه به اینکه منطقه ۱۰ تبریز جز مناطق اسکان غیررسمی می‌باشد وجود چنینی تراکمی در این منطقه معقول به نظر می‌رسد. ضریب مالکیت خودرو، میزان جذب و تولید سفر در مناطق ۱۰ گانه تبریز، سرانه سواره و پیاده و همچنین میزان استفاده از انواع حمل و نقل عمومی و شخصی در جابه جایی و مسافرت استفاده شده است. با توجه به نتایج و آمارهای برگرفته شده از طرح جامع شهر تبریز از نظر شدت جذب سفر در واحد سطح، منطقه ۸ در مرکز شهر با جذب ۰/۰۸۳ سفر به ازای هر متر مربع مساحت دارای بیشترین شدت جذب سفر می باشد. منطقه ۱۰ نیز با شدت جذب بالای ۰/۰۳۹ در رتبه بعدی قرار گرفته است. منطقه ۹ با شدت جذب ۰/۰۰۱ دارای کمترین جذب سفر می‌باشند. بیشترین سفر تولید شده در منطقه چهار تبریز با ۳۸۱۵۲۴ سفر می‌باشد که ۱۸ درصد از سفرهای تولید شده در تبریز را شامل می‌شود و کمترین میزان تولید سفر در منطقه ۹ تبریز با ۰/۱ سفرهای تولید شده در شهر می‌باشد. از نظر سرانه‌های پیاده و سواره در مناطق ۱۰ گانه تبریز بیشترین سرانه پیاده مربوط به منطقه هفت، ده و سه با ۰/۵۶، ۰/۵۱ و ۰/۵۱ می‌باشد و کمترین مقدار سرانه پیاده در نه، چهار و یک با ۰/۳۴، ۰/۳۶ می‌باشد. سرانه سواره نیز نشان‌دهنده سهم بالای مناطق هشت، دو و پنج با سرانه ۱/۵۲، ۱/۳۵ و ۱/۲۶ می‌شد و کمترین سهم مربوط به نه ده با ۰/۶۸ و ۰/۹۱ می‌باشد. از نظر مالکیت خودرو به ازای حدود هر ۶ نفر یک وسیله نقلیه شخصی و به ازای هر ۶ نفر یک اتومبیل وجود دارد و این رقم در مقایسه با رقم ملی که برابر ۰/۱۹ یعنی به ازای ۵/۲ نفر یک اتومبیل می‌باشد رقم نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد. سهم وسایل نقلیه در جابه‌جایی مسافر نشان-دهنده این است ه وسایل حمل و نقل موتوری سهم بالایی را به خود اختصاص داده است و نزدیک به ۷۰ درصد جابه جایی مسافران در شهر تبریز با وسیله نقلیه موتوری است که نیاز به مصرف انرژی می‌باشد و تنها ۳۰/۴ درصد از جابه جایی‌ها به صورت پیاده و دوچرخه در سطح شهر تبریز شکل می‌گیرد (Tabriz Master Plan, 2016).

[1]- Focal Statistic



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر تبریز در نظام تقسیمات کشوری و استانی

یافته‌ها و بحث

عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در حمل و نقل

میزان جذب سفر

با توجه به جدول (۱)، میزان جذب سفر به ازای هر متر مربع در کل شهر تبریز برابر با ۰/۰۰۹ می‌باشد (Tabriz Master Plan, 2016: 230). بررسی شدت جذب سفر در سطح شهر تبریز نشان می‌دهد که مناطق مرکزی شهر تبریز به دلیل تمرکز واحدهای تجاری و اداری متنوع و فراوان به ازای هر متر مربع مساحت دارای بیشترین شدت جذب سفر می باشد. منطقه حاشیه‌ای شهر تبریز با گستردگی فراوان و تنوع پایین کاربری و جمعیت پایین دارای کمترین جذب سفر می‌باشند. علاوه بر موارد ذکر شده عوامل مختلفی بر مصرف انرژی در حمل و نقل دخیل می‌باشد و عبارتند از: ناوگان فرسوده، ارزان بودن قیمت انرژی، عدم رعایت استانداردهای مصرف سوخت و تولید خودروهایی با مصرف انرژی بالا، وجود فاصله با تکنولوژی‌های روز دنیا در تولید خودرو، عدم توسعه مناسب در ایجاد زیرساخت‌ها و ناوگان حمل و نقل عمومی به ویژه در حمل و نقل ریلی، عدم وجود ساختار مناسب دولت الکترونیک، عدم رعایت استانداردهای حمل و نقل و کاربری زمین و عدم توجه کافی به توسعه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند.

جدول ۱. *میزان جذب سفر به ازای هر متر مربع در تبریز*

منطقه	کل شهر
جذب سفر به ازای هر متر مربع	۰/۰۰۹

(Source: Tabriz Master Plan, 2016: 230)

با توجه به جدول (۲)، تعداد سفرهای جذب شده در سطح شهر تبریز ۲۰۴۶۱۳۵ سفر می‌باشد و در نقطه مقابل آن تعداد سفرهای تولید شده در سطح شهر تبریز ۲۱۲۰۰۱۱ سفر می‌باشد. بیشترین سفر تولید شده در منطقه چهار تبریز با ۳۸۱۵۲۴ سفر می‌باشد که ۱۸ درصد از سفرهای تولید شده در تبریز را شامل می‌شود و کمترین میزان تولید سفر در منطقه ۹ تبریز با ۰/۱ سفرهای تولید شده در شهر می‌باشد. از نظر جذب سفر نیز بیشترین سهم مربوط به مناطق هشت، چهار و سه با ۱۷/۵، ۱۶/۱ و ۱۴/۳ درصد از جذب سفرها می‌باشد و کمترین سهم مربوط به مناطق نه، شش و هفت تبریز با ۱/۱، ۲/۷ و ۵ درصد از سفرها می‌باشد. با توجه به آمار منطقه چهار سهم بالایی در تولید و جذب

سفر در بین مناطق ۱۰ گانه تبریز دارد و تأثیر بالایی بر میزان مصرف انرژی در شهر تبریز و بخش حمل و نقل دارد (Tabriz Master Plan, 2016).

جدول ۲. *تولید و جذب سفر در تبریز*

	شهر تبریز
تعداد سفرهای تولید شده	۲۱۲۰۰۱۱
تعداد سفرهای جذب شده	۲۰۴۶۱۳۵
نسبت جذب شده به تولید شده	۳/۱۱

(Source: Tabriz Master Plan, 2016: 235)

با توجه به سرانه‌های پیاده و سواره در کلانشهر تبریز میزان سرانه پیاده برابر با ۰/۴۴ و سرانه سواره ۱/۰۶ می‌باشد که نشان دهنده میزان پایین سرانه پیاده در مقابل سرانه سواره هست. سرانه سواره نیز نشان‌دهنده سهم بالای آن در حمل و نقل شهر تبریز می‌باشد که به تبع آن میزان مصرف انرژی نیز بالا می‌باشد. نکته قابل توجه مربوط به منطقه ۸ تبریز به عنوان مرکز شهر تبریز با تجمع بالای کاربری‌های تجاری و اداری می‌باشد که بالاترین میزان سرانه سواره و تقریباً پایین‌ترین میزان سرانه پیاده (۰/۳۷) در سطح شهر تبریز می‌باشد که باعث مصرف بالای انرژی در بخش حمل و نقل در شهر تبریز می‌شود.

جدول ۳. *سرانه سفر پیاده، سواره و کل در تبریز*

منطقه	سرانه پیاده	سرانه سواره	سرانه کل
شهر تبریز	۰/۴۴	۱/۰۶	۱/۵

(Source: Tabriz Master Plan, 2016: 238)

با توجه به جدول (۴)، ضرایب بیانگر آنست که به ازای حدود هر ۶ نفر یک وسیله نقلیه شخصی و به ازای هر ۶ نفر یک اتومبیل وجود دارد و این رقم در مقایسه با رقم ملی که برابر ۰/۱۹ یعنی به ازای ۵/۲ نفر یک اتومبیل می‌باشد رقم نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد. طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ تعداد ۱۴۳۹۲۰ اتومبیل در سطح شهر تبریز وجود داشته است. در حال حاضر این میزان به حدود ۲۷۶ هزار اتومبیل برآورد می‌گردد که نسبت به گذشته افزایش قابل توجهی داشته است و این افزایش خودرو و به تبع آن افزایش ضریب مالکیت در شهر باعث افزایش مصرف انرژی در سال‌های اخیر شده است.

جدول ۴. *ضریب مالکیت خودرو در تبریز*

منطقه	کل اتومبیل	شخصی
کل شهر	۰/۱۸	۰/۱۷

(Source: Tabriz Master Plan, 2016: 263)

با توجه به نتایج جدول (۵)، وسایل حمل و نقل موتوری در جابه جایی مسافر سهم بالایی را به خود اختصاص داده است و نزدیک به ۷۰ درصد جابه جایی مسافران در شهر تبریز با وسیله نقلیه موتوری است که نیاز به مصرف انرژی می‌باشد و تنها ۳۰/۴ درصد از جابه جایی‌ها به صورت پیاده و دوچرخه در سطح شهر تبریز شکل می‌گیرد. بیشترین سهم پیاده مربوط به منطقه ده با ۳۶/۶ درصد و کمترین میزان پیاده‌روی مربوط به منطقه ۸ با ۱۹/۴ درصد می‌باشد. در بین وسایل نقلیه موتوری نیز بیشترین سهم مربوط به وسیه نقلیه سواری شخصی با ۲۳/۴ درصد می‌باشد.

جدول ۵. *سهم نسبی وسایل حمل و نقل در جابجایی مسافر با احتساب سفرهای پیاده در شهر تبریز*

وسیله	پیاده	دوچرخه	موتور سیکلت	تاکسی	سواری شخصی	مینی بوس	اتوبوس	ون	تاکسی تلفنی	سایر
شهر تبریز	۳۰	۰/۴	۰/۶	۱۹/۴	۲۳/۴	۴/۵	۱۶/۱	۲/۱	۱/۱	۳/۴

(Source: Tabriz Master Plan, 2016: 242)

با توجه به جدول (۶)، بالا بودن سهم نسبی معابر شریانی درجه دو غالباً به این دلیل است که خیلی از معابر شهر به دلیل عدم رعایت سلسله مراتب شبکه ارتباطی و بخصوص معابر واقع در هسته مرکزی شهر فاقد مشخصات فیزیکی و عملکردی لازم برای بزرگراه و شریانی درجه یک می باشند و عمدتاً دارای عملکرد شریانی درجه دو می باشند. از سوی دیگر برخی معابر ساختاری در پیرامون هسته مرکزی شهر در حال احداث بوده و هنوز کاملاً احداث و به بهره برداری نرسیده اند. ارقام فوق حاکی از این است که به دلیل پایین بودن طول و سطح معابر شریانی درجه یک و بزرگراه، ارتباط هسته مرکزی شهر نسبت به بافت‌های پیرامون از طریق معابر شریانی درجه دو صورت می‌گیرد و عمدتاً برقراری ارتباط با کیفیت و سطح سرویس پایین صورت می‌گیرد و عاملی تأثیرگذار در کنار سایر عوامل بر مصرف انرژی در شهر تبریز می‌باشد.

جدول ۶. سهم نسبی طول معابر با عملکردهای مختلف

عملکرد	طول	سهم نسبی طول	مساحت	سهم نسبی مساحت
راه عبوری	۳۴۸۵۲/۵	۱۳/۹۴	۲۰۵۷۳۸۷	۲۰/۵۴
یزرگراه	۵۹۵۳۰/۲۸	۲۳/۸۱	۳۲۲۰۵۶۶/۸	۲۳/۱۶
شریانی درجه ۱	۴۵۶۴۲/۱۶	۱۸/۲۶	۱۸۷۴۴۳۱/۹	۱۸/۷۲
شریانی درجه ۲	۱۰۹۹۹۷/۸۸	۴۴	۲۸۶۱۸۱۴/۸	۲۸/۵۸
جمع کل	۲۵۰۰۲۲/۸۲	۱۰۰	۱۰۰۱۴۲۲۰۰/۵	۱۰۰

(Source: Tabriz Master Plan, 2016: 250)

اختلاط کاربری

برای محاسبه اختلاط کاربری‌ها ابتدا مساحت، درصد و نسبت درصد کاربری‌ها را از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شیب فایل کاربری اراضی شهر تبریز استخراج و سپس با استفاده از روابط هریک از روش‌ها به محاسبه میزان اختلاط کاربری زمین شهری در شهر تبریز پرداخته شده است. با توجه به اصلاعات موجود ۲۸ نوع کاربری در شهر تبریز وجود دارد که اراضی بایر و متروک، کشاورزی، کاربری مسکونی و کاربری‌های حمل و نقل و مسافربری به ترتیب و با ۳۴/۱، ۱۷/۶، ۱۷/۱ و ۶/۳۵ درصد از کاربری‌ها، بیشترین میزان کاربری را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به درصد کاربری‌های به دست آمده اختلاط کاربرهای شهری تبریز محاسبه شده است:

$$\text{اختلاط کاربری} = \frac{(log0.014 \times 0.014) + (log0.68 \times 0.68) + (log34.1 \times 34.1) + (log.023 \times .023) + \cdots}{\log(28)} \quad (۴)$$

$$\text{اختلاط کاربری} = \frac{107.66}{1.44} = 74.39 \quad (۵)$$

جدول ۷. *استانداردسازی درصد کاربری‌های زمین*

ردیف	کاربری زمین	درصد	استاندارد	ردیف	کاربری زمین	درصد	استاندارد
۱	اثار تاریخی	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۱۸	۱۵	درمانی	۰/۲۷۵	۰/۰۰۳
۲	اداری	۰/۶۸	۰/۰۰۹	۱۶	رودخانه	۰/۴۷	۰/۰۰۶
۳	بایر و متروک	۳۴/1	۰/۲۲	۱۷	صنعتی و کارگاهی	۴/۱۷	۰/۰۵۶
۴	جنگلی	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۳	۱۸	فرهنگی	۰/۱۲۶	۰/۰۰۱
۵	کشاورزی	۱۷/۶	۰/۱۳	۱۹	فضای باز	۰/۲۴	۰/۰۰۳
۶	اموزشی	۱/۳۲۶	۰/۰۱۷۱	۲۰	فضای سبز	۳/۰۱	۰/۰۴
۷	بازار	۵/۵۸	۰/۰۷۵	۲۱	گورستان	۰/۴	۰/۰۰۵
۸	باغات	۱/۷	۰/۰۲۲	۲۲	مخروبه	۰/۱۹	۰/۰۰۲
۹	بهداشتی	۰/۰۷۵	۰/۰۰۱	۲۳	مذهبی	۰/۱۲	۰/۰۰۱۶
۱۰	پذیرایی و جهانگردی	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۴	۲۴	مسکونی	۱۷/۱	۰/۱۱۲۳
۱۱	تجهیزات شهری	۰/۵	۰/۰۰۶	۲۵	مسکونی- تجاری	۰/۰۹۴	۰/۰۰۱۲
۱۲	تجاری	۲/۵۸	۰/۰۳۴	۲۶	نظامی- انتظامی	۳/۷۴	۰/۰۵
۱۳	حمل و نقل	۶/۳۵	۰/۰۸۵	۲۷	ورزشی	۰/۵۲	۰/۰۰۶۹
۱۴	خدماتی	۰/۴۸	۰/۰۰۶	۲۸	جمع	100	۰/۷۲۶۱۲

نتیجه به دست آمده بعد از استانداردسازی تقریباً برابر با ۰/۷۲ درصد است. هر چه میزان عددی اختلاط کاربری بالا باشد نشان دهنده اختلاط بالا در کاربری زمین می‌باشد و هر چه به صفر نزدیک باشد نشان‌دهنده این است که اختلاط کاربری زمین پایین‌تر است. با توجه به میزان عددی به دست آمده اختلاط کاربری در شهر تبریز بالا می‌باشد. ولی در منطقه مورد مطالعه با اینکه میزان اختلاط کاربری‌ها بالا می‌باشد ولی شرایط و فرهنگ عدم استفاده از وسیله شخصی و استفاده از حمل و نقل عمومی وجود ندارد و اینکه مشکلاتی در مکان‌یابی تجهزات حمل و نقل عمومی و مشکلات عدیده در این حوزه در شهر تبریز از قبیل: مشکلات شبکه‌ای حمل و نقل و عدم دسترسی بیشتر مناطق به اتوبوس‌ها و سرویس‌های حمل و نقل عمومی، ظرفیت و تعداد پایین اتوبوس‌ها، نامناسب بودن امکانات وسایل حمل و نقل عمومی (ازدحام بالای جمعیت در اتوبوس‌ها، مشکلات گرمایشی و سرمایشی)، استاندارد نبودن ایستگاه‌ها (سایه‌بان، روشنایی و نبود صندلی) و صف‌های شلوغ و طولانی باعث کاهش میل استفاده از حمل و نقل عمومی و تهییج برای استفاده از اتومبیل شخصی در شهر تبریز شده است.

روش آنتروپی

با توجه به فرمول این روش، k تعداد انواع کاربری‌ها و P_i و $\ln P_i$ نسبت مساحت هر نوع کاربری است که در جدول (۸)، برای هر یک از کابری‌ها محاسبه شده است:

جدول ۸. *نسبت مساحت و محاسبات روش آنتروپی*

ردیف	کاربری	مساحت	نسبت مساحت P_i	Ln P_i	ردیف	کاربری	مساحت	نسبت P_i مساحت	Ln P_i
۱	آثار تاریخی	۳۳۰۰۶/۹	۰/۰۰۰۱۴	-۸/۸۶	۱۵	درمانی	۶۶۵۴۰۵/۳	۰/۰۰۲۸	-۵/۸۶
۲	اداری	۱۶۱۹۳۶۵/۶	۰/۰۰۰۶۹	-۷/۲۷	۱۶	رودخانه	۱۱۳۰۶۸۹/۴	۰/۰۰۴۸	-۵/۳۳
۳	بایر و متروک	۸۳۴۲۹۶۹۸/۸	۰/۳۵۵۵	-۱/۰۳	۱۷	صنعتی و کارگاهی	۱۰۳۱۷۴۲۲/۹	۰/۰۴۳	-۳/۱۲
۴	جنگلی	۵۲۳۹۸/۹	۰/۰۰۰۲۲	-۸/۴	۱۸	فرهنگی	۲۹۷۵۱۳/۳	۰/۰۰۱۲	-۶/۶۷
۵	کشاورزی	۴۵۰۹۶۴۳۲/۲	۰/۱۹۲۱	-۱/۶۴	۱۹	فضای باز	۱۵۶۶۰۷۴/۲	۰/۰۰۶۶	-۵/۰۱
۶	آموزشی	۳۱۳۷۰۲۳/۲	۰/۰۱۳۳۶	-۴/۳۱	۲۰	فضای سبز	۷۰۹۲۷۱۴/۲	۰/۰۳۰۲	-۳/۴۹
۷	بازار	۱۸۵۷۷۳/۸	۰/۰۰۰۷۹	-۷/۱۴	۲۱	گورستان	۹۵۱۹۳۱	۰/۰۰۴	-۵/۵
۸	باغات	۴۱۸۶۷۲۲/۴	۰/۰۱۷۸	-۴/۰۲	۲۲	مخروبه	۴۴۹۴۳۶/۶	۰/۰۰۱۹	-۶/۲۵
۹	بهداشتی	۱۷۶۹۱۰/۶	۰/۰۰۰۷۵	-۷/۱۹	۲۳	مذهبی	۲۸۴۹۵۵/۸	۰/۰۰۱۲	-۶/۷۱
۱۰	پذیرایی و جهانگردی	۸۷۶۹۲/۴	۰/۰۰۰۳۷	-۷/۸۹	۲۴	مسکونی	۴۰۴۶۷۸۷۷/۳	۰/۱۷۲۴	-۱/۷۵
۱۱	تجهیزات شهری	۱۱۸۴۸۴۹/۱	۰/۰۰۵	-۵/۲۸	۲۵	مسکونی- تجاری	۲۲۲۵۸۳/۸	۰/۰۰۰۹	-۶/۹۶
۱۲	تجاری	۶۱۰۰۶۴۳/۹	۰/۰۲۵	-۳/۶۴	۲۶	نظامی- انتظامی	۹۲۸۹۷۳۷/۹	۰/۰۳۹۵	-۳/۲۲
۱۳	حمل و نقل	۱۵۶۷۵۰۹۵	۰/۰۶۶	-۲/۷	۲۷	ورزشی	۱۲۴۷۳۳۲/۴	۰/۰۰۵۳	-۵/۲۳
۱۴	خدماتی	۱۱۵۳۲۱۷/۹	۰/۰۰۴۹	-۵/۳۱	۲۸	جمع	۲۳۵۵۷۶۵۰۳	۱	

با توجه به اینکه در جدول (۱۲)، نسبت مساحت هر کاربری و ln آن نیز محاسبه شده است با ضرب این دو عامل بر همدیگر صورت مخرج در روش آنتروپی به دست می‌آید و مخرج کسر هم (۲۸) ln می‌باشد که نشان‌دهنده انواع کاربری است.

$$ln_k = \ln 28 = 3.33 \quad (۶)$$

$$Entropy = (-\Sigma_k (P_i)(lnP_i))/ln_k = \frac{2.00048}{3.33} = 0.600347 \quad (۷)$$

با توجه به اینکه در روش آنتروپی صفر نشان‌دهنده همگونی بین کاربری‌ها و این‌که تمام کاربری‌ها از یک نوع هست و ۱ ناهمگونی کامل بین کاربری‌ها و توزیع یکنواخت کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد. در این پژوهش، میزان عددی شاخص اُفت تقریبا برابر با ۰/۶ می‌باشد که نشان از ترکیب متوسط کاربری‌ها در شهر تبریز دارد. افزایش کاربری ترکیبی باعث مزایایی می‌شود که به این شرح است: ۱-کاربری ترکیبی باعث ۱۰ تا ۲۱ درصد کاهش سفر با وسیله نقلیه می‌شود؛ ۲- اثر معنی‌دار بر رفتار سفر هم در مقیاس بزرگ و هم در مقیاس کوچک دارد و ۳- مؤثر در کاهش آلودگی‌ها، مشکلات ترافیکی و حفاظت انرژی است.

ارزیابی کثرت (تراکم) کاربری‌های اختلاط یافته

در این تحقیق از روش محاسبه سرانه استفاده شده است. برای محاسبه سرانه نرمال شده نیز، سرانه وضع موجود محاسبه شده و با تقسیم بر سرانه مطلوب مستخرج از مستندات موجود، عددی بین صفر و یک خواهد بود که یک نشاندهنده وضع بسیار خوب و صفر نشان‌دهنده وضع بسیار نامطلوب برای منطقه مورد تحلیل می‌باشد.

جدول ۹. *وضع موجود و سرانه کاربری اراضی در شهر تبریز*

ردیف	کاربری	وضع موجود	سرانه	سرانه نرمال شده	ردیف	کاربری	وضع موجود	سرانه	سرانه نرمال شده
۱	اداری	۱۶۱۹۳۶۵/۶	۰/۱	۰/۰۷	۱۰	خدماتی	۱۱۵۳۲۱۷/۹	۰/۷۱	۰/۵۷
۲	کشاورزی	۴۵۰۹۶۴۳۲/۲	۲۷/۸	۰/۶۹	۱۱	صنعتی و کارگاهی	۱۰۳۱۷۴۲۲/۹	۶/۳۵	۱/۳۸
۳	آموزشی	۳۱۲۲۸۲۴/۱	۱/۹۲	۰/۴۳	۱۲	فرهنگی	۲۹۷۵۱۳/۳	۰/۱۸	۰/۱۵
۴	درمانی	۶۶۵۴۰۵/۳	۰/۴۰۹	۰/۲۴	۱۳	فضای سبز	۷۰۹۲۷۱۴/۲	۴/۳۶	۰/۳۶
۵	بهداشتی	۱۷۶۹۱۰/۶	۰/۱۰۸	۰/۰۶	۱۴	گورستان	۹۵۱۹۳۱	۰/۵۸	۰/۲۹
۶	پذیرایی و جهانگردی	۸۷۶۹۲/۴	۰/۰۵۴	۰/۰۷۲	۱۵	مذهبی	۲۸۴۹۵۵/۸	۰/۱۷	۰/۳۴
۷	تجهیزات شهری	۱۱۸۴۸۴۹/۱	۰/۷۲	۰/۱۴	۱۶	مسکونی	۴۰۴۶۷۸۷۷/۳	۲۵/۹	۰/۵۱۸
۸	تجاری	۶۱۰۰۶۴۳/۹	۳/۸۶	۰/۹۶	۱۷	ورزشی	۱۲۴۷۳۳۲/۴	۰/۷۶	۰/۷۶
۹	حمل و نقل	۱۵۶۷۵۰۹۵/۴	۹/۶۵	۰/۴	۱۸	نظامی-انتظامی	۹۲۸۹۷۳۷/۹	۵/۷۲	۱/۰۲۴

با توجه به نتایج جدول (۹) و توضیحات ارایه شده از نظر شاخص کثرت (تراکم) کاربری‌های کشاورزی، تجاری، خدماتی، صنعتی و کارگاهی، مسکونی، ورزشی و نظامی و انتظامی وضعیت مناسب و مطلوبی در منطقه مورد مطالعه دارند در درجه بعد کاربری‌های آموزشی، درمانی، حمل و نقل، فضای سبز، گورستان و مذهبی وضعیت مطلوبی دارند و کاربری‌های اداری، پذیرایی و جهانگردی، تجهیزات شهری و فرهنگی به دلیل پایین بودن سرانه نرمال شده و نزدیک بودن به صفر وضعیت نامطلوبی در سطح منطقه مورد تحلیل دارند. با توجه به دست آمده از شاخص کثرت (تراکم) و سرانه کاربری‌های موجود در شهر تبریز که از نظر ۶ کاربری وضعیت مناسب، ۶ کاربری وضعیت متوسط و ۶ کاربری وضعیت نامطلوب و نامناسب دارد و اینکه این سرانه‌ها در مناطق مختلف از نظر توزیع متفاوت می‌باشد.

شاخص تنوع

شاخص HHI توانایی مدل کردن بیش از دو نوع کاربری را دارد و دارای سادگی در محاسبات و قابلیت فهم عمومی‌تر، می‌باشد. این شاخص به وسیله رابطه زیر نرمال شده است:

$$\text{HHI نرمال شده} = (10000 - \text{HH}_{\text{Index}})/10000 \quad (۸)$$

با توجه به این معادله عدد صفر نشان‌دهنده تنوع پایین کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد و هرچه به یک نزدیک باشد نشان‌دهنده تنوع بالا کاربری‌ها می‌باشد. نتایج ارزیابی تنوع با شاخص HHI برای منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

$$\text{HH}_{\text{Index}} = 3806 \quad (۹)$$

$$\text{HHI نرمال شده} = \frac{10000 - 3806}{10000} = 0.6194 \quad (۱۰)$$

با توجه به نتایج در منطقه مورد مطالعه و مقدار آن نشان‌دهنده توزیع تقریباً مناسب و مطلوب کاربری‌های شهری در تبریز می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد شاخص تنوع HHI در شهر تبریز برابر ۰/۶۱ می‌باشد و نشان‌دهنده تنوع در حد متوسط کاربری‌ها می‌باشد و با توجه به اینکه تصمیم‌گیری در رابطه با انجام و یا عدم انجام سفر به اندازه زیادی از شرایط توزیع کاربری زمین تأثیر می‌پذیرد نیازمند توجه بیشتر به این مسأله در جهت کاهش سفر و کاهش مصرف انرژی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

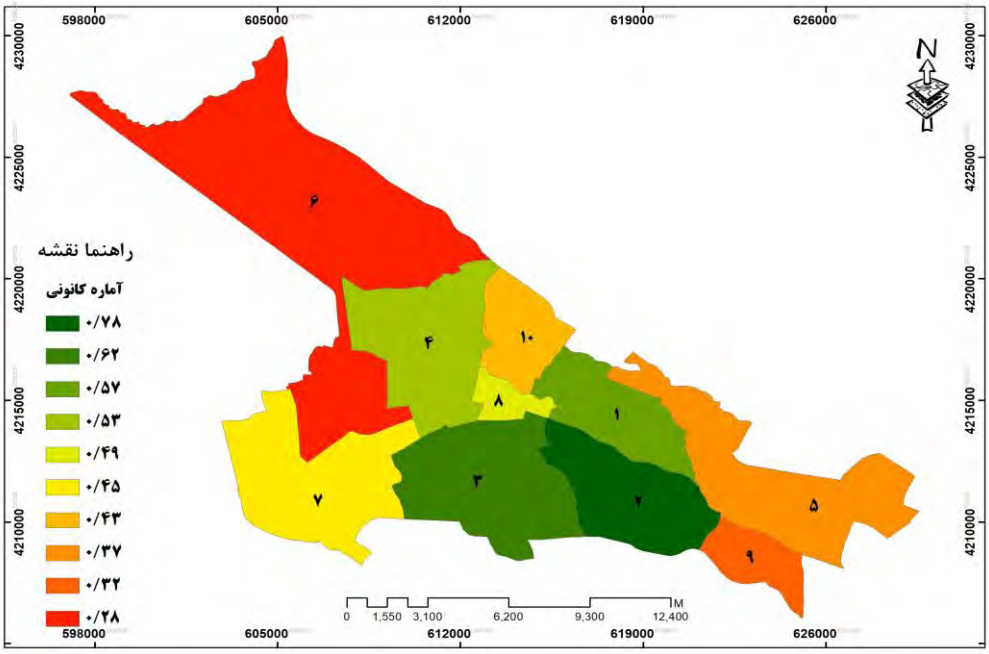
اختلاط کاربری بر اساس آماره کانونی

میزان عددی شاخص آماره کانونی عددی بین صفر و یک است و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده وضعیت مطلوب و اختلاط مناسب کاربری‌ها است که میزان آن برای کلانشهر تبریز کمتر از حد متوسط ۰/۴۸۴ می‌باشد که نشان دهنده توزیع متوسط کاربری‌ها می‌باشد. با توجه به جدول (۱۰)، بیشترین شاخص آماره کانونی به ترتیب مربوط به مناطق ۲، ۳، ۱ و ۴ است که نشان‌دهنده وضعیت مناسب برنامه‌ریزی کاربری زمین در آن‌ها است و مناطق ۶، ۹، ۵ و ۱۰ وضعیت نامناسبی با توجه به این شاخص دارند. میزان آماره کانونی برای کل شهر متوسط به پایین و ۰/۴۸۴ می‌باشد که نشان دهنده عدم توزیع مناسب کاربری‌ها در کل شهر تبریز است.

جدول ۱۰. *میزان اختلاط کاربری مناطق شهر تبریز بر اساس آماره کانونی*

منطقه شهری	شاخص آماره‌ی کانونی	منطقه شهری	شاخص آماره‌ی کانونی	منطقه شهری	شاخص آماره‌ی کانونی
۱	۰/۵۷	**۵**	۰/۳۷	۹	۰/۳۲
۲	۰/۷۸	۶	۰/۲۸	۱۰	۰/۴۳
۳	۰/۶۲	۷	۰/۴۵	**شهر تبریز**	۰/۴۸۴
۴	۰/۵۳	۸	۰/۴۹		

دامنه تغییرات شاخص آماره کانونی بین مناطق مساعد و نامطلوب نشان‌دهنده تفاوت بالای مناطق شهر تبریز از نظر این شاخص است که این مسأله و عدم توزیع مناسب کاربری‌ها در مناطق مختلف شهر تبریز باعث ایجاد سفر و افزایش استفاده از وسیله نقلیه شخصی و افزایش مصرف انرژی می‌شود. به عبارت دیگر کاربران مناطق مساعد به دلیل برخورداری از تنوع کاربری‌ها، تولیدکنندگان سفرهای برون منطقه‌ای کمتری نسبت به مناطق نامطلوب هستند. وضعیت اختلاط کاربری بر اساس شاخص آماره کانونی به صورت شکل (۲)، می‌باشد.



شکل ۲. وضعیت مناطق شهری تبریز براساس شاخص آماره کانونی

تحلیل و بررسی رابطه بین متغییرهای پژوهش

تحلیل و بررسی روابط بین متغیرها گام بعدی پژوهش حاضر است که در این مرحله بدان پرداخته می‌شود. به منظور بررسی رابطهٔ اختلاط کاربری با مصرف انرژی در حمل و نقل از آزمون پیرسون استفاده شده است جدول (۱۱). با توجه به جدول مورد نظر مشخص شد که میزان p-value بین دو متغیر اختلاط کاربری و مصرف انرژی کمتر از ۰/۰۵ بوده، همچنین شدت همبستگی ۰/۷۱۲ بوده است؛ بنابراین بین متغیر اختلاط کاربری و مصرف انرژی در حمل و نقل در سطح اطمینان ۹۵٪ با شدت همبستگی بسیار قوی رابطه معنادار وجود دارد. رابطهٔ سایر متغیرهای مصرف انرژی در بخش حمل و نقل شامل متغیر تولید و جذب سفر، سرانه سفر پیاده و سواره، ضریب مالکیت خودرو و سهم نسبی طول معابر با اختلاط کاربری به صورت زیر آمده است:

میزان p-value بین متغیر تولید و جذب سفر و اختلاط کاربری کمتر از ۰/۰۵بوده و شدت همبستگی ۰/۶۴۹ بوده است؛ بنابراین بین متغیر تولید و جذب سفر با اختلاط کاربری در سطح اطمینان ۹۵٪ با شدت همبستگی قوی رابطهٔ معنادار وجود دارد.

میزان p-value بین متغیر سرانه سفر پیاده و اختلاط کاربری کمتر از ۰/۰۵بوده و شدت همبستگی ۰/۶۳۲ بوده است؛ بنابراین بین متغیر تولید و جذب سفر با اختلاط کاربری در سطح اطمینان ۹۵٪ با شدت همبستگی قوی رابطهٔ معنادار وجود دارد.

میزان p-value بین متغیر سرانه سفر سواره و اختلاط کاربری کمتر از ۰/۰۵بوده و شدت همبستگی ۰/۶۲۱ بوده است؛ بنابراین بین متغیر تولید و جذب سفر با اختلاط کاربری در سطح اطمینان ۹۵٪ با شدت همبستگی قوی رابطهٔ معنادار وجود دارد.

میزان p-value بین متغیر سهم نسبی طول معابر و اختلاط کاربری کمتر از ۰/۰۵بوده و شدت همبستگی ۰/۴۲۵ بوده است؛ بنابراین بین متغیر تولید و جذب سفر با اختلاط کاربری در سطح اطمینان ۹۵٪ با شدت همبستگی متوسط رابطهٔ معنادار دارد.

میزان p-value بین متغیر ضریب مالکیت خودرو و اختلاط کاربری کمتر از ۰/۰۵بوده و شدت همبستگی ۰/۲۹۳ بوده است؛ بنابراین بین متغیر تولید و جذب سفر با اختلاط کاربری در سطح اطمینان ۹۵٪ با شدت همبستگی ضعیف رابطهٔ معنادار دارد.

جدول ۱۱. *نتایج آزمون پیرسون بین اختلاط کاربری و مصرف انرژی در حمل و نقل*

متغیر		آماره‌های پیرسون		رابطه
اختلاط کاربری	جذب و تولید سفر	شدت همبستگی	۰/۶۴۹	وجود ارتباط
		p- value	۰/۰۰۰	
	سرانه سفر پیاده	شدت همبستگی	۰/۶۳۲	وجود ارتباط
		p- value	۰/۰۰۶	
	سرانه سفر سواره	شدت همبستگی	۰/۶۲۱	وجود ارتباط
		p- value	۰/۰۰۰	
	سهم نسبی طول معابر	شدت همبستگی	۰/۴۲۵	وجود ارتباط
		p- value	۰/۰۰۰	
	ضریب مالکیت خودرو	شدت همبستگی	۰/۲۹۳	وجود ارتباط
		p- value	۰/۰۰۶	
	مصرف انرژی	شدت همبستگی	۰/۷۱۲	وجود ارتباط
		p- value	۰/۰۰۰	

با توجه به جدول (۱۱)، روابط بین اختلاط کاربری و شاخص‌های مصرف انرژی در حمل و نقل بدین گونه است که بیشترین رابطه و همبستگی بین شاخص تولید و جذب سفر و اختلاط کاربری با شدت همبستگی ۰/۶۴۹ می‌باشد. منطقه مرکزی شهر تبریز به عنوان مرکز تجاری و همچنین محل تمرکز ادارات نقش بالایی را در مصرف انرژی در بخش حمل و نقل در شهر تبریز دارد که میزان بالای جذب سفر در کنار مشکلات فراوان حمل و نقل از قبیل ترافیک سنگین و عدم توجه به اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل میزان مصرف را در منطقه تشدید می‌کند. از نظر شدت همبستگی و وجود رابطه بین سایر متغیرها نیز به ترتیب بیشترین رابطه بین اختلاط کاربری و سرانه سفر پیاده، سرانه سفر سواره، سهم نسبی طول معابر و ضریب مالکیت خودرو با شدت همبستگی ۰/۶۳۲، ۰/۶۲۱، ۰/۴۲۵ و ۰/۲۹۳ در سطح اطمینان ۹۵٪ رابطه معنادار وجود دارد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به ارزیابی تأثیر اختلاط کاربری و بررسی رابطه آن با میزان مصرف انرژی در شهر تبریز با تأکید بر حمل و نقل پرداخته است. با توجه به نتایج به دست آمده از رویکردهای اختلاط کاربری به تحلیل در مورد تأثیر این رویکردها بر مصرف انرژی پرداخته است. نتایج حاصل از محاسبه اختلاط کاربری با استفاده از روش‌های نام برده شده نشان از اختلاط متوسط کاربری‌های زمین در شهر تبریز می‌باشد شاخص آماره کانونی نیز نشان‌دهنده توزیع نامناسب و نامطلوب کاربری‌ها در سطح شهر تبریز و مناطق آن می‌باشد به گونه‌ای که دامنه تغییرات بین مناطق مساعد و نامطلوب نشان‌دهنده تفاوت بالای مناطق شهر تبریز از نظر این شاخص است که این مسأله و عدم توزیع مناسب کاربری‌ها در مناطق مختلف شهر تبریز باعث ایجاد سفر و افزایش استفاده از وسیله نقلیه شخصی و افزایش مصرف انرژی می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با تحقیق قهرمانی و همکاران (۱۳۹۹)، همسو می‌باشد و از نظر تأثیر عواملی همچون اختلاط کاربری، سرانه کاربری زمین، دسترسی به کاربری‌ها، میزان تولید سفر، تراکم و مالکیت بر مصرف انرژی تشابه دارند. در پژوهش قنبری و همکاران ۱۴۰۰ بر اساس سه رویکرد شهر فشرده، رشد هوشمند و برنامه ریزی حمل و نقل محور برای بررسی تأثیر کاربری زمین بر ایجاد سفر و میزان مصرف انرژی پرداخته شده است در عین حال اختلاط کاربری و تراکم و تنوع و کثرت کاربری‌ها به عنوان مهم‌ترین عوامل اثرگذار استخراج شده از این سه رویکرد بیش‌ترین تأثیر را بر حمل و نقل و مصرف انرژی می‌گذارد. همچنین با پژوهش لیتمن و استیل در سال ۲۰۱۳ که بررسی تأثیر عوامل مختلف کاربری زمین مانند تراکم، دسترسی منطقه‌ای، ترکیب و اتصال جاده‌ای بر رفتار سفر، از جمله سرانه سفر وسیله نقلیه می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده اثرات عوامل کاربری اراضی بسته به تعاریف، مقیاس جغرافیایی و زمانی تجزیه و تحلیل، دیدگاه‌ها و شرایط خاص، مانند جمعیت‌شناسی منطقه متفاوت است. اکثر

عوامل تنها برای بخشی از سفر مانند سفرهای محلی اعمال می‌شوند. تراکم تمایل دارد بیش‌ترین توجه را به خود جلب کند، اگرچه به تنهایی اثرات سفر آن کم می‌باشد. تراکم معمولا با عوامل دیگر (دسترسی منطقه‌ای، ترکیب، تنوع سیستم حمل و نقل، مدیریت پارکینگ) همراه است که با هم اثرات زیادی بر سفرها دارند. در پژوهش ریس و همکاران ۲۰۱۹ نیز تشویق تراکم شهری، بهبود تراکم خطوط حمل‌ونقل عمومی جاده‌ای، کاهش فاصله از یک منطقه مسکونی تا کوتاه‌ترین ایستگاه راه‌آهن و افزایش ترکیبی از امکانات یکپارچه در محله‌ها (به عنوان مثال، بیمارستان‌ها، بازارها، مدارس و مراکز تفریحی) سهم قابل توجهی در یک کلانشهر با وابستگی کمتر به وسایل نقلیه شخصی و به تبع آن بر میزان مصرف انرژی دارند.

در زمینه شاخص‌های بررسی مصرف انرژی در تبریز نیز بالا بودن جذب و تولید سفر در مناطق مختلف شهر تبریز با توجه به شرایط حاکم بر آن همانند مرکزیت تجاری و اداری، اسکان غیررسمی و .. همچنین سرانه پایین پیاده و بالا بودن سرانه سواره در شهر و بالا رفتن ضریب مالکیت خودرو در دهه‌های اخیر و سهم بالای وسایل نقلیه شخصی در مقابل حمل و نقل عمومی و پیاده در مناطق مختلف شهر تبریز در کنار مسایل طرح شده در اختلاط کاربری شهر از عوامل بالا رفتن مصرف انرژی در این بخش می‌باشد. با توجه به نتایج، اختلاط کاربری شهر تبریز در حد متوسط و رو به بالا هست و اختلاط بالا در کاربری‌ها باعث دسترسی راحت‌تر به تسهیلات و نزدیکی خانه، محل کار، مدارس، خرده‌فروشی، اوقات فراغت و امکان دسترسی به آن‌ها با دوچرخه، پیاده و یا با رانندگی با فاصله کم و کاهش نقش سفرهای با اتومبیل و افزایش سفرهای پیاده که از طریق ایجاد مقاصد سفر در ناحیه و محوطه ایستگاه می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی داشته باشد. اما آنچه اهمیت دارد، فرهنگ‌سازی مناسب در جهت استفاده از دوچرخه و حمل و نقل عمومی می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه با اینکه میزان اختلاط کاربری‌ها در حد متوسط می‌باشد ولی شرایط و فرهنگ عدم استفاده از وسیله شخصی و استفاده از حمل و نقل عمومی وجود ندارد و اینکه مشکلاتی در مکانیابی تجهزات حمل و نقل عمومی و مشکلات عدیده در این حوزه در شهر تبریز از قبیل مشکلات شبکه‌ای، حمل و نقل و عدم دسترسی اکثر مناطق به اتوبوس‌ها و سرویس‌های حمل و نقل عمومی، ظرفیت و تعداد پایین اتوبوس‌ها، نامناسب بودن امکانات وسایل حمل و نقل عمومی (ازدحام بالای جمعیت در اتوبوس‌ها، مشکلات گرمایشی و سرمایشی)، استاندارد نبودن ایستگاه‌ها (سایه‌بان، روشنایی و نبود صندلی)، صف‌های شلوغ و طولانی و در کل فقدان و یا کمبود زیرساختارها باعث کاهش میل استفاده از حمل و نقل عمومی و تهیج برای استفاده از اتومبیل شخصی در شهر تبریز شده است که این مسأله خود را در نتایج مربوط به میزان استفاده از وسایل نقلیه عمومی و شخصی در جابه‌جایی مسافران شهر تبریز نشان می‌دهد که بالای ۲۳/۴ درصد از مردم از وسیله نقلیه شخصی استفاده می‌کنند. هم‌چنین عدم توجه به توسعه پایدار و رویکردهای جدید شهرسازی از قبیل: نوشهرگرایی، شهرگرایی سبز، شهر فشرده و رشد هوشمند در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهر تبریز که یکی از اهداف مشترک همه آن‌ها، دستیابی به تنوع کاربری و اختلاط و ترکیب آن‌ها می‌باشد سبب شده است که با وجود مناسب بودن وضعیت اختلاط کاربری‌ها هم‌چنان مصرف انرژی بالا باشد. البته مسأله دیگری که باعث ایجاد چنین وضعیتی شده است کارآیی و بازده پایین برخی کاربری‌ها کوچک و خرده‌فروشی در مناطق مختلف و ناتوان بودن در رفع نیازهای کاربران است که سبب مراجعه آن‌ها به مراکز مختلف و دور از محل اسکان می‌شود و این مسأله سبب تولید سفر و افزایش مصرف انرژی می‌شود. توزیع ناهمگون خرده فروشی‌ها و بخش مسکونی ممکن است باعث مصرف بالای انرژی با ایجاد سفر شود و این عامل خود می‌تواند از عوامل دیگر مؤثر بر مصرف بالای انرژی در تبریز باشد. از طرف دیگر ساکنان سایر شهر و حومه شهر، جایی که تعادل مناسبی بین شغل و مسکن وجود ندارد با مراجعه به شهر با امکانات و شرایط بهتر باعث مصرف انرژی بیشتر در شهر مقصد می‌شوند. برای مثال نبود تعادل شغلی و مسکونی مناسب در شهرهای اطراف تبریز و نه تنها در کل استان آذربایجان‌شرقی بلکه در شمال‌غرب کشور و تجمع امکانات و خدمات در شهر تبریز سبب افزایش سفرها و مراجعات به این شهر می‌شود و این مسأله در کنار سایر عوامل نام برده شده سبب افزایش مصرف انرژی در شهر تبریز می‌شود. با توجه به مطالب فوق پیشنهادهای زیر جهت بهبود وضعیت موجود ارایه می‌گردد:

- تقویت نظام توزیع خدمات شامل سیاست‌های توزیع متمرکز و پراکنده کاربری‌های غیرمسکونی(راهکارها: مکان‌یابی و تجهیز یک مرکز فعال و ارایه‌دهنده خدمات، تقویت کاربری‌های غیرمسکونی در جداره میدان‌های محله و موارد دیگر)،
- حفظ و تقویت کاربری‌های مختلط و متنوع، تقویت میزان دسترسی پیاده به کاربری‌های خدماتی اصلی (راهکارها: مکان‌یابی خدمات در نزدیکی فضاهای جمعی برای تقویت روابط اجتماعی در محله، مکان‌یابی چند مجتمع ورزشی و موارد دیگر)؛
- کاهش وابستگی به اتومبیل شامل سیاست‌های تقویت شبکه حمل و نقل عمومی (راهکارها: ایجاد یک خط تاکسیرانی در داخل بافت، مکان‌یابی و احداث چند پارکینگ عمومی در مجاورت ایستگاه‌های اتوبوس و مراکز محل‌های و موارد دیگر)،
- تقویت شبکه پیاده‌روها (راهکارها: ایجاد پیاده‌راه‌های مناسب جهت دسترسی ساکنان به کاربری‌های خدماتی و مراکز محله‌ای، احداث پیاده‌رو در معابر فاقد آن، تأمین امنیت دسترسی‌های پیاده، میله کردن استاندارد این پیاده‌روها و موارد دیگر)؛
- توزیع متمرکز و پراکنده: به مفهوم برنامه‌ریزی، مکان‌یابی و تجهیز مراکز کوچک خدماتی که تأمین‌کننده نیازهای خانوار هستند، است. لازم است این مراکز، در راستای افزایش قابلیت دسترسی پیاده ساکنان به انواع خدمات، کاستن طول سفرها به صورت پراکنده در محدوده توزیع شوند. هم‌چنین مرکز محله فعال که انواع کاربری‌های خدماتی در مقیاس محله را دربرداشته باشد؛
- پیاده مداری: در بحث نظام توزیع خدمات با رویکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی، به مفهوم مناسب بودن شعاع دسترسی و قابلیت دسترسی پیاده به کاربری‌های خدماتی اصلی محلی از قبیل کاربری‌های آموزشی، تجاری، فضای سبز و موارد دیگر است؛
- حمل و نقل عمومی کارا و یکپارچه: تقویت این معیار به وسیله زیرمعیارهایی از قبیل شعاع پوششی مناسب ایستگاه‌های حمل و نقل، وجود پارکینگ در مجاورت ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی و هماهنگی در جانمایی مراکز محله‌ای مکان‌پذیراست؛ و
- توجه ویژه به توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی (TOD) یکی از الگوهای مطرح شده در نوشهرگرایی که در سال‌های اخیر، ایده استفاده از توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی به منظور کاهش وابستگی به خودرو بدل شده است.

منابع

Alimardani, Z; Dehgan, F. (2020). Indicators of Sustainable Transportation with Emphasis on Transportation Energy Consumption, 8th National Conference on Civil Engineering, *Architecture and Sustainable Urban Development of Iran*. Tehran, Iran. (in Persian).

Aqdasutankhah., M and Gharib F. (2007), A Study of the Effects of Land Use and Urban Development on Rapid Public Transportation, *Quarterly Journal of Environmental Science and Technology*, 11 (3), 249-268. (in Persian).

Aurand, A. (2010). Density, housing types and mixed land use: Smart tools for affordable housing?. *Urban studies*, *47*(5), 1015-1036.

Azizi, M. M; Qaraei, A. (2014). Land Use Planning for Sustainable Neighborhood Development with Emphasis on Energy Optimization, Case Study: Daroos Neighborhood, Tehran, *Identity City Magazine*. 22 (9), 18-5. (in Persian).

Banister, D and Hickman, R. (2007). *Transport and Reduced Energy Consumption: What role can Urban Planning Play?* Transport Studies Unit, Oxford University Centre for the Environment, UK.

Berkupour, N; Masanzadeh, F. (2012). A Comparative Study of Energy Consumption Optimization Policies in the Field of Land Use Planning in Iran and England. *Quarterly Journal of Urban Studies*. 1 (1), 41-60. (in Persian).

Cervero, R. (1989). Land use Mixing and suburban mobility, *transportation quarterly*. 42, 429-431.

Cervero, R., & Duncan, M. (2006). Which Reduces Vehicle Travel More: Jobs-Housing Balance or Retail-Housing Mixing?. *Journal of the American planning association*, *72*(4), 475-490.

Christian, H. E., Bull, F. C., Middleton, N. J., Knuiman, M. W., Divitini, M. L., Hooper, P., ... & Giles-Corti, B. (2011). How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *8*(1), 1-12.

Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the built environment: a synthesis. *Transportation research record*, *1780*(1), 87-114.

Fathjalali, A. (2010). *Development of Urban Land Use Planning Criteria with Energy Efficiency Approach, Case Study: Neighborhood Unit in Hashtgerd New City*, Master Thesis in Urban and Regional Planning, Published, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran. (in Persian).

Gorbani, R. et al. (2014). *Attitudes towards new patterns of urban planning*. First Edition. Tabriz: Foroozeh Publications. (in Persian).

Hirt, S. (2007). The mixed-use trend: planning attitudes and practices in Northeast Ohio. *Journal of architectural and planning research*, 224-244.

Hoppenbrouwer, E., & Louw, E. (2005). Mixed-use development: Theory and practice in Amsterdam's Eastern Docklands. *European Planning Studies*, *13*(7), 967-983.

Ismailpour, N; Karamoz, E; Fakharzadeh, Z. (2014). Evaluation of land use mixing in the urban space of the street and its promotion strategies (example case: Kashani Street in the middle of Yazd). *Geographical Research Quarterly*. 30 (3), 1-24. (in Persian).

Javadi, Q; Talei, M and Karimi M. (2011). Evaluation of the application of diversity indicators in urban land use mixing (Case study of areas and neighborhoods of District 7 of Tehran Municipality), Quarterly Journal of Urban and Regional Studies and Research, 4 (16): 23-46. (in Persian).

Kamal-Chaoui, L. and Robert, A. (2009). Competitive Cities and Climate Change, OECD Regional Development Working Papers, N 2.

Litman, T. & Steele, R. (2013). Land use impacts on transport. Retrieved from www.vtpi.org/landtravel.pdf.

Ministry of Energy. (2014). *Energy Balances*, Tehran: Statistics Center of Iran. (in Persian).

Nabil, N. A., & Abd Eldayem, G. E. (2015). Influence of mixed land-use on realizing the social capital. *HBRC Journal*, *11*(2), 285-298.

Pandey, G., & Jain, R. K. (2002). Bacterial chemotaxis toward environmental pollutants: role in bioremediation. *Applied and Environmental Microbiology*, *68*(12), 5789-5795.

Pourmohammadi, M. R. (2015). Urban land use planning. Eighth edition. Tehran: Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books (Position). (in Persian).

Proque, A. L., dos Santos, G. F., Junior, A. A. B., & Larson, W. D. (2020). Effects of land use and transportation policies on the spatial distribution of urban energy consumption in Brazil. *Energy Economics*, *90*, 104864.

Qahramani, M; Pourjafar, M. R; SaeediRezvani, N. (2020). Explaining the new model of location diversity to evaluate the mixed land use area, *Journal of Urban Planning Knowledge*. 4 (2). 77-93. (in Persian).

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.

Singh, K., & Hachem-Vermette, C. (2019). Impact of commercial land mixture on energy and environmental performance of mixed use neighbourhoods. *Building and Environment*, *154*, 182-199.

Song, Y., & Knaap, G. J. (2004). Measuring the effects of mixed land uses on housing values. *Regional Science and Urban Economics*, *34*(6), 663-680.

Zhang, M., & Zhao, P. (2017). The impact of land-use mix on residents' travel energy consumption: New evidence from Beijing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *57*, 224-236.

Ziari, K. (1386). *Urban land use planning*. Sixth edition. Yazd: Yazd University Press. (in Persian).