مدل‌سازی تعداد فعالیت و مدت زمان فعالیت‌ها در تورهای کاربران حمل‌ونقل همگانی

مقاله علمی-پژوهشی

اسماعیل نادربیگی، گروه مهندسی عمران، واحد بین‌الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران

***سیدابراهیم عبدالمنافی (نویسنده مسئول)**، گروه حمل‌ونقل، دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

هومن رحیمی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر قدس، تهران، ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول: abdolmanafi@srbiau.ac.ir**

دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۰۵

صفحه ۳۵۴-۳۳۷

چکیده

امروزه مدل سازی فعالیت‌مبنا در مقایسه با مدل‌های سنتی چهار مرحله‌ای به دلیل مزایای فراوان آن، مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی به دلیل اهمیت حمل‌ونقل همگانی، استفاده از رویکرد فعالیت‌مبنا برای کاربران حمل‌ونقل همگانی به منظور بررسی دقیق رفتار کاربران دارای جایگاه ویژه‌ای می‌باشد. پژوهش حاضر به دنبال آن است تا رویکرد نوین فعالیت‌مبنا را برای کاربران حمل‌ونقل همگانی بکار گیرد. بنابراین در این پژوهش، بخشی از زیرمدل‌های فعالیت‌مبنا شامل تعداد فعالیت در تور و مدت زمان فعالیت‌ها در تور در الگوی روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های پژوهش از طریق پیمایش میدانی از ۵۰۰ نفر از کاربران حمل‌ونقل همگانی در شهر تهران گردآوری شد. برای مدل‌سازی تعداد فعالیت در تور از مدل لاجیت ترتیبی (با شبه R^2 مک فادن ۰/۳۶۲) و برای مدل‌سازی مدت زمان فعالیت‌ها در تور از مدل لاجیت ترتیبی (با شبه R^2 مک فادن ۰/۵۷۲) استفاده شده است. نتایج نشان داد که متغیرهای مدت زمان تور (۰/۳۰۱)، تحصیلات (۰/۲۱۱)، فعالیت اجباری (۱/۳٤-) و زمان شروع تور (۰/۲۰۸-) اثر معناداری بر تعداد فعالیت‌های درون تور دارند. همچنین، متغیرهای فعالیت اجباری (۳/۷٤)، تعداد فعالیت در تور (۰/۳۸۶)، فعالیت اختیاری (۰/۶۸۹) و زمان شروع تور (۰/۲٤۶-) تأثیر معناداری بر مدت زمان فعالیت‌ها در تور دارند. بررسی اثرات حاشیه‌ای نشان داد که مدت زمان تور با ضریب ۰/۰۵ بیشترین تأثیر را بر افزایش احتمال انجام سه فعالیت در تور دارد؛ در مقابل، زمان شروع تور با ضریب ۰/۱۲۳ بیشترین تأثیر را بر افزایش احتمال انجام یک فعالیت در تور دارد. همچنین، فعالیت‌های اجباری با ضریب ۰/۳٤۲ بیشترین تأثیر را بر افزایش احتمال مدت زمان فعالیت‌های ۱۰ تا ۱۲ ساعته دارند. این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب متغیرهای فردی، شغلی و زمانی، نقش تعیین‌کننده‌ای در الگوی فعالیت-سفر روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی دارند و می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری در تدوین سیاست‌های کارآمدتر کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی فعالیت‌مبنا، تعداد فعالیت در تور، مدت زمان فعالیت‌ها، حمل‌ونقل همگانی، مدل لاجیت ترتیبی.

۱- مقدمه

سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی به دلیل افزایش جمعیت جهانی و تقاضاهای سفر، با فشارهای فزاینده‌ای مواجه هستند. در بسیاری از شهرهای مدرن، تشدید ترافیک، ضرورت مداخلات راهبردی برای بهبود شبکه‌های حمل‌ونقل و تسهیل رفت و آمدهای روزمره را آشکار می‌سازد. از این‌رو، برنامه‌ریزان شهری و حمل‌ونقل از ابزارهای مدل‌سازی استفاده می‌کنند تا کارایی را افزایش داده و

پایه‌ای مبتنی بر داده برای تصمیم‌گیری را فراهم آورند. این ابزارها به برنامه‌ریزان امکان می‌دهند تا فعالیت‌های سفر را شبیه‌سازی کنند، تأثیر بالقوه سیاست‌های گوناگون را ارزیابی نمایند و حوزه زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی را بر اساس شرایط واقعی برای بهینه‌سازی آماده کنند. در این راستا، مدل‌سازی فعالیت‌مبنا به عنوان یک رویکرد تحلیلی توانمند برای درک رفتار سفر مطرح شده است که در آن تقاضای سفر از نیاز فرد به مشارکت در فعالیت‌هایی که در مکان‌ها و زمان‌های مختلف قرار دارند، مشتق می‌شود (Delhoum et al., 2020). مدل‌های چهارمرحله‌ای از اواخر دهه ۱۹۵۰ به عنوان رویکرد استاندارد برای پیش‌بینی تقاضای حمل‌ونقل مورد استفاده قرار گرفتند (Nguyen et al., 2025). این مدل‌ها دارای مشکلات آشکاری از جمله محتوای رفتاری محدود بودند که می‌توانست ارزیابی سیاست‌هایی مانند مدیریت تقاضای ترافیک را پیچیده کند. علاوه بر این، ماهیت تجمیعی و عرضه‌محور این مدل‌ها مانع از پیش‌بینی پاسخ‌های رفتاری فردی می‌شد (Wang & Cheng, 2001). در نتیجه، از دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی، تغییر رویکردی به سمت مدل‌سازی ناهمفزون رخ داد که بر فرآیندهای تصمیم‌گیری فردی و خانوار تأکید داشت. در این رویکرد، برخلاف مدل‌های چهارمرحله‌ای که سفر را در سطح نواحی ترافیکی تجمیع می‌کنند، مدل‌های فعالیت‌مبنا با تمرکز بر زنجیره‌های فعالیت و تورهای روزانه، به تخمین الگوهای سفر فردی پرداخته و دقت پیش‌بینی تقاضای سفر را افزایش می‌دهند (Delhoum et al., 2020). این تغییر رویکرد، زمینه‌ساز شکل‌گیری و توسعه رویکرد فعالیت‌مبنا گردید که در آن، یک تور به عنوان زنجیره‌ای بسته از سفرها تعریف می‌شود که از یک مکان شروع و به همان مکان (خانه) ختم می‌شود و با در نظر گرفتن ابعادی مانند مقصد، شیوه سفر و زمان روز، سازگاری بین سفرها را تضمین می‌کند. فعالیت‌ها بر اساس هدف دسته‌بندی می‌شوند و دارای زمان‌بندی (زمان وقوع فعالیت) و فراوانی (تعداد دفعات انجام فعالیت در بازه زمانی مشخص) هستند. همچنین مدل‌های فعالیت‌مبنا از طریق رویکرد ریزشبیه‌سازی، در سطح کاملاً ناهمفزون عمل کرده و نتایج احتمالی را به تصمیمات قطعی در میان انتخاب‌های گسسته تبدیل می‌کنند (Abebe et al., 2025). بدین‌ترتیب، تعداد فعالیت‌ها در یک تور، یکی از ابعاد اساسی در تحلیل الگوهای سفر روزانه محسوب می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بین متغیرهای اجتماعی- جمعیتی و تعداد سفرهای روزانه، روابط معناداری وجود دارد. چنانکه در سوئیس، بزرگسالان ٦٦ ساله و مسن‌تر از نظر فراوانی سفر در روزهای هفته، متحرک‌ترین گروه هستند، در حالیکه افراد ٥٦ تا ٦٥ ساله سفرهای کمتری اما با مدت زمان طولانی‌تر انجام می‌دهند. علاوه بر این، زنان نیز بطور کلی سفرهای کمتری انجام می‌دهند. همچنین خانوارهای دارای فرزند، زمان سفر را کاهش می‌دهند اما فراوانی سفر را نه، که این امر نشان‌دهنده تأثیرات پیچیده نقش‌های مراقبتی است (Ivanovic & Balac, 2025). از سوی دیگر، تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های GPS نشان می‌دهد که در روزهای هفته، متغیرهای اجتماعی- جمعیتی (مانند جنسیت و سن) همراه با متغیرهای عرضه حمل‌ونقل (مانند مالکیت خودرو و اشتراک حمل‌ونقل همگانی) به طور قابل توجهی جابجایی را شکل می‌دهند، در حالیکه در آخر هفته‌ها این تأثیرات تا حد زیادی تضعیف شده و انتخاب‌های مبتنی بر سبک زندگی غالب می‌شوند (Lee et al., 2023). این یافته‌ها نشان می‌دهد که تعداد فعالیت‌ها در تور، تابعی پیچیده از تعامل عوامل فردی، اجتماعی و زمینه‌ای است که ضرورت مدل‌سازی دقیق این مؤلفه را در کنار مدت زمان فعالیت‌ها برای درک جامع‌تر از الگوی روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی آشکار می‌سازد. درک چگونگی صرف زمان افراد برای فعالیت‌های روزانه، کلید مدل‌سازی رفتار سفر است. با این حال، تخمین دقیق مدت زمان این فعالیت‌ها همچنان یک چالش مهم باقی مانده است. پژوهش‌های اولیه عمدتاً از مدل‌های پارامتریک مبتنی بر مخاطره استفاده می‌کردند که توزیع احتمال خاصی را برای فرآیند مدت زمان مفروض می‌گرفتند. با این حال، مدل‌های نیمه‌پارامتریک مانند مدل کاکس که تابع مخاطره پایه را نامشخص باقی گذاشته و از خود داده‌ها تخمین می‌زنند، انعطاف‌پذیری بیشتری را فراهم می‌آورند. تفاوت کلیدی این مدل‌ها با مدل‌های پارامتریک در این است که توزیع احتمال خاصی را برای تابع مخاطره مفروض نمی‌گیرند، بلکه تابع مخاطره پایه نامشخص باقی می‌ماند و از خود داده‌ها (مانند ویژگی‌های فردی) تخمین زده می‌شود. مدل‌های نیمه‌پارامتریک بویژه برای تحلیل رفتارهای کوتاه‌مدت و بلندمدت مرتبط با فعالیت‌های سفر مناسب هستند و می‌توانند مدت زمان سفرها، زمان‌های شروع سفر و مدت زمان فعالیت‌ها را بر اساس متغیرهای انتخابی تخمین بزنند (Katsaitis et al., 2025). با این وجود، در رویکردهای نوین، مدل‌های یادگیری ماشین مانند جنگل تصادفی عملکرد بهتری در پیش‌بینی مدت زمان سفر و ثبت پویایی‌های ساعات اوج نسبت به سایر روش‌ها نشان داده‌اند (Hassan et al., 2023; Khan et al.,

2024). این امر نشان‌دهنده پتانسیل بالای ترکیب مدل‌های فعالیت‌مبنا و یادگیری ماشین برای افزایش دقت پیش‌بینی و ارائه بینش عمیق‌تر درباره پویایی‌های زمانی رفتار سفر است.

با توجه به اهمیت مدل‌سازی دقیق رفتار سفر در بهبود پیش‌بینی‌های تقاضا، این رویکردهای پیشرفته می‌توانند بطور ویژه در تحلیل و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل همگانی که نقش محوری در تأمین جابجایی گروه‌های مختلف جامعه ایفاء می‌کند، کاربرد مؤثری داشته باشند. از این‌رو، حمل‌ونقل همگانی به عنوان یکی از مؤلفه‌های اساسی سیستم‌های حمل‌ونقل، نقش محوری در تأمین تحرک گروه‌های مختلف جامعه ایفاء می‌کند. چنانکه هدف اصلی حمل‌ونقل همگانی، گسترش فرصت‌های فعالیتی ساکنان است. بنابراین، برنامه‌های حمل‌ونقل همگانی با میزان مشارکت در بهبود زندگی شهروندان که تقاضای اولیه است، ارزیابی می‌شوند. این در حالی است که تعداد زیادی از برنامه‌ها فقط بر بهبود سیستم حمل‌ونقل متمرکز هستند و بهبود زندگی ساکنان را در نظر نمی‌گیرند (Kita et al., 2024). چنانکه گفته شده است در مناطق روستایی، ساکنان ممکن است خود را با محیط ضعیف تطبیق دهند و نیازهای سفرشان به طور کامل شکل نگیرد (Tanimoto & Kita, 2006). بنابراین، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل همگانی باید بر فرصت‌های فعالیتی متمرکز شود. ادریس و همکاران (۲۰۲٤)، با بررسی پژوهشی با عنوان «مدل تقاضای سفر فعالیت‌محور: کشف پویایی رفتار سفر مدرن در دوبلین» با رویکرد مدل‌سازی فعالیت‌مبنا و نقد کاستی‌های مدل چهارمرحله‌ای سنتی، بر ضرورت توسعه ابزاری جدید در جهت کاهش وابستگی به خودرو، بهبود حمل‌ونقل همگانی و تحقق اهداف پایدار در دوبلین تأکید کردند. یافته‌های آنان نشان داد که مدل‌سازی فعالیت‌مبنا ظرفیت بالایی برای انعکاس پویایی رفتار سفر، هماهنگی برنامه‌ریزی پروژه‌های شهری و استفاده از حلقه‌های بازخورد برای دستیابی به نتایج مطلوب عمومی دارد (Edries et al., 2025). با این وجود، تمرکز این پژوهش بر توسعه چارچوب مفهومی و کاربرد آن در سطح کلان‌شهری (دوبلین) بوده و به ارائه مدلی برای پیش‌بینی مدت زمان فعالیت‌ها در سطح تورهای روزانه نپرداخته است.

لی و همکاران (۲۰۲۱)، با بررسی پژوهشی با عنوان «کاوش در رفتار فعالیت- سفر روزانه ساکنان: الگوی فعالیت، مدت زمان و رقابت» با روش مدل رقابتی ریسک بر روی داده‌های زمان‌گذاری شده کاربران آمریکایی نشان دادند که ویژگی‌های شخصی، خانوار و فعالیت‌ها بر مدت زمان و الگوی فعالیت مؤثرند، الگوی فعالیت قبلی بر وقوع فعالیت بعدی تأثیر دارد، رقابت بین فعالیت‌های روزانه تأیید شد و سفر به عنوان تقاضای مشتق از فعالیت‌ها شناخته شد (Li et al., 2021). با این وجود، ارائه مدلی تلفیقی برای پیش‌بینی هم‌زمان تعداد و مدت زمان فعالیت‌ها در سطح تورهای روزانه، مورد نظر این پژوهش نبوده است. ژو و همکاران (۲۰۲۵)، با بررسی پژوهشی با عنوان «ارزیابی تاب‌آوری شبکه‌های حمل‌ونقل همگانی: تحلیل دسترسی فضایی- زمانی مبتنی بر فعالیت» با روش تحلیل دسترسی فضایی- زمانی مبتنی بر فعالیت در شبکه حمل‌ونقل همگانی شهر شیان (چین) نشان دادند که معیار پیشنهادی قادر به انعکاس عملکرد پویای شبکه با در نظر گرفتن جذابیت مکان‌های فعالیت، توپولوژی و جریان مسافر است و به سیاست‌گذاران در کمّی‌سازی تاب‌آوری و تدوین برنامه‌های مقابله‌ای کمک می‌کند (Zhou et al., 2025). تمرکز این پژوهش بر شرایط اختلال و تاب‌آوری شبکه به جای مدل‌سازی رفتار عادی روزانه کاربران است و تعداد فعالیت در تورهای روزانه موضوع این پژوهش نبوده است. بدین‌ترتیب، پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی تعداد فعالیت در تور و مدت زمان فعالیت‌ها در تور در الگوی روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی مبتنی بر رویکرد فعالیت‌مبنا تدوین شده است. بر این اساس، این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سؤالات اساسی است که عوامل مؤثر بر تعداد فعالیت‌ها در تورهای روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی کدام‌اند و چگونه می‌توان مدت زمان فعالیت‌های انجام‌شده در این تورها را با دقتی بالاتر از رویکردهای پیشین تخمین زد.

۲- روش‌شناسی پژوهش

۲-۱- جامعه و نمونه آماری

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی–تحلیلی و مبتنی بر پیمایش است. جامعه آماری پژوهش را کلیه کاربران حمل‌ونقل همگانی در شهر تهران تشکیل دادند که از مدهای مختلف حمل‌ونقل همگانی استفاده می‌کردند. به‌منظور دستیابی به تنوع مناسب در ویژگی‌های کاربران و الگوهای سفر، فرآیند جمع‌آوری داده‌ها بصورت میدانی و با استفاده از پرسشنامه انجام شد. پرسشنامه‌ها در میان کاربران حمل‌ونقل همگانی و در موقعیت‌های مرتبط با استفاده از این خدمات توزیع و جمع‌آوری شدند. با توجه به نامحدود در نظر گرفتن حجم جامعه آماری، حجم نمونه اولیه با استفاده از فرمول کوکران، با سطح اطمینان

۹۵ درصد و خطای نمونه‌گیری ۵ درصد، ۳۸٤ نفر برآورد شد. با هدف افزایش دقت برآوردها، ۵۰۰ پرسشنامه بصورت تصادفی ساده توزیع و جمع‌آوری گردید. پس از بررسی کیفیت داده‌ها و پالایش داده‌های گردآوری‌شده و حذف پرسشنامه‌های ناقص یا فاقد اطلاعات قابل استفاده، در نهایت ٤۲۸ پرسشنامه معتبر برای تحلیل نهایی باقی ماند؛ بنابراین، نرخ پرسشنامه‌های قابل استفاده ۸۵,٦ درصد بود.

۲-۲- گردآوری داده‌ها

داده‌های پژوهش از طریق یک پرسشنامه ساختاریافته در سه بخش گردآوری شد: (۱) ویژگی‌های فردی و اجتماعی، شامل جنسیت، سن، وضعیت تأهل، سطح تحصیلات، وضعیت اشتغال، درآمد و تعداد اعضای خانوار؛ (۲) ویژگی‌های اقتصادی و مالکیت، شامل وضعیت مسکن، داشتن گواهینامه رانندگی و مالکیت خودروی شخصی؛ و (۳) ویژگی‌های الگوی فعالیت–سفر روزانه، شامل تعداد فعالیت در تور، زمان شروع تور، نوع فعالیت اصلی و مدت زمان فعالیت در تور.

روایی محتوایی پرسشنامه با نظر ۸ نفر از خبرگان حوزه حمل‌ونقل بررسی و تأیید شد. خبرگان، محتوای پرسشنامه را از نظر تناسب، شفافیت و پوشش مفهومی متغیرهای مورد مطالعه ارزیابی کردند و پس از اعمال اصلاحات پیشنهادی، نسخه نهایی پرسشنامه تهیه شد. فرآیند جمع‌آوری داده‌ها در بازه زمانی سه ماه سوم سال ۱٤۰٤ بصورت میدانی و از طریق توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه میان کاربران حمل‌ونقل همگانی شهر تهران انجام شد. پرسشنامه‌ها میان کاربران مدهای مختلف حمل‌ونقل همگانی توزیع شدند تا تنوع مناسبی از ویژگی‌های فردی و الگوهای فعالیت–سفر در نمونه مورد مطالعه لحاظ شود.

۲-۳- متغیرهای پژوهش

متغیرهای وابسته در این پژوهش (۱) تعداد فعالیت در تور (ترتیبی شامل: یک، دو، سه و چهار و بیشتر فعالیت)؛ (۲) مدت زمان فعالیت‌ها در تور (ترتیبی شامل: کمتر از ۲ ساعت، ۲ تا ٤ ساعت، ٤ تا ٦ ساعت، ٦ تا ۸ ساعت، ۸ تا ۱۰ ساعت، ۱۰ تا ۱۲ ساعت، ۱۲ تا ۱٤ ساعت و بیشتر از ۱٤ ساعت) می‌باشند. متغیرهای مستقل شامل: تحصیلات (ترتیبی)، درآمد (ترتیبی)، مدت زمان تور (ترتیبی)، نوع فعالیت (اسمی با سه گروه)، زمان شروع تور (پیوسته)، شغل (اسمی با شش گروه) و تعداد فعالیت در تور (ترتیبی) می‌باشند. نحوه کدگذاری متغیرها در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

در این پژوهش، با توجه به اهداف مطالعه، دو مدل مجزا برآورد شد. در مدل اول، متغیر وابسته «تعداد فعالیت‌ها در تور» است که ماهیتی ترتیبی داشته و در چهار طبقه شامل یک فعالیت، دو فعالیت، سه فعالیت و چهار یا بیشتر فعالیت تعریف شد. در مدل دوم، متغیر وابسته «مدت زمان فعالیت‌ها در تور» است که ماهیتی ترتیبی داشته و در هشت طبقه شامل کمتر از ۲ ساعت، ۲ تا ٤ ساعت، ٤ تا ٦ ساعت، ٦ تا ۸ ساعت، ۸ تا ۱۰ ساعت، ۱۰ تا ۱۲ ساعت، ۱۲ تا ۱٤ ساعت و بیشتر از ۱٤ ساعت طبقه‌بندی شد. متغیرهای مستقل مورد استفاده در مدل‌ها شامل تحصیلات (ترتیبی با کد گذاری از ۱تا ٦)، درآمد (ترتیبی با کد گذاری از ۱ تا ۸)، مدت زمان تور (ترتیبی با کدگذاری از ۱ تا ۸)، نوع فعالیت (اسمی با سه گروه با کدگذاری مجازی)، زمان شروع تور (پیوسته بر حسب ساعت)، وضعیت شغلی (اسمی با شش گروه با کد گذاری مجازی) و تعداد فعالیت‌ها در تور (ترتیبی با کد گذاری از ۱ تا ٤) بودند.

جدول ۱. تعریف، نوع داده و نحوه کدگذاری

متغیرهای مورد استفاده برای مدل تعداد فعالیت در تور

متغیر	نقش	نوع داده	کدگذاری
تعداد فعالیت در تور	وابسته	ترتیبی	یک: ۱، دو: ۲، سه: ۳، چهار و بیشتر: ٤
تحصیلات	مستقل	ترتیبی	زیردیپلم: ۱، دیپلم: ۲، کاردانی: ۳، کارشناسی: ٤، کارشناسی‌ارشد: ۵، دکتری: ٦
درآمد (میلیون تومان)	مستقل	ترتیبی	کمتر از ۷: ۱، ۱۰–۷: ۲، –۱۰ ۱۵: ۳، ۲۰–۱۵: ٤، ۲۵–۲۰: ۵، ۳۰–۲۵: ٦، ۳۵–۳۰: ۷، بیش از ۳۵: ۸
مدت زمان تور	مستقل	ترتیبی	کمتر از ۲ ساعت: ۱، ٤–۲: ۲، ٦–٤: ۳، ۸–٦: ٤، ۱۰–۸: ۵، ۱۲–۱۰: ٦، ۱٤–۱۲: ۷، بیشتر از ۱٤: ۸
نوع فعالیت	مستقل	اسمی (مجازی)	نگهداری: مرجع، اختیاری و اجباری با کد گذاری ۰: خیر و ۱: بله
زمان شروع تور	مستقل	پیوسته	بر حسب ساعت (۰ تا ۲٤)

جدول ۲. تعریف، نوع داده و نحوه کدگذاری متغیرهای مورد استفاده برای مدل مدت زمان فعالیت‌ها در تور

متغیر	نقش	نوع داده	کدگذاری
مدت زمان فعالیت‌ها در تور	وابسته	ترتیبی	کمتر از ۲ ساعت: ۱، ۲-۲:٤: ۲، ٦-٤: ۳، ۸-٦: ٤، ۱۰-۸: ٥، ۱۲-۱۰: ٦، ١٤-۱۲: ۷، بیشتر از ١٤: ۸
نوع فعالیت	مستقل	اسمی (مجازی)	نگهداری: مرجع، اختیاری و اجباری با کد گذاری ۰: خیر و ۱: بله
شغل	مستقل	اسمی (مجازی)	صاحب کسب و کار: مرجع، دانش‌آموز، دانشجو، کارمند، کارگر، خانه‌دار و بازنشسته با کد گذاری ۰: خیر و ۱: بله
تعداد فعالیت در تور	مستقل	ترتیبی	یک: ۱، دو: ۲، سه: ۳، چهار و بیشتر: ٤
زمان شروع تور	مستقل	پیوسته	بر حسب ساعت (۰ تا ٢٤)

با توجه به ساختار مدل‌های برآوردشده، متغیرهای مستقل متناسب با متغیر وابسته هر مدل در تحلیل وارد شدند. همچنین، متغیرهای اسمی با استفاده از کدگذاری مجازی و متغیرهای ترتیبی بر اساس طبقات تعریف‌شده در پرسشنامه کدگذاری شدند. لازم به ذکر است، برخی متغیرهای مستقل به دلیل عدم معناداری آماری در فرآیند برآورد از مدل‌های نهایی حذف شده و صرفاً در بخش توصیفی مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-٤- روش‌های تحلیل و مدل‌سازی

به‌منظور پاسخ‌گویی به سؤالات پژوهش، از مدل لاجیت ترتیبی استفاده شد. این مدل برای بررسی احتمال قرارگیری مشاهدات در طبقات مختلف متغیرهای وابسته ترتیبی، شامل «تعداد فعالیت‌ها در تور» و «مدت زمان فعالیت‌ها در تور»، بکار گرفته شد. از آنجاکه طبقات هر دو متغیر وابسته دارای ترتیب طبیعی هستند، اما فاصله میان طبقات لزوماً دارای معنای یکسانی نیست، استفاده از مدل لاجیت ترتیبی امکان لحاظ کردن ماهیت ترتیبی متغیرهای وابسته را فراهم می‌کند. در این مدل، یک متغیر نهفته پیوسته به عنوان شاخص تمایل به قرار گرفتن در طبقات بالاتر متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود که بصورت ترکیب خطی متغیرهای توضیحی مدل‌سازی می‌شود. بر این اساس، احتمال قرارگیری هر مشاهده در طبقات مختلف متغیر وابسته بر مبنای موقعیت متغیر نهفته نسبت به نقاط برش تعریف شده تعیین می‌شود. فرم کلی مدل بصورت رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$P(y_i = j) = \frac{1}{1+\exp(-(\tau_j - X_i\beta))} - \frac{1}{1+\exp(-(\tau_{j-1} - X_i\beta))} \quad (۱)$$

یکی از مفروضات اساسی مدل لاجیت ترتیبی، فرض خطوط موازی یا تناسب شانس‌ها است. بر اساس این فرض، ضرایب متغیرهای توضیحی در معادلات مربوط به نقاط برش مختلف متغیر وابسته ثابت در نظر گرفته می‌شوند. در این پژوهش، اعتبار این فرض با استفاده از آزمون خطوط موازی بررسی شد و نتایج آن مبنای ارزیابی مناسب‌بودن استفاده از مدل لاجیت ترتیبی قرار گرفت.

۲-٥- روش و نرم‌افزار برآورد مدل‌ها

برآورد پارامترهای مدل با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی و الگوریتم نیوتن با ناحیه اطمینان انجام شده است. کلیه محاسبات با استفاده از کتابخانه بایوجیم (نسخه ۳/۲) در محیط پایتون (نسخه ۳/۹) صورت گرفته است. به منظور تفسیر دقیق‌تر نتایج، از شاخص اثرات حاشیه‌ای استفاده شده است. برای متغیرهای پیوسته، اثر حاشیه‌ای بصورت مشتق جزئی احتمال و برای متغیرهای گسسته، بصورت تغییر در احتمال هنگام تغییر مقدار متغیر از صفر به یک محاسبه گردیده است.

۳- داده‌ها و تحلیل توصیفی

آمارهای توصیفی متغیرهای پژوهش استخراج شده از آمارگیری در جداول ۳ تا ٥ آورده شده است. بر اساس نتایج جدول ۳، از مجموع ٤۲۸ شرکت‌کننده، بیش از دوسوم (٦۸/۹٪) را مردان تشکیل می‌دهند. توزیع سنی نشان می‌دهد که جوانان گروه سنی کمتر از ۲٦ سال با ۳۳/۹٪، سهم غالب را به خود اختصاص داده‌اند و میانگین سنی نمونه ۳٥/٦ سال با انحراف معیار ۱۳/۸ برآورد شده است. از نظر تحصیلات، تقریباً نیمی از نمونه (٤٤/٦٪) دارای مدرک کارشناسی هستند و تنها ٥/٤٪ از افراد دارای تحصیلات تکمیلی می‌باشند.

جدول ۳. آمار توصیفی متغیرهای فردی و اجتماعی پژوهش

متغیر	گروه‌بندی	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۲۹۵	٦٨/٩
	زن	۱۳۳	۳۱/۱
سن	کمتر از ۲٦ سال	۱٤٥	۳۳/۹
	۲٦ تا ۳٦ سال	۹۳	۲۱/۷
	۳٦ تا ٤٦ سال	۷۲	۱٦/۸
	٤٦ تا ٥٦ سال	۷٥	۱۷/٥
	٥٦ تا ٦٦ سال	۳۹	۹/۱
	بیشتر از ٦٦ سال	٤	۰/۹
وضعیت تاهل	مجرد	۲۲۳	٥۲/۱
	متأهل	۲۰٥	٤۷/۹
تحصیلات	زیردیپلم	٤۸	۱۱/۲
	دیپلم	۱۲۳	۲۸/۷
	کاردانی	٤۳	۱۰/۰
	کارشناسی	۱۹۱	٤٤/٦
	کارشناسی‌ارشد	۲۰	٤/۷
	دکتری	۳	۰/۷

جدول ٤. آمار توصیفی متغیرهای شغلی و اقتصادی پژوهش

متغیر	گروه‌بندی	فراوانی	درصد
شغل	دانش‌آموز	۱۰	۲/۳
	دانشجو	۱۱۹	۲۷/۸
	کارمند	۱۰٤	۲٤/۳
	صاحب کسب و کار	۷۷	۱۸/۰
	کارگر	٤٦	۱۰/۷
	خانه‌دار و بازنشسته	۷۲	۱٦/۸
درآمد (میلیون)	کمتر از ۷	٥۷	۱۳/۳
	۷–۱۰	۳٦	۸/٤
	۱۰–۱٥	۲۲	٥/۱
	۱٥–۲۰	۲٥	٥/۸
	۲۰–۲٥	٤۰	۹/۳
	۲٥–۳۰	۷۰	۱٦/٤
	۳۰–۳٥	۸۲	۱۹/۲
	بیش از ۳٥	۹٦	۲۲/٤
وضعیت مسکن	مالک	۲۷٤	٦٤/۰
	اجاره‌ای	۱۱۸	۲۷/٦
	سایر	۳٦	۸/٤
داشتن گواهینامه	دارد	۳۰٦	۷۱/٥
	ندارد	۱۲۲	۲۸/٥
داشتن ماشین شخصی	دارد	۲۰۷	٤۸/٤
	ندارد	۲۲۱	٥۱/٦

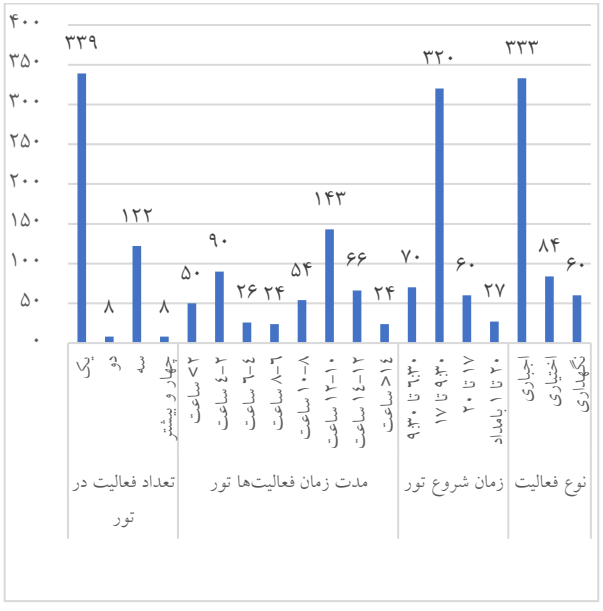
باتوجه به جدول ٤، ترکیب شغلی نمونه بیانگر غلبه دانشجویان (۲۷/۸٪) و کارمندان (۲٤/۳٪) است که نشان‌دهنده حضور پررنگ گروه‌های درگیر در فعالیت‌های آموزشی و اداری می‌باشد. الگوی پراکندگی درآمدی حاکی از آن است که ۲۲/٤٪ از نمونه در بالاترین سطح درآمدی (بیش از ۳٥ میلیون) و ۱۳/۳٪ در پایین‌ترین سطح درآمدی (کمتر از ۷ میلیون) قرار دارند. از نظر وضعیت مسکن، اکثریت شرکت‌کنندگان (٦٤٪) مالک مسکن هستند و ۷۱/٥٪ دارای گواهینامه رانندگی می‌باشند. مالکیت خودروی شخصی در نمونه تقریباً متعادل است (٤۸/٤٪ دارای خودرو و ٥۱/٦٪ فاقد خودرو).

بر اساس جدول ٥، الگوی غالب مدت زمان فعالیت در تور، بازه ۱۰ تا ۱۲ ساعت با سهم ۳۰٪ است و ۷۱/۱٪ از تورها تنها شامل یک فعالیت می‌شوند. نوع فعالیت اجباری با ۷۷/۸٪، سهم غالب را به خود اختصاص داده است. همچنین ۷٤/۸٪ از تورها در بازه زمانی ۰۹:۳۰ تا ۱۷:۰۰ آغاز می‌شوند که بیانگر تمرکز سفرها در ساعات میانی روز است. بررسی روابط دو متغیره میان متغیرهای مستقل و وابسته، حاوی نکات قابل‌توجهی است. رابطه تعداد فعالیت در تور با تحصیلات نشان می‌دهد که با افزایش سطح تحصیلات، سهم تورهای تک‌فعالیتی از ۸٤/٥٪ در گروه زیردیپلم به ٦٦/۷٪ در گروه کارشناسی کاهش می‌یابد و در مقابل، سهم تورهای سه‌فعالیتی از ۱۳/۸٪ به ۲۸/۲٪ افزایش می‌یابد که حاکی از تنوع بیشتر فعالیت‌ها در میان افراد تحصیل‌کرده‌تر است. رابطه تعداد فعالیت در تور با مدت زمان تور نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان تور، سهم تورهای تک‌فعالیتی از ۹۲٪ در تورهای کمتر از ۲ ساعت به ٥۸/۳٪ در تورهای بیش از ۱٤ ساعت کاهش می‌یابد و سهم تورهای سه‌فعالیتی از ۸/۹٪ به ٤۱/۷٪ افزایش می‌یابد که بیانگر رابطه مستقیم مدت زمان تور با تنوع فعالیت‌هاست. در خصوص رابطه مدت زمان فعالیت‌ها در تور با نوع فعالیت، یافته‌ها نشان می‌دهد که فعالیت‌های اجباری بیشترین سهم را در تورهای با مدت زمان طولانی به خود اختصاص داده‌اند؛ بطوریکه ٤۱/۷٪ از فعالیت‌های اجباری در بازه ۱۰ تا ۱۲ ساعت متمرکز شده‌اند. در مقابل، فعالیت‌های اختیاری و نگهداری عمدتاً در تورهای کوتاه‌مدت (۲ تا ٤ ساعت) با سهم ٥۲/٤٪ و ٥٦/۷٪ انجام می‌شوند. همچنین رابطه مدت زمان فعالیت‌ها در تور با شغل نشان می‌دهد که کارمندان (۳۷/۲٪)، کارگران (۳۷/۳٪) و دانشجویان (۳۳/۳٪) بیشترین سهم را در تورهای ۱۰ تا ۱۲ ساعت دارند، در حالیکه صاحبان کسب و کار در تورهای بیش از ۱۲ ساعت سهم بالاتری دارند (۲۹/٦٪ در بازه ۱۲ تا ۱٤ ساعت).

جدول ۵. آمار توصیفی متغیرهای الگوی فعالیت-سفر روزانه

متغیر	گروه‌بندی	فراوانی	درصد
مدت زمان فعالیت در تور	کمتر از ۲ ساعت	۵۰	۱۰/۵
	۲-۴ ساعت	۹۰	۱۸/۹
	۴-۶ ساعت	۲۶	۵/۵
	۶-۸ ساعت	۲۴	۵/۰
	۸-۱۰ ساعت	۵۴	۱۱/۳
	۱۰-۱۲ ساعت	۱۴۳	۳۰/۰
	۱۲-۱۴ ساعت	۶۶	۱۳/۸
	بیشتر از ۱۴ ساعت	۲۴	۵/۰
تعداد فعالیت در تور	یک	۳۳۹	۷۱/۱
	دو	۸	۱/۷
	سه	۱۲۲	۲۵/۶
	چهار و بیشتر	۸	۱/۷
نوع فعالیت	اجباری	۳۳۳	۷۷/۸
	اختیاری	۸۴	۱۹/۶
	نگهداری	۶۰	۱۴/۰
زمان شروع تور	۰۶:۳۰ تا ۰۹:۳۰	۷۰	۱۶/۴
	۰۹:۳۰ تا ۱۷:۰۰	۳۲۰	۷۴/۸
	۱۷:۰۰ تا ۲۰:۰۰	۶۰	۱۴/۰
	۲۰:۰۰ تا ۰۱:۰۰ بامداد	۲۷	۶/۳

همچنین در شکل ۱ توزیع فراوانی متغیرهای کلیدی شامل تعداد فعالیت در تور، مدت زمان فعالیت‌ها در تور، نوع فعالیت و زمان شروع تور آورده شده است.



شکل ۱. توزیع فراوانی متغیرهای کلیدی نمونه

۴- مدل‌سازی و تحلیل نتایج

۴-۱- مدل‌سازی تعداد فعالیت در تور

به‌منظور بررسی عوامل مرتبط با تعداد فعالیت در تور کاربران حمل‌ونقل همگانی، از مدل لاجیت ترتیبی استفاده شد. متغیر وابسته، تعداد فعالیت‌ها در هر تور، در چهار طبقه بصورت ۱= یک فعالیت، ۲= دو فعالیت، ۳= سه فعالیت و ۴= چهار و بیشتر فعالیت کدگذاری شد. از آنجاکه طبقات متغیر وابسته دارای ماهیت ترتیبی هستند، مدل لاجیت ترتیبی امکان بررسی عوامل مرتبط با احتمال قرار گرفتن افراد در طبقات بالاتر تعداد فعالیت‌های در تور را فراهم می‌کند.

پیش از برآورد و تفسیر نتایج مدل، احتمال وجود چندهمخطی میان متغیرهای توضیحی نیز بررسی شد. برای این منظور، شاخص‌های Tolerance و VIF محاسبه شدند. نتایج نشان داد که مقادیر Tolerance در دامنه ۰/۲۸ تا ۰/۹۷ و مقادیر VIF در دامنه ۱/۰۳ تا ۳/۶ قرار دارند. با توجه به قرار گرفتن این مقادیر در محدوده قابل‌قبول، شواهدی از وجود چندهمخطی مسئله‌ساز میان متغیرهای توضیحی مشاهده نشد؛ بنابراین، همخطی میان متغیرهای مستقل نگرانی جدی برای برآورد و تفسیر ضرایب مدل ایجاد نمی‌کند. یکی از مفروضات اساسی مدل لاجیت ترتیبی، فرض خطوط موازی یا فرض تناسب شانس‌ها است. بر اساس این فرض، اثر هر متغیر توضیحی در مقایسه بین نقاط برش مختلف متغیر وابسته ثابت در نظر گرفته می‌شود. نتایج آزمون خطوط موازی نشان داد که مقدار آماره کای‌دو برابر با ۱۸/۸ و سطح معناداری ۰/۱۱ به دست آمد. با توجه به اینکه مقدار سطح معناداری بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است، فرض صفر آزمون، مبنی بر برابری ضرایب شیب در سطوح مختلف متغیر وابسته، رد نشد. بنابراین، فرض خطوط موازی تأیید شد و استفاده از مدل لاجیت ترتیبی برای تحلیل تعداد فعالیت در تور از نظر این پیش‌فرض آماری قابل قبول است. نتایج برآورد مدل لاجیت ترتیبی در جدول ۶ ارائه شده است. مقدار لگاریتم درستنمایی از ۴۹۵/۳۷۴۵- در حالت اولیه به ۳۱۶/۲۸۶۲- در حالت نهایی بهبود یافته است که بیانگر افزایش قابل‌توجه توان تبیینی مدل پس از ورود متغیرهای توضیحی می‌باشد. آماره نسبت درستنمایی (LR=۳۵۸/۱۷۶۵) نشان می‌دهد که مدل برآوردشده در مقایسه با مدل پایه (بدون متغیرهای توضیحی) بطور معناداری بهتر عمل می‌کند (p<۰/۰۰۱). ضریب شبه R^2 مک فادن (Rho-square=۰/۳۶۲) و مقدار تعدیل‌شده آن (۰/۳۴۳) حاکی از قدرت توضیحی مناسب مدل در چارچوب

مدل‌های انتخاب گسسته است. معیارهای اطلاعاتی آکائیک (AIC=۶۵۰/۵۷۲۵) و بیزین (BIC=۶۸۸/۰۸۰۱) نیز با توجه به تعداد پارامترهای محدود (۹ پارامتر) بیانگر تعادل مناسب بین پیچیدگی مدل و کیفیت برازش هستند.

جدول ٦. شاخص‌های برآورد مدل لاجیت ترتیبی تعداد فعالیت

شاخص	مقدار
تعداد پارامترهای برآوردشده	۹
مقدار اولیه لگاریتم درست‌نمایی (□□ اولیه)	-۴۹۵/۳۷۴۵
مقدار نهایی لگاریتم درست‌نمایی (□□ نهایی)	-۳۱۶/۲۸۶۲
آماره آزمون نسبت درست‌نمایی (□□□□ □□)	۳۵۸/۱۷۶۵
ضریب تعیین(□□□□□□-□□□)	۰/۳۶۲
ضریب تعیین تعدیل‌شده (-□□□ □□□□□□□□ (□□□□□□	۰/۳۴۳
معیار آکائیک (□□□)	٦۵۰/۵۷۲۵
معیار بیزین (□□□)	٦۸۸/۰۸۰۱

نتایج برآورد ضرایب مدل در جدول ۷ نشان می‌دهد که متغیرهای تحصیلات و مدت زمان تور دارای ضرایب مثبت و معنادار هستند. این یافته بیانگر آن است که افزایش هر یک از این متغیرها، مطلوبیت انجام تعداد فعالیت‌های بیشتر در تور را افزایش می‌دهد. به‌عبارت دیگر، افراد با تحصیلات بالاتر و کسانی که تورهای طولانی‌تری دارند، تمایل بیشتری به انجام فعالیت‌های متعدد در طول یک تور دارند. در مقابل، متغیرهای درآمد، فعالیت اجباری و زمان شروع تور دارای ضرایب منفی و معنادار هستند. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش درآمد، اجباری بودن فعالیت اصلی تور و شروع دیرتر تور، مطلوبیت انجام تعداد فعالیت‌های بیشتر را کاهش می‌دهد. اثر متغیر فعالیت اختیاری اگرچه منفی است، اما از نظر آماری معنادار نیست.

نتایج برآورد ضرایب مدل لاجیت ترتیبی تعداد فعالیت در تور در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای تحصیلات (β=۰/۲۱۱، □<۰/۰۵) و مدت زمان تور (β=۰/۳۰۱، □<۰/۰۱) دارای ضرایب مثبت و از نظر آماری معنادار هستند. در مدل لاجیت ترتیبی، ضریب مثبت نشان‌دهنده ارتباط مثبت متغیر توضیحی با شانس قرارگیری در طبقات بالاتر متغیر وابسته، با کنترل سایر متغیرهای مدل است. بنابراین، افزایش سطح تحصیلات و مدت زمان تور با افزایش شانس قرارگیری در طبقات بالاتر تعداد فعالیت در تور همراه است. در مقابل، درآمد دارای ضریب منفی و معنادار (β=-۰/۱۰۵، □<۰/۰۵) است. همچنین، ضرایب مربوط به فعالیت اجباری نسبت به گروه مرجع (فعالیت نگهداری) (β=-۱/۳٤، □<۰/۰۵) و زمان شروع تور (β=-۰/۲۰۸، □<۰/۰۰۱) منفی و از نظر آماری معنادار هستند. این نتایج نشان می‌دهد که این متغیرها، با کنترل سایر متغیرهای مدل، با شانس پایین‌تر قرارگیری در طبقات بالاتر تعداد فعالیت در تور همراه هستند.

در مقابل، ضریب فعالیت اختیاری نسبت به گروه مرجع (فعالیت نگهداری) منفی، اما از نظر آماری معنادار نیست (β=-۰/۷٤۱، □=۰/۱۲۸)؛ بنابراین، شواهد آماری کافی برای وجود تفاوت معنادار بین فعالیت‌های اختیاری و نگهداری از نظر متغیر وابسته مشاهده نشد.

در مجموع، نتایج مدل نشان می‌دهد که تحصیلات و مدت زمان تور دارای رابطه مثبت، و درآمد، فعالیت اجباری و زمان شروع تور دارای رابطه منفی با متغیر ترتیبی تعداد فعالیت در تور هستند؛ با این حال، ضرایب مدل لاجیت ترتیبی بطور مستقیم میزان تغییر احتمال قرار گرفتن در هر یک از طبقات متغیر وابسته را نشان نمی‌دهند. از این‌رو، برای تفسیر دقیق‌تر اندازه و جهت تغییر احتمال قرارگیری در هر طبقه، اثرات حاشیه‌ای محاسبه و در ادامه ارائه شده‌اند.

جدول ۷. برآورد ضرایب مدل لاجیت ترتیبی تعداد فعالیت در تور

متغیر	مقدار ضریب	خطای استاندارد	آماره t	سطح معنی‌داری
تحصیلات	۰/۲۱۱	۰/۰۸۷۲	۲/٤۲	۰/۰۱۵۳
درآمد	-۰/۱۰۵	۰/۰٤۱۳	-۲/۵٤	۰/۰۱۱
مدت زمان تور	۰/۳۰۱	۰/۰۹۱۷	۳/۲۸	□۰/۰۰۱
فعالیت اجباری (مرجع: نگهداری)	-۱/۳٤۰	۰/۵۸٤	-۲/۲۹	۰/۰۲۱۷
فعالیت اختیاری (مرجع: نگهداری)	-۰/۷٤۱	۰/٤۸۷	-۱/۵۲	۰/۱۲۸۰
زمان شروع تور	-۰/۲۰۸	۰/۰۷٤۲	-۲/۸۰	□۰/۰۰۱
آستانه اول (مرز بین ۱ و ۲)	-۰/۲۷۳	۰/۸۵٦	-۰/۳۱۹	۰/۷۵۰۰
آستانه دوم (مرز بین ۲ و ۳)	-۰/۰۹٤۲	۰/۰۳۲۵	-۲/۹۰	□۰/۰۰۱
آستانه سوم (مرز بین ۳ و ٤)	۳/۰۷۱۲	۰/۳۵۸	۹/۰۸	□۰/۰۰۱

بر اساس ضرایب برآوردشده در جدول ۷، فرم نهایی تابع مطلوبیت بصورت رابطه (۲) قابل‌بیان است.

$$U_{Number\ Activities} = 0.211 \times Education - 0.105 \times Income + 0.301 \times ActDur - 1.34 \times ActTyp(Mandatory) - 0.741 \times ActTyp(Discretionary) - 0.208 \times TourStart \quad (۲)$$

که در آن:

$U_{Number\ Activities}$: مطلوبیت نهفته تعداد فعالیت در تور،

$Education$: سطح تحصیلات فرد (۱: زیردیپلم، ۲: دیپلم، ۳: کاردانی، ٤: کارشناسی، ٥: کارشناسی ارشد، ٦: دکتری)،

$Income$: درآمد (۱: زیر ۷ میلیون، ۲: ۷ تا ۱۰ میلیون، ۳: ۱۰ تا ۱۵ میلیون، ٤: ۱۵ تا ۲۰ میلیون، ٥: ۲۰ تا ۲۵ میلیون، ٦: ۲۵ تا ۳۰ میلیون، ۷: ۳۰ تا ۳۵ میلیون، ۸: بیشتر از ۳۵ میلیون)،

$ActDur$: مدت زمان تور (۱: کمتر از ۲ ساعت، ۲: ۲ تا ٤ ساعت، ۳: ٤ تا ٦ ساعت، ٤: ٦ تا ۸ ساعت، ٥: ۸ تا ۱۰ ساعت، ٦: ۱۰ تا ۱۲ ساعت، ۷: ۱۲ تا ۱٤ ساعت، ۸: بیشتر از ۱٤ ساعت)،

$ActTyp(Mandatory)$: فعالیت اجباری (۰: خیر، ۱: بله)،

$ActTyp(Discretionary)$: فعالیت اختیاری (۰: خیر، ۱: بله)،

$TourStart$: زمان شروع تور(۰ تا ۲٤ بر اساس ساعت روز).

آستانه‌های مدل بصورت τ_1=-۰/۲۷۳، τ_2=-۰/۱۷۸۸ و τ_3=۳/۰۷۱۲ محاسبه شده‌اند. بر این اساس، اگر مطلوبیت نهفته فرد (□) کمتر یا مساوی ۰/۲۷۳- باشد، احتمال انجام یک فعالیت بیشتر است؛ اگر بین ۰/۲۷۳- و ۰/۱۷۸۸- قرار گیرد، احتمال انجام دو فعالیت بیشتر است؛ اگر بین ۰/۱۷۸۸- و ۳/۰۷۱۲ قرار گیرد، احتمال انجام سه فعالیت بیشتر است؛ و در صورتیکه از ۳/۰۷۱۲ فراتر رود، احتمال انجام چهار فعالیت و بیشتر افزایش می‌یابد.

با توجه به ماهیت ترتیبی متغیر وابسته، ضرایب مدل لاجیت ترتیبی به‌تنهایی میزان تغییر احتمال قرارگیری در هر یک از طبقات تعداد فعالیت در تور را نشان نمی‌دهند. از این‌رو، به منظور تفسیر دقیق‌تر اندازه و جهت رابطه متغیرهای توضیحی با احتمال قرارگیری در هر طبقه، اثرات حاشیه‌ای محاسبه شد. نتایج میانگین اثرات حاشیه‌ای در جدول ۸ ارائه شده است. مقادیر گزارش‌شده نشان‌دهنده تغییر در احتمال قرارگیری در هر طبقه در ارتباط با تغییر یک واحدی متغیرهای ترتیبی و پیوسته و یا تغییر وضعیت متغیرهای طبقه‌ای، با ثابت بودن سایر متغیرهای مدل هستند.

بر اساس نتایج، تحصیلات با اثر حاشیه‌ای ۰/۰۳۹۸- بر احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و اثرهای حاشیه‌ای ۰/۰۰۱۰، ۰/۰۳٤۹ و ۰/۰۰۳۸ به‌ترتیب بر طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر همراه است. بنابراین، افزایش یک واحد در سطح تحصیلات با کاهش ۳/۹۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و افزایش ۰/۱۰، ۳/٤۹ و ۰/۳۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر همراه است. بیشترین تغییر در احتمال مربوط به طبقه یک فعالیت است.

در مورد درآمد، افزایش یک واحد در سطح درآمد با افزایش ۱/۸۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و کاهش به‌ترتیب ۰/۰٦، ۱/٦٦ و ۰/۱٦ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر همراه است. در نتیجه، بیشترین تغییر در احتمال در طبقه یک فعالیت مشاهده می‌شود و جهت این رابطه با الگوی حاصل از ضریب منفی درآمد در مدل سازگار است. مدت زمان تور نیز الگوی متفاوتی از توزیع احتمالات میان طبقات نشان می‌دهد. افزایش یک واحد در مدت زمان تور با کاهش ۵/۷۱ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و افزایش به‌ترتیب ۰/۱٤، ۵/۰۱ و ۰/۵۷ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر همراه است. در میان طبقات، بیشترین تغییر احتمال مربوط به طبقه یک فعالیت است؛ بگونه‌ای که افزایش یک واحد در مدت زمان تور با کاهش ۵/۷ واحد درصدی احتمال قرارگیری در این طبقه همراه است. در خصوص نوع فعالیت اصلی، تغییر گروه فعالیت از طبقه مرجع (فعالیت نگهداری) به فعالیت اجباری با افزایش ۳/٦٦ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و کاهش به‌ترتیب ۰/۱۲، ۳/۲۳ و ۰/۳۱ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر همراه است. بنابراین، بیشترین تغییر در احتمال این مقایسه مربوط به طبقه یک فعالیت است.

برای فعالیت اختیاری، در مقایسه با گروه مرجع (فعالیت نگهداری)، اثر حاشیه‌ای برابر با ۰/۲۳۷۹ برای طبقه یک و به‌ترتیب ۰/۰۰۲۱-، ۰/۱۹۷۷- و ۰/۰۳۸۱- برای طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر به دست آمده است. با این حال، با توجه به اینکه ضریب مربوط به فعالیت اختیاری در مدل اصلی از نظر آماری معنادار نبود (p=۰/۱۲۸)، شواهد آماری کافی برای استنباط تفاوت معنادار این گروه با فعالیت نگهداری وجود ندارد؛ بنابراین، این مقادیر اثر حاشیه‌ای صرفاً به عنوان برآوردهای مدل گزارش می‌شوند و نباید به عنوان شواهدی از یک رابطه آماری معنادار تفسیر شوند. در نهایت، زمان شروع تور با الگوی معکوسی نسبت به مدت زمان تور همراه است. افزایش یک واحد در زمان شروع تور با افزایش ۱۲/۳٤ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه

یک فعالیت و کاهش به‌ترتیب ۰/۴۹، ۱۰/۹۲ و ۰/۹۲ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات دو، سه و چهار فعالیت و بیشتر همراه است. بیشترین تغییر احتمال مربوط به طبقه یک فعالیت است.

در مجموع، اثرات حاشیه‌ای نشان می‌دهند که در متغیرهای معنادار مدل، تغییر در متغیرهای توضیحی با الگوهای متفاوتی از توزیع احتمال میان طبقات تعداد فعالیت در تور همراه است. در اغلب موارد، بیشترین تغییر احتمال در طبقه یک فعالیت مشاهده می‌شود. این نتایج، در مقایسه با ضرایب خام مدل لاجیت ترتیبی، تفسیر ملموس‌تری از اندازه تغییر احتمال قرارگیری در هر یک از طبقات فراهم می‌کنند، بدون آنکه از این روابط استنباط علّی صورت گیرد.

جدول ۸ میانگین اثرات حاشیه‌ای متغیرها بر تعداد فعالیت در تور

متغیر	اثر بر احتمال یک فعالیت	اثر بر احتمال دو فعالیت	اثر بر احتمال سه فعالیت	اثر بر احتمال چهار فعالیت و بیشتر
تحصیلات	-۰/۰۳۹۸	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۴۹	۰/۰۰۳۸
درآمد	۰/۰۱۸۸	-۰/۰۰۰۶	-۰/۰۱۶۶	-۰/۰۰۱۶
مدت زمان تور	-۰/۰۵۷۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۵۰۱	۰/۰۰۵۷
نوع فعالیت اجباری	۰/۰۳۶۶	-۰/۰۰۱۲	-۰/۰۳۲۳	-۰/۰۰۳۱
نوع فعالیت اختیاری	۰/۲۳۷۹	-۰/۰۰۲۱	-۰/۱۹۷۷	-۰/۰۳۸۱
زمان شروع تور	۰/۱۲۳۴	-۰/۰۰۴۹	-۰/۱۰۹۲	-۰/۰۰۹۲

۴-۲- مدل‌سازی مدت زمان فعالیت‌ها در تور

به‌منظور بررسی عوامل مرتبط با مدت زمان فعالیت‌ها در تور کاربران حمل‌ونقل همگانی، از مدل لاجیت ترتیبی استفاده شد. متغیر وابسته، مدت زمان فعالیت‌ها در هر تور، در هشت طبقه بصورت ۱= کمتر از ۲ ساعت، ۲= ۲ تا ۴ ساعت، ۳= ۴ تا ۶ ساعت، ۴=۶ تا ۸ ساعت، ۵=۸ تا ۱۰ ساعت، ۶=۱۰ تا ۱۲ ساعت، ۷=۱۲ تا ۱۴ ساعت و ۸=بیشتر از ۱۴ ساعت کدگذاری شد. از آنجاکه طبقات متغیر وابسته دارای ماهیت ترتیبی هستند، مدل لاجیت ترتیبی امکان بررسی عوامل مرتبط با احتمال قرار گرفتن افراد در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور را فراهم می‌کند.

پیش از برآورد و تفسیر نتایج مدل، احتمال وجود چندهمخطی میان متغیرهای توضیحی نیز بررسی شد. برای این منظور، شاخص‌های Tolerance و VIF محاسبه شدند. نتایج نشان داد که مقادیر Tolerance در دامنه ۰/۳۶ تا ۰/۹۲ و مقادیر VIF در دامنه ۱/۰۸ تا ۲/۷ قرار دارند. با توجه به قرار گرفتن این مقادیر در محدوده قابل‌قبول، شواهدی از وجود چندهمخطی مسئله‌ساز میان متغیرهای توضیحی مشاهده نشد؛ بنابراین، همخطی میان متغیرهای مستقل نگرانی جدی برای برآورد و تفسیر ضرایب مدل ایجاد نمی‌کند. یکی از مفروضات اساسی مدل لاجیت ترتیبی، فرض خطوط موازی یا فرض تناسب شانس‌ها است. بر اساس این فرض، اثر هر متغیر توضیحی در مقایسه بین نقاط برش مختلف متغیر وابسته ثابت در نظر گرفته می‌شود. نتایج آزمون خطوط موازی نشان داد که مقدار آماره کای‌دو برابر با ۴۹/۵ و سطح معناداری ۰/۲۱ بدست آمد. با توجه به اینکه مقدار سطح معناداری بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است، فرض صفر آزمون، مبنی بر برابری ضرایب شیب در سطوح مختلف متغیر وابسته، رد نشد. بنابراین، فرض خطوط موازی تأیید شد و استفاده از مدل لاجیت ترتیبی برای تحلیل مدت زمان فعالیت‌ها در تور از نظر این پیش‌فرض آماری قابل قبول است.

نتایج برآورد مدل لاجیت ترتیبی در جدول ۹ ارائه شده است. مقدار نهایی لگاریتم درستنمایی (۶۹۰/۷۷۱۹-) نسبت به مقدار اولیه (۱۶۱۵/۵۶۳-) بهبود چشمگیری داشته است که نشان‌دهنده توان بالای مدل در تبیین رفتار مدت زمان فعالیت‌ها در تور است. آماره نسبت درستنمایی (LR=۱۸۴۹/۵۸) بیانگر معناداری کلی مدل در سطح اطمینان بسیار بالا می‌باشد (p<۰/۰۰۱). ضریب شبه R^2 مک فادن (Rho-square=۰/۵۷۲) و مقدار تعدیل‌شده آن (۰/۵۶۳) حاکی از برازش بسیار قوی مدل است و نشان می‌دهد که مدل با در نظر گرفتن ۱۶ پارامتر، به خوبی ساختار داده‌ها را تبیین نموده و دچار بیش‌برازش نشده است.

جدول ۹. شاخص‌های برآورد مدل لاجیت ترتیبی مدت زمان فعالیت‌ها

شاخص	مقدار
تعداد پارامترهای برآوردشده	۱۶
مقدار اولیه لگاریتم درست‌نمایی (LL اولیه)	-۱۶۱۵/۵۶۳
مقدار نهایی لگاریتم درست‌نمایی (LL نهایی)	-۶۹۰/۷۷۱۹
آماره آزمون نسبت درست‌نمایی (LR Test)	۱۸۴۹/۵۸۳
ضریب تعیین (□□□-□□□□□□)	۰/۵۷۲
ضریب تعیین تعدیل‌شده (Adjusted Rho-square)	۰/۵۶۳
معیار آکائیک (AIC)	۱۴۱۳/۵۴۴
معیار بیزین (BIC)	۱۴۸۰/۲۲۴

نتایج برآورد ضرایب مدل در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که متغیرهای فعالیت اجباری، فعالیت اختیاری و تعداد فعالیت در تور دارای ضرایب مثبت و معنادار هستند. این یافته بیانگر آن است که سفرهای با هدف اجباری و اختیاری نسبت به سفرهای با هدف نگهداری، احتمال قرارگیری در سطوح بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور را افزایش می‌دهند. همچنین با افزایش تعداد فعالیت‌ها در تور، مدت زمان فعالیت‌ها در تور افزایش می‌یابد. در مقابل، متغیر زمان شروع تور دارای ضریب منفی و معنادار است که نشان می‌دهد، شروع دیرتر تور با کاهش احتمال طولانی بودن آن همراه است. در میان ویژگی‌های شغلی، تمامی گروه‌ها به جزء کارگران اثر منفی و معناداری بر مدت زمان فعالیت‌ها در تور دارند. به‌عبارت دیگر، دانشجویان، کارمندان، افراد خانه‌دار و بازنشسته و دانش‌آموزان نسبت به گروه مرجع (صاحبان کسب و کار)، احتمال کمتری برای تجربه فعالیت‌هایی با مدت زمان طولانی‌تر دارند. در مقابل، اثر متغیر کارگر معنادار نبوده است.

نتایج برآورد ضرایب مدل لاجیت ترتیبی مدت زمان فعالیت‌ها در تور در جدول ۱۰ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت اجباری نسبت به گروه مرجع (فعالیت نگهداری) (β=۳/۷٤، p<۰/۰۰۱)، فعالیت اختیاری نسبت به گروه مرجع (β=۰/٦۸۹، p<۰/۰۵) و تعداد فعالیت در تور (β=۰/۳۸٦، p<۰/۰۰۱) دارای ضرایب مثبت و از نظر آماری معنادار هستند. در مدل لاجیت ترتیبی، ضریب مثبت نشان‌دهنده ارتباط مثبت متغیر توضیحی با شانس قرارگیری در طبقات بالاتر متغیر وابسته، با کنترل سایر متغیرهای مدل است. بنابراین، فعالیت‌های اجباری و اختیاری، در مقایسه با فعالیت‌های نگهداری و همچنین تعداد بیشتر فعالیت در تور، با شانس بالاتر قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور همراه هستند. در مقابل، زمان شروع تور دارای ضریب منفی و از نظر آماری معنادار است (β=-۰/۲٤٦، p<۰/۰۰۱). این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش زمان شروع تور، با کنترل سایر متغیرهای مدل، با کاهش شانس قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور همراه است. همچنین، متغیرهای مربوط به وضعیت شغلی، با در نظر گرفتن «صاحبان کسب‌وکار» به عنوان گروه مرجع، عمدتاً دارای ضرایب منفی و معنادار هستند. ضریب مربوط به دانشجویان (β=-۰/۷٤۸، p<۰/۰۰۱)، کارمندان (β=-۰/۷۳۳، p<۰/۰۰۱)، خانه‌داران و بازنشستگان (β=-۰/۹۵٦، p<۰/۰۰۱) و دانش‌آموزان (β=-۱/۵۵، p<۰/۰۵) نشان می‌دهد که این گروه‌ها، در مقایسه با صاحبان کسب‌وکار، با شانس پایین‌تری برای قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور همراه هستند. در مقابل، ضریب مربوط به کارگران منفی، اما از نظر آماری معنادار نیست (β=-۰/۳۵۵، p=۰/۲۷۹)؛ بنابراین، شواهد آماری کافی برای وجود تفاوت معنادار بین کارگران و گروه مرجع از نظر مدت زمان فعالیت‌ها در تور مشاهده نشد.

در مجموع، نتایج مدل نشان می‌دهد که فعالیت اجباری، فعالیت اختیاری و تعداد فعالیت در تور با شانس بالاتر قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور همراه هستند؛ در مقابل، زمان شروع تور و تعلق به گروه‌های شغلی دانشجو، کارمند، خانه‌دار و بازنشسته و دانش‌آموز، در مقایسه با گروه مرجع، با شانس پایین‌تر قرارگیری در طبقات بالاتر این متغیر همراه‌اند. با این حال، ضرایب مدل لاجیت ترتیبی بطور مستقیم میزان تغییر احتمال قرارگیری در هر یک از طبقات مدت زمان فعالیت‌ها را نشان نمی‌دهند. از این‌رو، برای تفسیر دقیق‌تر اندازه و جهت تغییر احتمال در هر طبقه، اثرات حاشیه‌ای محاسبه و در ادامه ارائه شده‌اند.

جدول ۱۰. برآورد ضرایب مدل لاجیت ترتیبی مدت زمان فعالیت‌ها در تور

متغیر	مقدار ضریب	خطای استاندارد	آماره t	سطح معنی‌داری
نوع فعالیت اجباری (مرجع: نگهداری)	۳/۷٤۰	۰/۳۹۰	۹/۵۷	۰/۰۰۱
نوع فعالیت اختیاری (مرجع: نگهداری)	۰/٦۸۹	۰/۳۰٤	۲/۲۷	۰/۰۲۳۳
دانشجو	-۰/۷٤۸	۰/۲۸۰	-۲/٦۷	۰/۰۰۱
کارمند	-۰/۷۳۳	۰/۲۸٤	-۲/۵۸	۰/۰۰۱
خانه‌دار و بازنشسته	-۰/۹۵٦	۰/۳۳۸	-۲/۸۳	۰/۰۰۱
دانش‌آموز	-۱/۵۵۰	۰/٦۳٤	-۲/٤٤	۰/۰۱٤٦
کارگر	-۰/۳۵۵	۰/۳۲۸	-۱/۰۸	۰/۲۷۹۰
تعداد فعالیت در تور	۰/۳۸٦	۰/۰۸۷	٤/٤۳	۰/۰۰۱
زمان شروع تور	-۰/۲٤٦	۰/۰۳۵٤	-٦/۹٦	۰/۰۰۱
آستانه اول (مرز بین ۱ و ۲)	-۳/۷۱۰	۰/۵۸۵	-٦/۳۵	۰/۰۰۱
آستانه دوم (مرز بین ۲ و ۳)	۲/٤٦۰	۰/۲۸٦	۸/٦۳	۰/۰۰۱
آستانه سوم (مرز بین ۳ و ٤)	۰/۷۹۰	۰/۱۵۹	٤/۹۷	۰/۰۰۱
آستانه چهارم (مرز بین ٤ و ۵)	۰/٦۷٤	۰/۱۳٦	٤/۹۵	۰/۰۰۱
آستانه پنجم (مرز بین ۵ و ٦)	۱/۰۰۰	۰/۱۲۵	۸/۰٦	۰/۰۰۱
آستانه ششم (مرز بین ٦ و ۷)	۱/۹۹۰	۰/۱٤۲	۱٤/۰۰	۰/۰۰۱
آستانه هفتم (مرز بین ۷ و ۸)	۱/٦٤۰	۰/۱۹۷	۸/۳۵	۰/۰۰۱

بر اساس ضرایب برآوردشده، فرم نهایی تابع مطلوبیت بصورت رابطه (۳) قابل بیان است.

$$U_{\text{Activity } duration} = 3.74 \times ActTyp(Mandatory) + 0.689 \times ActTyp(Discretionary) - 0.748 \times University - 0.733 \times Employee - 0.956 \times Retired\ and\ housewife - 1.55 \times School - 0.355 \times Worker + 0.386 \times NumAct - 0.246 \times TourStart \quad (۳)$$

که در آن:

$U_{\text{Activity } duration}$: مطلوبیت نهفته مدت زمان فعالیت در تور،

$ActTyp(Mandatory)$: فعالیت اجباری (۰: خیر، ۱: بله)،

$ActTyp(Discretionary)$: فعالیت اختیاری (۰: خیر، ۱: بله)،

$University$: دانشجو (۰: خیر، ۱: بله)،

$Employee$: کارمند (۰: خیر، ۱: بله)،

$Retired\ and\ housewife$: خانه‌دار و بازنشسته (۰: خیر، ۱: بله)،

$School$: دانش‌آموز (۰: خیر، ۱: بله)،

$Worker$: کارگر (۰: خیر، ۱: بله)،

$NumAct$: تعداد فعالیت در تور (۱: یک، ۲: دو، ۳: سه، ٤: چهار و بیشتر)،

$TourStart$: زمان شروع تور (۰ تا ۲٤ بر اساس ساعت روز).

آستانه‌های مدل بصورت τ_1=-۳/۷۱، τ_2=-۱/۲۵، τ_3=-۰/٤٦، τ_4=۰/۲۱٤، τ_5=۱/۲۱٤، τ_6=۳/۲۰٤، τ_7=٤/۸٤٤ محاسبه شده‌اند که تمامی آستانه‌ها از نظر آماری معنادار هستند و نشان‌دهنده تمایز مناسب بین سطوح مختلف متغیر وابسته می‌باشند.

با توجه به ماهیت ترتیبی متغیر وابسته، ضرایب مدل لاجیت ترتیبی به‌تنهایی میزان تغییر احتمال قرارگیری در هر یک از طبقات مدت زمان فعالیت‌ها در تور را نشان نمی‌دهند. از این‌رو، به منظور تفسیر دقیق‌تر اندازه و جهت رابطه متغیرهای توضیحی با احتمال قرارگیری در هر طبقه، اثرات حاشیه‌ای محاسبه شد. نتایج میانگین اثرات حاشیه‌ای در جدول ۱۱ ارائه شده است. مقادیر گزارش‌شده نشان‌دهنده تغییر در احتمال قرارگیری در هر طبقه در ارتباط با تغییر یک واحدی متغیرهای ترتیبی و پیوسته یا تغییر وضعیت متغیرهای طبقه‌ای، با ثابت بودن سایر متغیرهای مدل، هستند.

بر اساس نتایج، فعالیت اجباری در مقایسه با گروه مرجع (فعالیت نگهداری) با کاهش ۱۸/۵۷ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از ۲ ساعت و کاهش ۳۸/۰۷ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه ۲ تا ٤ ساعت همراه است.

در مقابل، این تغییر گروه با افزایش ۹/۰۲، ۳٤/۲، ۱٦/۲و ۵/۸٤ واحد درصدی احتمال قرارگیری به‌ترتیب در طبقات ۸ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱٤ و بیشتر از ۱٤ ساعت همراه است. بیشترین تغییر احتمال مربوط به طبقه ۲ تا ٤ ساعت و سپس طبقه ۱۰ تا ۱۲ ساعت است. این الگو با ضریب مثبت و معنادار فعالیت اجباری در مدل اصلی سازگار است. فعالیت اختیاری نیز در مقایسه با فعالیت نگهداری دارای اثرهای حاشیه‌ای منفی در طبقات کمتر از ۲ تا ۱۲ ساعت و اثرهای حاشیه‌ای مثبت در دو طبقه بالاتر است. بطور مشخص، این گروه با کاهش ۳/۷۲، ۱/۰۰، ۰/۳۵، ۰/۹۵، ۲/٦٤ و ۱/۱۳ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات کمتر از ۲، ۲ تا ٤، ٤ تا ٦، ٦ تا ۸، ۸ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۱۲ ساعت و با افزایش ۵/۷۵ و ٤/۰۳ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات ۱۲ تا ۱٤ و بیشتر از ۱٤ ساعت همراه است. با توجه به معناداری آماری ضریب این متغیر در مدل اصلی، این الگو را می‌توان به عنوان تفاوت آماری معنادار فعالیت اختیاری نسبت به فعالیت نگهداری در توزیع احتمال طبقات مدت زمان فعالیت گزارش کرد. همچنین، افزایش یک واحد در تعداد فعالیت در تور با کاهش ۱/۹۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از ۲ ساعت و کاهش احتمال قرارگیری در طبقات ۲ تا ٤، ٤ تا ٦، ٦ تا ۸، ۸ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۱۲ ساعت به‌ترتیب به میزان ۰/۹، ۰/۳، ۰/۵۹، ۱/٤۷و ۰/۰۳ واحد درصد همراه است.

جدول ۱۱. میانگین اثرات حاشیه‌ای متغیرهای مؤثر بر مدت زمان فعالیت‌ها در تور

متغیر	کمتر از ۲ ساعت	۲–٤ ساعت	٤–٦ ساعت	٦–۸ ساعت	۸–۱۰ ساعت	۱۰–۱۲ ساعت	۱۲–۱٤ ساعت	بیشتر از ۱٤ ساعت
نوع فعالیت اجباری	-۰/۱۸۵۷	-۰/۳۸۰۷	-۰/۰۷۷۹	-۰/۰۰۸۲	۰/۰۹۰۲	۰/۳٤۲۰	۰/۱٦۲۰	۰/۰۵۸٤
نوع فعالیت اختیاری	-۰/۰۳۷۲	-۰/۰۱۰۰	-۰/۰۰۳۵	-۰/۰۰۹۵	-۰/۰۲٦٤	-۰/۰۱۱۳	۰/۰۵۷۵	۰/۰٤۰۳
تعداد فعالیت در تور	-۰/۰۱۹۸	-۰/۰۰۹۰	-۰/۰۰۳۰	-۰/۰۰۵۹	-۰/۰۱٤۷	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۲٦	۰/۰۲۰۰
زمان شروع تور	۰/۰۱۳۸	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰٤۹	۰/۰۰۹۷	-۰/۰۰٦۷	-۰/۰۱۹۸	-۰/۰۰۹۹
شغل کارمند	۰/۰٤۲٤	۰/۰۱٤۱	۰/۰۰۸۷	۰/۰۱٤۷	۰/۰۲۷۰	-۰/۰۲۰۹	-۰/۰۵٦۸	-۰/۰۲۹۲
شغل کارگر	۰/۰۲۰۰	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰٤۲	۰/۰۰۷۱	۰/۰۱۳۷	-۰/۰۰۹۹	-۰/۰۲۸۳	-۰/۰۱٤۲
شغل دانش‌آموز	۰/۰۹٦۹	۰/۰۳۷۱	۰/۰۳۳۲	۰/۰۳۸٤	۰/۰۳٦۸	-۰/۱۰۷۹	-۰/۰۹٦۱	-۰/۰۳۸۵
شغل دانشجو	۰/۰٤۳۲	۰/۰۱٤۱	۰/۰۰۹٦	۰/۰۱۵۵	۰/۰۲۷۸	-۰/۰۲۲۰	-۰/۰۵۸۵	-۰/۰۲۹۷
شغل خانه‌دار و بازنشسته	۰/۰۵۲۰	۰/۰۲۹۱	۰/۰۱۵۷	۰/۰۲۱۱	۰/۰۳۱٤	-۰/۰٤۸٤	-۰/۰٦۹۹	-۰/۰۳۱۰

در مقابل، افزایش یک واحد در تعداد فعالیت در تور با افزایش ۳/۲۶ و ۲/۰۰ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات ۱۲ تا ۱۴ و بیشتر از ۱۴ ساعت همراه است. بنابراین، بیشترین تغییر احتمال در این متغیر مربوط به طبقه ۱۲ تا ۱۴ ساعت است که با ضریب مثبت و معنادار تعداد فعالیت در تور در مدل اصلی سازگار است. در مورد زمان شروع تور، افزایش یک واحد در زمان شروع تور با افزایش ۱/۳۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از ۲ ساعت و کاهش ۰/۶۷، ۱/۹۸و ۰/۹۹ واحد درصدی احتمال قرارگیری به‌ترتیب در طبقات ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱۴ و بیشتر از ۱۴ ساعت همراه است. همچنین، اثرهای حاشیه‌ای این متغیر در طبقات ۲ تا ۴، ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ ساعت به‌ترتیب برابر با ۰/۵۱، ۰/۲۸، ۰/۴۹ و ۰/۹۷ واحد درصد افزایش در احتمال قرارگیری هستند. با توجه به ضریب منفی و معنادار زمان شروع تور در مدل اصلی، الگوی کلی اثرهای حاشیه‌ای با ارتباط منفی این متغیر با قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها سازگار است. در خصوص وضعیت شغلی، با توجه به اینکه «صاحبان کسب‌وکار» گروه مرجع مدل هستند، دانشجویان، کارمندان، خانه‌داران و بازنشستگان و دانش‌آموزان، که ضرایب آن‌ها در مدل اصلی از نظر آماری معنادار بودند، عمدتاً با کاهش احتمال قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها و افزایش احتمال قرارگیری در طبقات پایین‌تر همراه هستند. برای مثال، در گروه دانش‌آموزان، مقایسه با گروه مرجع با افزایش ۹/۶۹ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از ۲ ساعت و کاهش ۱۰/۷۹، ۹/۶۱ و ۳/۸۵ واحد درصدی احتمال قرارگیری به‌ترتیب در طبقات ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱۴ و بیشتر از ۱۴ ساعت همراه است. همچنین، اثرهای حاشیه‌ای این گروه در طبقات ۲ تا ۴، ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ ساعت به‌ترتیب برابر با افزایش ۳/۷۱، ۳/۳۲، ۳/۸۴ و ۳/۶۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری است. این الگو با ضریب منفی و معنادار دانش‌آموزان در مدل اصلی سازگار است. برای کارمندان نیز، در مقایسه با صاحبان کسب‌وکار، احتمال قرارگیری در طبقات پایین‌تر عمدتاً افزایش و احتمال قرارگیری در طبقات بالاتر کاهش می‌یابد؛ به عنوان مثال، اثر حاشیه‌ای این گروه در طبقه کمتر از ۲ ساعت برابر با ۴/۲۴ واحد درصد افزایش و در طبقات ۱۲ تا ۱۴ و بیشتر از ۱۴ ساعت به‌ترتیب برابر با ۵/۶۸ و ۲/۹۲ واحد درصد کاهش است. الگوی مشابهی برای دانشجویان و خانه‌داران و بازنشستگان مشاهده می‌شود که با ضرایب منفی و معنادار این گروه‌ها در مدل اصلی سازگار است. در مقابل، اگرچه اثرهای حاشیه‌ای مربوط به گروه کارگران در برخی طبقات مثبت و در برخی طبقات منفی هستند، ضریب این گروه در مدل اصلی از نظر آماری معنادار نیست (β=-۰/۳۵۵، p=۰/۲۷۹). بنابراین، شواهد آماری کافی برای وجود تفاوت معنادار بین کارگران و گروه مرجع (صاحبان کسب‌وکار) وجود ندارد و اثرهای حاشیه‌ای این گروه صرفاً به عنوان برآوردهای مدل گزارش می‌شوند و مبنای استنباط یک رابطه معنادار قرار نمی‌گیرند. در مجموع، اثرهای حاشیه‌ای نشان می‌دهند که متغیرهای معنادار مدل با الگوهای متفاوتی از توزیع احتمال میان طبقات مدت زمان فعالیت‌ها در تور همراه هستند. در میان متغیرهای مورد بررسی، فعالیت اجباری بیشترین تغییرات احتمال را در برخی طبقات ایجاد می‌کند؛ بویژه این متغیر با کاهش ۳۸/۰۷ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه ۲ تا ۴ ساعت و افزایش ۳۴/۲ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه ۱۰ تا ۱۲ ساعت همراه است. این نتایج، در مقایسه با ضرایب خام مدل لاجیت ترتیبی، تصویر دقیق‌تری از اندازه و جهت تغییر احتمالات طبقات مختلف ارائه می‌کنند؛ با این حال، این روابط صرفاً بصورت آماری و ارتباطی تفسیر می‌شوند و نباید به عنوان شواهدی از رابطه علّی میان متغیرها تلقی شوند.

۵- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف شناسایی عوامل مرتبط با تعداد فعالیت‌ها در تور و مدت زمان فعالیت‌ها در تور در الگوی روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی انجام شد. در این راستا، با توجه به ماهیت ترتیبی متغیرهای وابسته، دو مدل لاجیت ترتیبی برآورد و علاوه بر ضرایب مدل، اثرات حاشیه‌ای نیز محاسبه شد تا علاوه بر جهت ارتباط متغیرهای توضیحی با سطوح بالاتر متغیر وابسته، اندازه تغییر در احتمال قرارگیری در هر طبقه نیز مشخص شود. نتایج آزمون خطوط موازی برای هر دو مدل نشان داد که فرض تناسب شانس‌ها رد نمی‌شود؛ بنابراین، استفاده از مدل لاجیت ترتیبی برای هر دو متغیر وابسته از نظر این پیش‌فرض آماری قابل دفاع است. همچنین، شاخص‌های چندهمخطی نشان دادند که همخطی مسئله‌ساز میان متغیرهای توضیحی وجود ندارد.

۵-۱-مدل تعداد فعالیت‌ها در تور

نتایج مدل نخست نشان داد که تحصیلات و مدت زمان تور ارتباط مثبت و معناداری با تعداد فعالیت‌ها در تور دارند، در حالیکه درآمد، اجباری بودن نوع فعالیت اصلی و زمان شروع تور دارای ارتباط

منفی و معنادار با قرارگیری در سطوح بالاتر تعداد فعالیت‌ها هستند. مقدار ضریب مدت زمان تور (β=۰/۳۰۱، p<۰/۰۰۱) در میان متغیرهای توضیحی مثبت و از نظر آماری معنادار بود و نشان داد که با افزایش سطح مدت زمان تور، شانس قرارگیری در طبقات بالاتر تعداد فعالیت‌ها افزایش می‌یابد. این یافته از نظر رفتاری قابل تبیین است؛ زیرا تورهای طولانی‌تر، محدودیت زمانی کمتری برای درج فعالیت‌های متعدد در یک زنجیره سفر ایجاد می‌کنند و در نتیجه، امکان ترکیب فعالیت‌های مختلف در یک تور افزایش می‌یابد. این رابطه در سطح اثرات حاشیه‌ای نیز بصورت مشخص مشاهده شد. افزایش یک واحد در طبقه مدت زمان تور، احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت را بطور متوسط ۵/۷۱ واحد درصد کاهش و احتمال قرارگیری در طبقه سه فعالیت را ۵/۰۱ واحد درصد افزایش داد. بنابراین، مهمترین جابجایی احتمالاتی ناشی از افزایش مدت زمان تور، انتقال احتمال از تورهای تک‌فعالیتی به تورهای دارای فعالیت‌های بیشتر است. این نتیجه با الگوی توصیفی داده‌ها نیز سازگار است؛ بگونه‌ای که سهم تورهای تک‌فعالیتی از ۹۲ درصد در تورهای کمتر از دو ساعت به ۵۸/۳ درصد در تورهای بیش از ۱٤ ساعت کاهش یافته است. از این منظر، مدت زمان تور را می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل ساختاری مرتبط با پیچیدگی زنجیره فعالیت–سفر در نمونه مورد مطالعه دانست. تحصیلات نیز دارای ضریب مثبت و معنادار بود (β=۰/۲۱۱، p=۰/۰۱۵). اثرات حاشیه‌ای نشان داد که افزایش یک واحد در سطح تحصیلات با کاهش ۳/۹۸ واحد درصدی احتمال تورهای تک‌فعالیتی و افزایش ۳/٤۹ واحد درصدی احتمال تورهای سه‌فعالیتی همراه است. این یافته می‌تواند بیانگر تفاوت در الگوی زمانی و تنوع فعالیت افراد با سطوح تحصیلی متفاوت باشد. افراد دارای تحصیلات بالاتر ممکن است به دلیل تنوع بیشتر در اهداف روزانه، مشارکت در فعالیت‌های شغلی، آموزشی و اجتماعی و همچنین توانایی بیشتر در ترکیب فعالیت‌ها، الگوی فعالیت–سفر متنوع‌تری داشته باشند. با این حال، این تفسیر باید به عنوان یک تبیین رفتاری احتمالی در نظر گرفته شود و نه یک رابطه علّی، زیرا طراحی مقطعی پژوهش امکان استنباط علی را فراهم نمی‌کند. در مقابل، درآمد دارای ارتباط منفی و معنادار با تعداد فعالیت‌ها بود (β=-۰/۱۰۵، p=۰/۰۱۱). افزایش یک واحد در سطح درآمد با افزایش ۱/۸۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و کاهش ۱/٦٦ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه سه فعالیت همراه بود. این نتیجه نشان می‌دهد که در نمونه مورد مطالعه، افزایش سطح درآمد لزوماً با افزایش پیچیدگی زنجیره فعالیت–سفر همراه نیست و حتی با کنترل سایر متغیرهای مدل، با احتمال بالاتر تورهای تک‌فعالیتی ارتباط دارد. این الگو می‌تواند با تفاوت در محدودیت‌های زمانی، شیوه سازمان‌دهی فعالیت‌های روزانه یا نحوه انجام فعالیت‌ها در گروه‌های درآمدی مختلف مرتبط باشد؛ با این حال، برای تعیین سازوکار دقیق این ارتباط، مطالعات آتی به متغیرهای رفتاری و زمانی تفصیلی‌تری نیاز دارند. همچنین، فعالیت اجباری در مقایسه با فعالیت نگهداری، ضریب منفی و معناداری داشت (β=-۱/۳٤، p=۰/۰۲). اثرات حاشیه‌ای نشان داد که تغییر از فعالیت نگهداری به فعالیت اجباری با افزایش ۳/٦٦ واحد درصدی احتمال تورهای تک‌فعالیتی و کاهش ۳/۲۳ واحد درصدی احتمال تورهای سه‌فعالیتی همراه است. این یافته می‌تواند نشان‌دهنده نقش محدودیت‌های زمانی و مکانی فعالیت‌های اجباری بویژه فعالیت‌های مرتبط با کار و تحصیل، در شکل‌دهی به زنجیره فعالیت‌ها باشد. فعالیت‌های اجباری معمولاً دارای زمان و مکان نسبتاً مشخص‌تری هستند و بنابراین ممکن است فرصت یا انعطاف کمتری برای ترکیب فعالیت‌های متعدد در یک تور فراهم کنند. زمان شروع تور نیز دارای ارتباط منفی و معنادار با تعداد فعالیت‌ها بود (β=-۰/۲۰۸، p<۰/۰۰۱). از نظر اثرات حاشیه‌ای، افزایش یک واحد در زمان شروع تور با افزایش ۱۲/۳٤ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه یک فعالیت و کاهش ۱۰/۹۲ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه سه فعالیت همراه بود. در میان متغیرهای مدل نخست، زمان شروع تور از نظر اندازه تغییر احتمال در طبقه یک فعالیت، یکی از برجسته‌ترین اثرها را نشان داد. این نتیجه حاکی از آن است که هرچه تور در ساعات دیرتری آغاز شود، فرصت زمانی باقی‌مانده برای گنجاندن فعالیت‌های متعدد در همان تور محدودتر می‌شود و احتمال شکل‌گیری تورهای پیچیده‌تر کاهش می‌یابد. بنابراین، یافته‌های مربوط به مدت زمان تور و زمان شروع تور، در کنار یکدیگر، نقش مهم پنجره زمانی در دسترس برای سازمان‌دهی فعالیت‌های روزانه را برجسته می‌کنند. در مورد فعالیت اختیاری، اگرچه ضریب مدل منفی بود، اما از نظر آماری معنادار نبود (β=-۰/۷٤۱، p=۰/۱۲۸). بنابراین، شواهد آماری کافی برای تفاوت فعالیت‌های اختیاری و نگهداری از نظر تعداد فعالیت‌ها در تور وجود ندارد و اثرات حاشیه‌ای این متغیر نباید به عنوان شواهدی از یک رابطه معنادار تفسیر شوند.

۵-۲-مدل مدت زمان فعالیت‌ها در تور

نتایج مدل دوم نشان داد که عوامل مؤثر بر مدت زمان فعالیت‌ها در تور تا حد زیادی با ساختار و پیچیدگی تور ارتباط دارند. مهم‌ترین یافته این مدل، ارتباط مثبت و معنادار فعالیت اجباری با مدت زمان فعالیت‌ها در تور بود (β=۳/۷٤، p<۰/۰۰۱). اثرات حاشیه‌ای نشان داد که در مقایسه با فعالیت نگهداری، فعالیت اجباری احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از دو ساعت را ۱۸/۵۷ واحد درصد و در طبقه دو تا چهار ساعت را ۳۸/۰۷ واحد درصد کاهش می‌دهد؛ در مقابل، احتمال قرارگیری در طبقات ۸ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱٤ و بیش از ۱٤ ساعت را به‌ترتیب ۹/۰۲، ۳٤/۲، ۱٦/۲و ۵/۸٤ واحد درصد افزایش می‌دهد. بنابراین، بیشترین جابجایی احتمالاتی در این متغیر مربوط به کاهش احتمال طبقه دو تا چهار ساعت و افزایش احتمال طبقه ۱۰ تا ۱۲ ساعت است. این الگو نشان می‌دهد که فعالیت‌های اجباری، بویژه فعالیت‌های مرتبط با کار و تحصیل، در مقایسه با فعالیت‌های نگهداری، بیشتر با تورهای طولانی‌تر همراه هستند. از منظر رفتاری، این امر می‌تواند ناشی از زمان نسبتاً ثابت فعالیت‌های اجباری، ضرورت حضور در مقصد و پیوند آن‌ها با رفت‌وآمدهای روزانه باشد. در مقابل، فعالیت‌های نگهداری و اختیاری معمولاً انعطاف زمانی بیشتری دارند و می‌توانند در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر انجام شوند. این یافته با الگوی توصیفی داده‌ها نیز همخوان است؛ بگونه‌ای که بخش قابل توجهی از فعالیت‌های اجباری در بازه ۱۰ تا ۱۲ ساعت متمرکز شده‌اند، در حالیکه فعالیت‌های اختیاری و نگهداری سهم بیشتری در تورهای کوتاه‌تر دارند. فعالیت اختیاری نیز در مقایسه با فعالیت نگهداری دارای ضریب مثبت و معنادار بود (β=۰/٦۸۹، p=۰/۰۲۳). اثرات حاشیه‌ای این متغیر نشان داد که تغییر از فعالیت نگهداری به فعالیت اختیاری، احتمال قرارگیری در طبقات پایین‌تر را عمدتاً کاهش و احتمال قرارگیری در طبقات ۱۲ تا ۱٤ و بیش از ۱٤ ساعت را به‌ترتیب ۵/۷۵ و ٤/۰۳ واحد درصد افزایش می‌دهد. بنابراین، اگرچه شدت این ارتباط نسبت به فعالیت اجباری کمتر است، فعالیت‌های اختیاری نیز در نمونه مورد مطالعه با احتمال بالاتر قرارگیری در طبقات طولانی‌تر مدت زمان فعالیت‌ها همراه بوده‌اند. یکی دیگر از یافته‌های مهم مدل دوم، ارتباط مثبت تعداد فعالیت‌ها در تور با مدت زمان فعالیت‌ها بود (β=۰/۳۸٦، p<۰/۰۰۱). افزایش یک واحد در تعداد فعالیت‌ها با کاهش ۱/۹۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از دو ساعت و افزایش ۳/۲٦ و ۲/۰۰ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات ۱۲ تا ۱٤ و بیش از ۱٤ ساعت همراه بود. این یافته نشان می‌دهد که پیچیده‌تر شدن زنجیره فعالیت‌ها با افزایش مدت زمانی که فرد درگیر فعالیت‌های مرتبط با تور است همراه می‌شود. از این منظر، نتایج دو مدل پژوهش یک رابطه ساختاری مهم را آشکار می‌کنند. مدت زمان بیشتر تور با تعداد فعالیت‌های بیشتر ارتباط دارد و تعداد فعالیت‌های بیشتر نیز با افزایش احتمال قرارگیری در سطوح بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها همراه است. بنابراین، تعداد فعالیت و مدت زمان تور را نمی‌توان کاملاً مستقل از یکدیگر در تبیین الگوی فعالیت–سفر روزانه در نظر گرفت. در مقابل، زمان شروع تور در مدل دوم دارای ضریب منفی و معنادار بود (β=-۰/۲٤٦، p<۰/۰۰۱). افزایش یک واحد در زمان شروع تور با افزایش ۱/۳۸ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از دو ساعت و کاهش احتمال قرارگیری در طبقات ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱٤ و بیش از ۱٤ ساعت به‌ترتیب به میزان ۰/٦۷، ۱/۹۸ و ۰/۹۹ واحد درصد همراه بود. این نتیجه با یافته مدل تعداد فعالیت‌ها سازگار است و نشان می‌دهد که شروع دیرتر تور، نه‌تنها با کاهش احتمال شکل‌گیری تورهای دارای فعالیت‌های متعدد، بلکه با کاهش احتمال قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها نیز همراه است. در نتیجه، زمان شروع تور را می‌توان یکی از متغیرهای زمانی مشترک و مهم در هر دو فرآیند مورد بررسی دانست.

ویژگی‌های شغلی نیز تفاوت‌های معناداری را در مدت زمان فعالیت‌ها نشان دادند. در مقایسه با صاحبان کسب‌وکار به عنوان گروه مرجع، ضرایب دانشجویان (β=-۰/۷٤۸، p<۰/۰۰۱)، کارمندان (β=-۰/۷۳۳، p<۰/۰۰۱)، خانه‌داران و بازنشستگان (β=-۰/۹۵٦، p<۰/۰۰۱) و دانش‌آموزان (β=-۱/۵۵، p<۰/۰۱۵) منفی و معنادار بودند. بنابراین، این گروه‌ها، با کنترل سایر متغیرهای مدل، شانس پایین‌تری برای قرارگیری در طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها در تور داشتند. در مقابل، ضریب کارگران منفی اما غیرمعنادار بود (β=-۰/۳۵۵، p<۰/۲۷۹)، ازاین‌رو، شواهد آماری کافی برای تفاوت این گروه با صاحبان کسب‌وکار وجود ندارد.

اثرات حاشیه‌ای نیز این تفاوت‌ها را به شکل ملموس‌تری نشان دادند. برای مثال، قرار گرفتن در گروه دانش‌آموزان، در مقایسه با صاحبان کسب‌وکار، با افزایش ۹/٦۹ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از دو ساعت و کاهش ۱۰/۷۹، ۹/٦۱ و ۳/۸۵ واحد درصدی احتمال قرارگیری در طبقات ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱٤ و بیش از ۱٤ ساعت همراه بود. برای کارمندان نیز احتمال قرارگیری در طبقه کمتر از دو ساعت ٤/۲٤ واحد درصد افزایش و

احتمال قرارگیری در طبقات ۱۲ تا ۱۴ و بیش از ۱۴ ساعت به‌ترتیب ۵/۶۸ و ۲/۹۲ واحد درصد کاهش یافت. این الگوها نشان می‌دهند که ساختار زمانی فعالیت–سفر در میان گروه‌های شغلی مختلف یکسان نیست و محدودیت‌ها و الزامات زمانی مرتبط با موقعیت شغلی می‌تواند با مدت زمان تور ارتباط داشته باشد.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که الگوی فعالیت–سفر روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی حاصل برهم‌کنش عوامل فردی، زمانی، ساختاری و نوع فعالیت است. در مدل تعداد فعالیت‌ها در تور، مدت زمان تور، تحصیلات، درآمد، فعالیت اجباری و زمان شروع تور عوامل معنادار بودند؛ در حالیکه در مدل مدت زمان فعالیت‌ها در تور، نوع فعالیت، تعداد فعالیت‌ها، زمان شروع تور و وضعیت شغلی نقش معناداری داشتند. در میان این عوامل، مدت زمان تور و زمان شروع تور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بودند، زیرا هر دو با تعداد فعالیت‌ها ارتباط داشتند و زمان شروع تور علاوه بر آن با مدت زمان فعالیت‌ها در تور نیز ارتباط معناداری نشان داد. مهم‌تر از آن، نتایج دو مدل شواهدی از ارتباط متقابل میان پیچیدگی تور و طول زمانی فعالیت–سفر فراهم می‌کند. تورهای طولانی‌تر با احتمال بیشتری از فعالیت‌های متعدد همراه بودند و افزایش تعداد فعالیت‌ها نیز با انتقال احتمال به سمت طبقات بالاتر مدت زمان فعالیت‌ها همراه شد. این الگو از دیدگاه فعالیت‌مبنا اهمیت دارد؛ زیرا نشان می‌دهد که تحلیل سفرهای منفرد بدون توجه به نحوه ترکیب فعالیت‌ها در قالب یک تور ممکن است بخشی از ساختار واقعی رفتار روزانه افراد را نادیده بگیرد.

یافته‌های پژوهش، در کلیت، با بخشی از شواهد موجود در ادبیات فعالیت– سفر همسو و قابل مقایسه است (Bastarianto et al., 2019; Schuhmacher et al., 2026; Hoang et al., 2022). با این حال، ارزش افزوده مطالعه حاضر صرفاً در تأیید جهت برخی روابط موجود در ادبیات نیست؛ بلکه در بررسی هم‌زمان دو پیامد ترتیبی مرتبط، یعنی تعداد فعالیت‌ها و مدت زمان فعالیت‌ها در سطح تور، و تفسیر نتایج بر اساس اثرات حاشیه‌ای قرار دارد. به‌ویژه، نقش هم‌زمان زمان شروع تور و مدت زمان تور در شکل‌دهی به تعداد فعالیت‌ها و همچنین ارتباط تعداد فعالیت‌ها با مدت زمان فعالیت‌ها، تصویری یکپارچه‌تر از سازمان‌دهی زمانی فعالیت‌های روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی ارائه می‌کند.

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ترکیبی از عوامل فردی (تحصیلات و درآمد)، عوامل زمانی– ساختاری (زمان شروع تور، مدت زمان تور، تعداد فعالیت‌ها) و عوامل مرتبط با نوع فعالیت (اجباری، اختیاری و نگهداری)، الگوی سفر روزانه کاربران حمل‌ونقل همگانی را تعیین می‌کنند. این نتایج، درک ما را از رفتار سفر در سطح تور ارتقاء می‌بخشد و نشان می‌دهد که مدل‌سازی فعالیت‌مبنا، رویکردی واقع‌گرایانه‌تر نسبت به مدل‌های سنتی سفرمبنا ارائه می‌دهد.

پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی

پژوهش حاضر، همانند هر مطالعه تجربی، با محدودیت‌هایی مواجه است که باید در تفسیر و تعمیم یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد.

–جامعه آماری محدود

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از شهر تهران جمع‌آوری شده است. از این‌رو، تعمیم یافته‌های حاصل به سایر شهرها، بویژه شهرهایی که از نظر ساختار فضایی، ویژگی‌های جمعیتی، دسترسی به حمل‌ونقل همگانی و فرهنگ سفر با تهران تفاوت دارند، باید با احتیاط انجام شود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با استفاده از داده‌های چندشهری، تفاوت‌های بین‌شهری در عوامل مؤثر بر تعداد تورها و ساختار فعالیت– سفر را بررسی کنند.

–عدم لحاظ تعاملات خانوار

تحلیل حاضر عمدتاً در سطح فردی انجام شده و تصمیمات مرتبط با فعالیت و سفر سایر اعضای خانوار بطور صریح در مدل‌سازی وارد نشده است. با توجه به ماهیت تعاملی تصمیمات فعالیت– سفر در خانوار، بویژه در زمینه فعالیت‌های اجباری و مسئولیت‌های خانوادگی، پژوهش‌های آتی می‌توانند با استفاده از مدل‌های سطح فرد–خانوار یا چارچوب‌های چندسطحی، اثر متقابل تصمیمات اعضای خانوار را مورد بررسی قرار دهند.

–مقطعی بودن داده‌ها

داده‌های مورد استفاده، تغییرات بلندمدت رفتار سفر و فعالیت افراد را بصورت صریح پوشش نمی‌دهد. در نتیجه، تغییرات احتمالی ناشی از تفاوت روزهای هفته، فصل‌های سال و تغییر شرایط اقتصادی و اجتماعی ممکن است در نتایج منعکس نشده باشد. استفاده از داده‌های طولی یا پانلی در مطالعات آتی می‌تواند امکان بررسی تغییرات رفتار فعالیت– سفر در طول زمان و کنترل ناهمگنی مشاهده‌نشده افراد را فراهم کند.

–احتمال درون‌زایی و محدودیت در استنباط علّی

یکی از محدودیت‌های مهم پژوهش، احتمال وجود رابطه دوسویه میان برخی متغیرهای مرتبط با ساختار تور است. برای مثال، مدت زمان تور که از زمان خروج فرد از مبدأ تا بازگشت وی به مبدأ

(خانه) اندازه‌گیری شده است، می‌تواند با تعداد فعالیت‌های انجام‌شده در تور ارتباط متقابل داشته باشد؛ به این معنا که از یک سو، انجام فعالیت‌های بیشتر می‌تواند با افزایش مدت تور همراه باشد و از سوی دیگر، تورهای طولانی‌تر ممکن است امکان انجام فعالیت‌های بیشتری را فراهم کنند. بنابراین، ضرایب برآوردشده در این مطالعه باید به عنوان روابط آماری شرطی تفسیر شوند و نه شواهد قطعی از اثرات علّی. برای رفع این محدودیت، پژوهش‌های آتی می‌توانند از متغیرهای ابزاری معتبر، مدل‌های معادلات همزمان، یا چارچوب‌های مدل‌سازی مشترک استفاده کنند تا رابطه متقابل میان مدت تور، تعداد فعالیت‌ها و سایر ابعاد رفتار فعالیت–سفر بصورت صریح‌تری بررسی شود.

-محدودیت ناشی از ماهیت ترتیبی متغیرهای وابسته

اگرچه استفاده از مدل لاجیت ترتیبی امکان بهره‌گیری از ماهیت ترتیبی متغیر وابسته را فراهم کرد، تفسیر ضرایب این مدل به‌تنهایی بیانگر میزان تغییر احتمال هر طبقه نیست. ازاین‌رو، در این پژوهش علاوه بر ضرایب مدل، از اثرات حاشیه‌ای برای بررسی تغییر احتمال قرارگیری در طبقات مختلف استفاده شد. با وجود این، پژوهش‌های آتی می‌توانند با استفاده از مشخصات مدل‌های انعطاف‌پذیرتر، از جمله مدل‌های لاجیت ترتیبی تعمیم‌یافته در صورت نقض فرض خطوط موازی، یا سایر مدل‌های ترتیبی مناسب، ناهمگنی احتمالی اثر متغیرها در طبقات مختلف را نیز بررسی کنند.

٦-مراجع

-Abebe, T. K., Juremalani, J., Yehualaw, M. D., Minalu, Y., Afework, A., & Sil, G.(2025). Modelling the Influence of Departure Time on Trip Duration and Mode Choice: *An Activity-Based Model and Machine Learning Approach. Preprints.org.* **doi.org/10.20944/preprints202509.2526.v1**.

-Delhoum, Y., Belaroussi, R., Dupin, F., & Zargayouna, M. (2020). Activity-based demand modeling for a future urban district. *Sustainability,* 12(14), 5821. **doi.org/10.3390/su12145821**.

-Edries, B., Cahill, V., & Caulfield, B. (2025). Activity-based travel demand model: Unveiling the dynamics of modern travel behavior in Dublin. In Transport transitions: Advancing sustainable and inclusive mobility, *Springer.* 24-29. **doi.org/10.1007/978-3-031-89444-2_4**.

-Hassan, M. M., et al. (2023). A comparative assessment of machine learning algorithms with the Least Absolute Shrinkage and Selection Operator for breast cancer detection and prediction. *Decision Analytics Journal,* 7, 100245. **doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100245**.

-Ivanovic, S. S., & Balac, M. (2025). Who travels more and longer in Switzerland? Insights into mode choice, daily travel time, and trip frequency from GPS-based data. *Transportation.* **doi.org/10.1007/s11116-025-10578-w**

-Katsaitis, D., Rizopoulos, D., & Gkiotsalitis, K. (2025). A Cox Model-Based Workflow for Increased Accuracy in Activity-Travel Patterns Generation. *Applied Sciences,* 15(11), 6237. **doi.org/10.3390/app15116237**.

-Khan, A. A., Chaudhari, O., & Chandra, R. (2024). A review of ensemble learning and data augmentation models for class imbalanced problems: Combination, implementation and evaluation. *Expert Systems with Applications,* 244, 122778. **doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122778**.

-Kita, H., Komoda, S., & Ozaki, R. (2024). A quantified planning method of local public transport services for expanding residents' activity opportunities. *Transport Policy,* 159, 284–296. **doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.06.022**

-Lee, S., Ko, E., Jang, K., & Kim, S. (2023). Understanding individual-level travel behavior changes due to COVID-19: trip frequency, trip regularity, and trip distance. *Cities,* 135, 104223. **doi.org/10.1016/j.cities.2023.104223**

-Li, W., Guan, H., Han, Y., Zhu, H., & Zhao, P. (2021). Exploring resident's daily activity-travel behavior: Activity pattern, duration and competition. *KSCE Journal of Civil Engineering,* *25*(8), 3121–3135. **doi.org/10.1007/s12205-021-2013-6**

-Nguyen, N. A., Schweizer, J., & Rupi, F. (2025). Large-scale activity-based demand generation modeling: A literature review and exploration of potential approaches. *Transportation Engineering,* 20, 100329. **doi.org/10.1016/j.treng.2025.100329**

-Tanimoto, K., & Kita, H. (2006). Critical analysis on rural transportation planning based on needs of daily life activities. *Infrastructure Planning Review,* *23*, 599-607. **doi.org/10.2208/journalip.23.599**

-Wang, D., & Cheng, T. (2001). A spatio-temporal data model for activity-based transport demand modelling. *International Journal of Geographical Information Science,* 15(6), 561–585. **doi.org/10.1080/13658810110046934**

-Zhou, Y., Fu, X., Tang, T., Vo, K. D., & Hato, E. (2025). Assessing resilience of transit networks: An activity-based space-time accessibility analysis. *Sustainable Cities and Society,* *130*, 106676. **doi.org/10.1016/j.scs.2025.106676**

Modeling Activity Numbers and Activities Duration in Tours of Public Transportation Users

Esmaeil Naderbeigi, Department of Civil Engineering, Ki.C., Islamic Azad University, Kish, Iran.
***Seyed Ebrahim Abdolmanafi**, Department of Civil Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Homan Rahimi, Department of Civil Engineering, ShQ.C., Islamic Azad University, Shahr-e-Qods, Iran.

E-mail: abdolmanafi@srbiau.ac.ir

Received: May 2026- Accepted: November 2026

ABSTRACT
Nowadays, activity-based modeling has attracted considerable attention compared with traditional four-step models due to its numerous advantages. Given the importance of public transportation, applying an activity-based approach to public transportation users to accurately examine their behavior has gained particular significance. The present study aims to apply the activity-based approach to public transportation users. Accordingly, selected activity-based sub-models, including the number of activities per tour and the duration of activities within the tour, were examined in the daily activity pattern of public transportation users. Data were collected through a field survey of 500 public transportation users in Tehran. An ordered logit model, with a McFadden pseudo-R^2 of 0.362, was used to model the number of activities per tour, while another ordered logit model, with a McFadden pseudo-R^2 of 0.572, was employed to model activity duration within the tour. Results showed that tour duration (0.301), education (0.211), mandatory activity type (-1.34), and tour start time (-0.208) significantly affected the number of activities within the tour. Furthermore, mandatory activity type (3.74), the number of activities per tour (0.386), discretionary activity type (0.689), and tour start time (-0.246) significantly affected activity duration within the tour. Marginal effects analysis showed that tour duration, with a coefficient of 0.05, had the greatest effect on increasing the probability of undertaking three activities within a tour. In contrast, tour start time, with a coefficient of 0.123, had the greatest effect on increasing the probability of undertaking one activity within a tour. Moreover, mandatory activities, with a coefficient of 0.342, had the greatest effect on increasing the probability of activity durations of 10 to 12 hours. The findings demonstrate that individual, occupational, and temporal variables play a determining role in the daily activity-travel pattern of public transportation users and can assist urban planners in developing more effective policies.

Keywords: Activity-based Modeling, Numbers of Activities within Tour, Activities Duration, Public Transportation, Ordered Logit Model