

تحلیل اثر همه‌گیری کووید-۱۹ بر رفتار سفر شهروندان در محدوده طرح ترافیک تهران با استفاده از رگرسیون لجستیک

مقاله علمی-پژوهشی

لاله صابر نژاد، دانشجوی دکتری، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*علی نادران (نویسنده مسئول)، استادیار، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

شهریار افندی‌زاده، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: naderan@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۹ - پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۵

صفحه ۸۰-۶۷

چکیده

همه‌گیری کووید-۱۹ با تغییر در الگوهای فعالیت، نگرانی‌های بهداشتی و نحوه استفاده از شیوه‌های حمل‌ونقل، رفتار سفر شهروندان در کلان‌شهرها را تحت تأثیر قرار داد. این پژوهش با هدف تحلیل اثر همه‌گیری کووید-۱۹ بر رفتار سفر شهروندان در محدوده طرح ترافیک تهران و شناسایی عوامل مؤثر بر تداوم یا تغییر سفر در صورت اجرای مجدد طرح انجام شده است. داده‌های پژوهش از طریق پرسشنامه ساختاریافته گردآوری شد و متغیرهایی مانند هدف از ورود به محدوده، شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح، تعداد دفعات ورود، وضعیت پارکینگ در مقصد، ساعت ورود به محدوده و تصمیم یا سخ‌دهندگان در صورت اجرای مجدد طرح ترافیک مورد بررسی قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها و برآورد احتمال انجام سفر بدون تغییر، از مدل رگرسیون لجستیک باینری استفاده شد. نتایج نشان داد که سفرهای شغلی، اداری و درمانی، ورود پرتکرار به محدوده، استفاده از خودروی شخصی، دسترسی به پارکینگ اختصاصی یا عمومی در مقصد و ورود در بازه ۸ تا ۱۰ صبح، اثر مثبت و معناداری بر احتمال تداوم سفر بدون تغییر دارند. مقدار $Nagelkerke R^2$ برابر با ۰.۳۱۸ و سطح زیر منحنی ROC برابر با ۰.۸۲، نشان داد که مدل از قدرت توضیح‌دهندگی و توان تفکیک قابل قبولی برخوردار است. یافته‌ها بیانگر آن است که تصمیم سفر شهروندان بیش از آنکه تابع ویژگی‌های عمومی افراد باشد، تحت تأثیر ضرورت سفر، وابستگی به خودروی شخصی، تکرار ورود و شرایط مکانی مقصد قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: کووید-۱۹، رفتار سفر، طرح ترافیک تهران، رگرسیون لجستیک، مدیریت تقاضای سفر

۱- مقدمه

تصمیم آنان در مواجهه با اجرای مجدد طرح ترافیک، می‌تواند شناخت دقیق‌تری از میزان انعطاف‌پذیری یا تداوم سفرهای شهری ارائه دهد. این موضوع برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری اهمیت دارد؛ زیرا نتایج آن می‌تواند در طراحی سیاست‌های مؤثرتر برای مدیریت حمل‌ونقل، کنترل تقاضای سفر و کاهش تراکم ترافیکی در شرایط بحرانی و پسابحرانی مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، هدف این مطالعه تحلیل و شناسایی عوامل مؤثر بر رفتار سفر شهروندان در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ در محدوده طرح ترافیک تهران است. اگرچه مطالعات متعددی به بررسی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹

همه‌گیری کووید-۱۹ تغییرات چشمگیری در زندگی روزمره شهروندان و الگوهای حمل‌ونقل شهری ایجاد کرده است. محدودیت‌های رفت‌وآمد، نگرانی‌های بهداشتی، تغییر در الگوهای فعالیت روزانه و کاهش تمایل به استفاده از برخی شیوه‌های حمل‌ونقل باعث شد رفتار سفر شهروندان در کلان‌شهرها دستخوش تغییر شود. در تهران، محدوده طرح ترافیک یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت تقاضای سفر و کنترل ورود خودروها به بخش مرکزی شهر محسوب می‌شود و نقش مهمی در سامان‌دهی جریان تردد و کاهش ازدحام ترافیکی دارد. بررسی نحوه واکنش شهروندان به شرایط ناشی از همه‌گیری و

در این پژوهش، مطالعات کشورهای مختلف درباره اپیدمی‌های ویروسی و نقش حمل‌ونقل در انتشار بیماری‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. چارچوب اقدامات کنونی انگلیس برای مقابله با اپیدمی‌هایی مانند آنفلوانزا تأکید می‌کند که سفرهای داخلی باید به شکل عادی ادامه داشته باشند، اما افراد باید اقدامات بهداشتی را رعایت کرده، از تردد غیرضروری که باعث ازدحام می‌شود خودداری کنند و در صورت مشاهده علائم بیماری در خانه بمانند (Du et al., 2020). این توصیه‌ها نشان‌دهنده نیاز به حفظ روند تجارت و عملکرد تقریباً عادی در جامعه است؛ با این حال، برخی داده‌ها نقش وسایل حمل‌ونقل همگانی، به‌ویژه خطوط هوایی، را در انتشار عوامل ویروسی نشان می‌دهند (Shen, 2020).

اطلاعات درباره نقش حمل‌ونقل زمینی در ابتلا و انتشار بیماری‌های واگیردار تنفسی محدود و نامشخص است. برخی مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از وسایل حمل‌ونقل همگانی ارتباط معنی‌داری با ابتلا به آنفلوانزای فصلی ندارد، هرچند استفاده از این وسایل پیش از شروع بیماری مورد بررسی قرار نگرفته است (Yamagishi et al., 2020). همچنین، بررسی‌های گذشته در زمان شیوع آنفلوانزای نوع A و H1N1 در سال ۲۰۰۹ میان کودکان مدرسه‌ای نشان داد که حتی حضور ۶۰ دقیقه‌ای در اتوبوس مدرسه باعث گسترش ویروس نشد، اما تماس‌های مکرر می‌تواند باعث افزایش آنتی‌بادی محافظتی شود (Assessment, 2019).

با شیوع کووید-۱۹، انتخاب مدهای حمل‌ونقلی شهروندان تغییر قابل توجهی یافت. داده‌های پرسشنامه‌ای از ۱۵۰ بیمار مبتلا در بیمارستان مسیح دانشوری تهران نشان داد که مردان به دلیل فعالیت بیشتر خارج از خانه، بیشتر در معرض ابتلا هستند. همچنین، افرادی که از وسایل حمل‌ونقل همگانی استفاده کرده‌اند، با وجود سلامت نسبی، به ویروس مبتلا شده‌اند. افزون بر این، سن بالاتر و درآمد پایین‌تر با افزایش احتمال ابتلا همراه بوده است (عبدالمنافی و همکاران، ۱۴۰۲).

ویروس کرونا در اواخر سال ۲۰۱۹ در ووهان چین ظاهر شد و به سرعت در سطح چین و سایر کشورها گسترش یافت. سازمان بهداشت جهانی در ۳۰ ژانویه ۲۰۲۰، انتشار ویروس را یک خطر جهانی اعلام کرد. با افزایش تعداد مبتلایان و مرگ‌ومیر، شرایطی مشابه اپیدمی سارس در سال ۲۰۰۳ ایجاد شد و نگرانی جهانی

بر تقاضای سفر و استفاده از مدهای مختلف حمل‌ونقل پرداخته‌اند، بیشتر این پژوهش‌ها بر تغییرات کلی جابه‌جایی در سطح شهر تمرکز داشته و به رفتار سفر شهروندان در محدوده‌های دارای محدودیت ترافیکی توجه کمی کرده‌اند. در شهری مانند تهران که طرح ترافیک نقش مهمی در مدیریت تقاضای سفر و کنترل ازدحام دارند، درک نحوه واکنش شهروندان به حذف یا تغییر موقت این محدودیت‌ها در دوران همه‌گیری، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای سیاست‌گذاری‌های آینده فراهم کند. نوآوری این پژوهش در بررسی هم‌زمان تغییرات شیوه سفر، زمان سفر و تصمیمات سفر شهروندان در محدوده‌های دارای محدودیت ترافیکی در شرایط همه‌گیری کووید-۱۹ است. همچنین، با استفاده از داده‌های مبتنی بر پرسشنامه، امکان تحلیل رفتار واقعی افراد و تصمیمات اتخاذشده در مواجهه با تغییر شرایط ترافیکی و بهداشتی فراهم شده است.

بر این اساس، دو سؤال اصلی پژوهش مطرح می‌شود:

- همه‌گیری کووید-۱۹ چه تأثیری بر رفتار سفر شهروندان در محدوده طرح ترافیک داشته است؟
- شهروندان در مواجهه با تغییر شرایط ناشی از همه‌گیری، چه تغییراتی در انتخاب شیوه سفر، زمان سفر و انجام یا عدم انجام سفرهای خود ایجاد کرده‌اند؟

۲- پیشینه تحقیق

در دسامبر ۲۰۱۹، یک ویروس کرونای جدید به نام کووید-۱۹ در ووهان چین شناسایی شد (Commission, 2020). در ۳۰ ژانویه ۲۰۲۰، سازمان بهداشت جهانی شیوع این بیماری را به عنوان وضعیت اضطراری بهداشت عمومی با نگرانی بین‌المللی اعلام کرد (World Health Organization, 2020). تا ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰، ۱۹۲ مورد مرگ‌ومیر و ۳۲۱۵ مورد تأییدشده آزمایشگاهی در ووهان گزارش شد و ۸۵۷۶ مورد دیگر در بیش از ۳۰۰ شهر چین و ۱۲۷ مورد صادراتی در ۲۳ کشور/منطقه در آسیا، اروپا، اقیانوسیه و آمریکای شمالی ثبت شد. گسترش سریع جهانی، افزایش تلفات، مخزن حیوانی ناشناخته و شواهد انتقال فرد به فرد، شرایطی مشابه با اپیدمی سارس در سال ۲۰۰۳ ایجاد کرد و نگرانی‌های جهانی را به دنبال داشت (Guan et al., 2020).

$$\ln\left(\frac{1-P}{P}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (1)$$

که در آن، P احتمال وقوع رویداد مورد نظر است، β_0 ثابت مدل است و $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ضرایب متغیرهای مستقل $X_1, X_2, \dots, X_k$ و X_k هستند (Wright, 1995).

در این پژوهش، از مدل رگرسیون لجستیک به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر تصمیمات سفر شهروندان در محدوده طرح ترافیک تهران در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ استفاده شده است. متغیر وابسته مدل، تصمیم افراد در خصوص انجام یا عدم انجام سفر در زمان اجرای طرح ترافیک بوده و متغیرهای مستقلی نظیر سن، جنسیت، شغل، هدف سفر، شیوه سفر، دفعات انجام سفر، وضعیت پارکینگ مقصد و زمان ورود به محدوده به‌عنوان عوامل توضیحی در مدل وارد شده‌اند. رگرسیون لجستیک این امکان را فراهم می‌کند تا اثر هر یک از این متغیرها بر احتمال انجام سفر یا تغییر رفتار سفر شهروندان مورد ارزیابی قرار گیرد و میزان تأثیرگذاری هر عامل به‌صورت کمی تعیین شود. نتایج این مدل می‌تواند در شناخت الگوهای رفتاری شهروندان و تدوین سیاست‌های مؤثر برای مدیریت تقاضای سفر در شرایط بحرانی و محدودیت‌های ترافیکی مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۱- جمع‌آوری داده

داده‌های این پژوهش از طریق یک پرسشنامه ساختاریافته جمع‌آوری شد. جامعه آماری شامل شهروندانی بود که در دوره عدم اجرای طرح ترافیک همزمان با شیوع همه‌گیری کووید-۱۹، به این محدوده‌ها سفر کرده بودند. پرسشنامه به‌صورت مصاحبه و تکمیل مستقیم توسط پاسخ‌دهندگان اجرا شد و اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فردی و الگوهای سفر آن‌ها ثبت گردید. پرسشنامه شامل دو بخش اصلی بود. بخش اول به مشخصات فردی پاسخ‌دهندگان اختصاص داشت و متغیرهایی نظیر جنسیت، سن، شغل، محل سکونت، تعداد اعضای خانوار و تعداد خودروهای شخصی خانوار را دربر می‌گرفت. بخش دوم به ویژگی‌های سفر مربوط می‌شد و اطلاعاتی مانند هدف سفر، شیوه سفر، دفعات انجام سفر، وضعیت پارکینگ مقصد، زمان ورود به محدوده و تصمیم افراد در شرایط اجرای مجدد محدودیت‌های ترافیکی را جمع‌آوری می‌کرد. برای بررسی تغییرات رفتار سفر، از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تصمیم خود را در شرایط اجرای مجدد طرح ترافیک اعلام کنند. گزینه‌های

را به دنبال داشت. در ۲۲ ژانویه ۲۰۲۰، ووهان قرنطینه شد و طی یک هفته، ۱۶ شهر دیگر نیز تحت قرنطینه قرار گرفتند.

با توجه به فستیوال بهار چین و سفر میلیون‌ها نفر، احتمال انتقال ویروس توسط افراد ناقل پیش از قرنطینه بالا بود. مدل‌های اپیدمیولوژیک و داده‌های سفر هوایی، ریلی و زمینی نشان دادند که بیش از ۵۰ درصد موارد واردشده به ۱۳۰ شهر پیش از قرنطینه، مربوط به افراد ناقل بوده‌اند و سفرهای زمینی و ریلی، ویروس را به مناطق دورتر منتقل کرده‌اند (Shen, 2020; Bai et al., 2020).

در این مطالعه، تمرکز بر تحلیل رفتار سفر شهروندان تهران در محدوده طرح ترافیک پس از همه‌گیری کووید-۱۹ است. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً به تغییرات کلی سفر یا ریسک ابتلا به ویروس پرداخته‌اند، این پژوهش تصمیمات واقعی افراد در مواجهه با اجرای مجدد طرح ترافیک را بررسی می‌کند. با استفاده از پرسشنامه‌ای که اطلاعات جمعیت‌شناختی، هدف سفر، شیوه سفر، ساعت ورود و دفعات سفر را ثبت کرده است، رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی احتمال انجام سفر، تغییر وسیله یا زمان سفر به کار گرفته شد. این روش امکان تحلیل اثر متغیرهای فردی و رفتاری بر تصمیمات سفر در شرایط محدودیت ترافیکی را فراهم می‌کند و به سیاست‌گذاران شهری بینشی دقیق برای مدیریت ترافیک و کاهش ازدحام در شرایط بحرانی ارائه می‌دهد.

۳-۲ روش شناسی

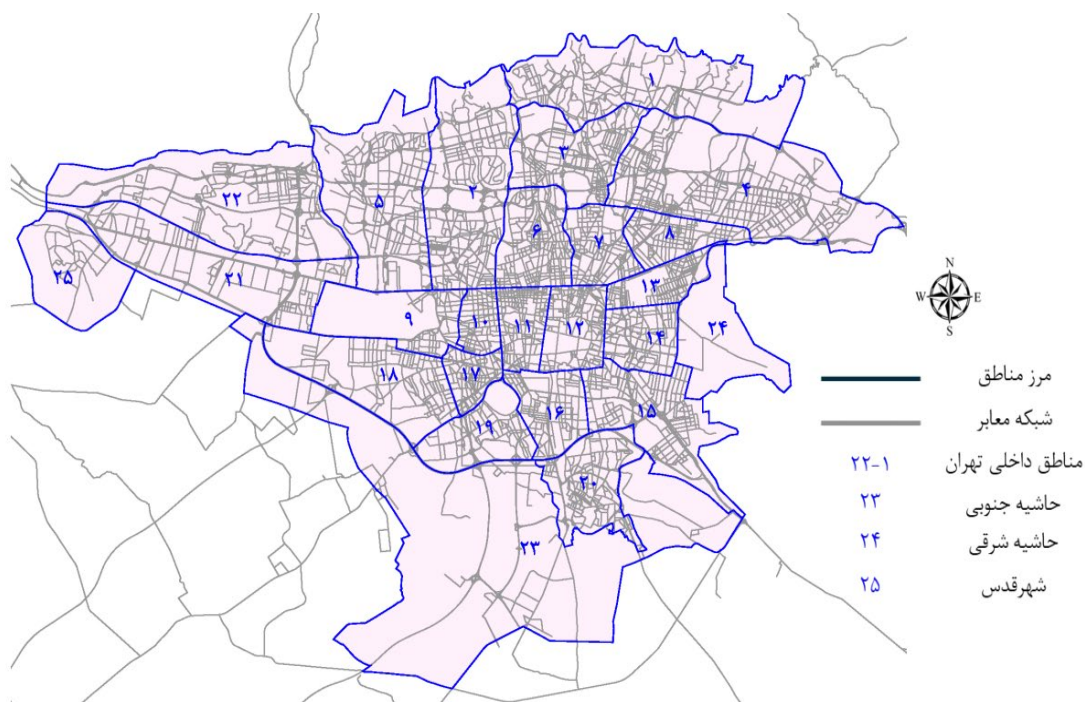
رگرسیون لجستیک یک مدل آماری است که برای پیش‌بینی احتمال وقوع یک رویداد بر اساس یک یا چند متغیر مستقل استفاده می‌شود. این مدل به‌ویژه در مسائلی کاربرد دارد که نیاز به طبقه‌بندی یا پیش‌بینی احتمال وقوع یک رویداد خاص وجود دارد، جایی که متغیر وابسته به صورت یک متغیر دودویی (مانند بله/خیر، موفقیت/شکست) تعریف شده است. رگرسیون لجستیک معمولاً در تحقیقات اجتماعی، اقتصادی و علوم انسانی کاربرد فراوانی دارد. این مدل، رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته دودویی را از طریق تابع لجستیک مدل‌سازی می‌کند. فرم کلی مدل در رابطه (۱) نشان داده شده است.

پاسخ شامل انجام سفر بدون تغییر، عدم انجام سفر، تغییر شیوه سفر، تغییر زمان سفر، انتقال سفر از ساعات اوج به ساعات غیر اوج و تغییر مقصد سفر بود. این اطلاعات امکان تحلیل واکنش شهروندان نسبت به محدودیت‌های ترافیکی و بررسی عوامل مؤثر بر تصمیمات سفر در شرایط همه‌گیری را فراهم کرد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، پرسشنامه‌ها کدگذاری و در قالب یک پایگاه داده الکترونیکی سازمان‌دهی شدند. در ادامه، داده‌های آماده‌سازی شده برای تحلیل آماری و توسعه مدل رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار گرفتند.

۴- مطالعه موردی

شهر تهران به‌عنوان پایتخت ایران و بزرگ‌ترین مرکز سیاسی، اقتصادی و اداری کشور، یکی از مهم‌ترین کلان‌شهرهای خاورمیانه محسوب می‌شود. جمعیت شهر تهران در سال‌های اخیر به حدود ۹/۸ میلیون نفر رسیده است و منطقه کلان‌شهری آن بیش از ۱۴ میلیون نفر جمعیت را دربر می‌گیرد. این تمرکز بالای جمعیت، همراه با توسعه گسترده فعالیت‌های اقتصادی و

خدماتی، موجب شکل‌گیری حجم قابل توجهی از سفرهای روزانه در سطح شهر شده است. تهران طی دهه‌های اخیر با چالش‌های متعددی از جمله تراکم ترافیکی و افزایش تقاضای سفر مواجه بوده است. به همین دلیل، سیاست‌هایی نظیر طرح ترافیک به‌منظور مدیریت تقاضای سفر، کاهش ازدحام و کنترل آلایندگی‌های ناشی از حمل‌ونقل در بخش مرکزی شهر اجرا شده‌اند. این محدوددها بخش قابل توجهی از سفرهای کاری، اداری، تجاری و خدماتی شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هم‌زمان با شیوع همه‌گیری کووید-۱۹، برخی از سیاست‌های مدیریت ترافیک شهری دستخوش تغییر شد و الگوهای سفر شهروندان نیز تحت تأثیر محدودیت‌های بهداشتی و نگرانی‌های ناشی از بیماری قرار گرفت. این شرایط فرصت مناسبی را برای بررسی تغییرات رفتار سفر شهروندان در مواجهه با محدودیت‌های ترافیکی فراهم کرد. از این‌رو، شهر تهران به دلیل حجم بالای سفرهای روزانه، تنوع مدهای حمل‌ونقل و وجود محدوددهای کنترل ترافیک، به‌عنوان مطالعه موردی این پژوهش انتخاب شد. منطقه‌بندی شهر تهران به صورت شکل (۱) آمده است.



شکل ۱. ۲۲ منطقه شهر تهران

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شامل محدوده طرح ترافیک و محدوده کنترل آلودگی هوای شهر تهران است که

به‌عنوان مهم‌ترین مناطق اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضای سفر در شهر شناخته می‌شوند. این محدوده‌ها بخش مرکزی و

۴-۱- تحلیل داده کاربران

به منظور شناخت ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه مورد مطالعه، اطلاعات مربوط به جنسیت، سن، سطح تحصیلات، وضعیت شغلی و تعداد خودروهای در اختیار خانوار مورد بررسی قرار گرفت. آگاهی از این ویژگی‌ها می‌تواند در تفسیر رفتار سفر شهروندان و شناسایی عوامل مؤثر بر تصمیمات سفر در محدوده طرح ترافیک نقش مهمی ایفا کند. نتایج آمار توصیفی پاسخ‌دهندگان در جدول ۱ ارائه شده است.

پرتدد تهران را دربر گرفته و سهم قابل توجهی از سفرهای کاری، اداری، تجاری و خدماتی روزانه را به خود اختصاص می‌دهند. انتخاب این محدوده‌ها به دلیل نقش کلیدی آن‌ها در مدیریت ترافیک شهری و همچنین تأثیرپذیری مستقیم از تغییرات ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ صورت گرفت. از این رو، رفتار سفر افرادی مورد بررسی قرار گرفت که در دوره عدم اجرای محدودیت‌های ترافیکی همزمان با شیوع کرونا به این محدوده‌ها سفر داشته‌اند و تصمیمات آن‌ها در خصوص انجام سفر، تغییر زمان سفر، تغییر شیوه سفر یا عدم انجام سفر در شرایط اجرای محدودیت‌های ترافیکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱. نتایج پرسشنامه اقتصادی و اجتماعی شهروندان تهران

متغیر	طبقه	تعداد	(%) درصد
جنسیت	مرد	۲۶۰	۶۱/۹
	زن	۱۶۰	۳۸/۱
سن (سال)	میانگین	۳۹/۵	-
	انحراف معیار	۱۰/۶	-
تحصیلات	دیپلم و پایین‌تر	۸۲	۱۹/۵
	کاردانی	۴۶	۱۱
	کارشناسی	۱۷۳	۴۱/۲
	کارشناسی ارشد	۹۳	۲۲/۱
	دکتری	۲۶	۶/۲
شغل	کارمند دولت	۱۱۸	۲۸/۱
	کارمند بخش خصوصی	۹۲	۲۱/۹
	دانشجو	۶۱	۱۴/۵
	آزاد / کسبه	۵۴	۱۲/۹
	خانه‌دار	۴۱	۹/۸
	بازنشسته	۲۸	۶/۷
	سایر	۲۶	۶/۱
تعداد خودرو خانوار	بدون خودرو	۱۰	۲/۴
	یک خودرو	۲۹۰	۶۹
	دو خودرو	۸۵	۲۰/۲
	سه خودرو و بیشتر	۳۵	۸/۴

انحراف معیار ۱۰/۶ سال بوده که نشان‌دهنده حضور گروه‌های سنی متنوع در نمونه آماری است. از نظر سطح تحصیلات، بیشترین فراوانی مربوط به افراد دارای مدرک کارشناسی با

بر اساس نتایج جدول ۱، مردان با ۶۱/۹ درصد بیشترین سهم از پاسخ‌دهندگان را تشکیل می‌دهند، در حالی که سهم زنان ۳۸/۱ درصد است. میانگین سنی افراد مورد بررسی ۳۹/۵ سال با

قرار دارند که می‌تواند بر الگوی سفر و تصمیمات آن‌ها در مواجهه با محدودیت‌های ترافیکی تأثیرگذار باشد. برای بررسی رفتار سفر در محدوده طرح ترافیک و کنترل آلودگی هوا، اطلاعات پاسخ‌دهندگان در قالب پرسشنامه جمع‌آوری شد. پرسشنامه شامل متغیرهای مرتبط با هدف سفر، شیوه سفر، تعداد دفعات سفر، ساعت ورود، وضعیت پارکینگ و تصمیم سفر در شرایط عدم اجرای طرح بود. جدول (۲) زیر خلاصه‌ای از توزیع پاسخ‌ها ارائه می‌دهد.

۴۱/۲ درصد بوده و پس از آن افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد با ۲۲/۱ درصد قرار دارند که بیانگر سطح تحصیلات نسبتاً بالای پاسخ‌دهندگان است. همچنین، کارمندان دولت و بخش خصوصی به ترتیب با ۲۸/۱ و ۲۱/۹ درصد بیشترین سهم را در میان گروه‌های شغلی دارند. از نظر مالکیت خودرو نیز ۶۹ درصد خانوارها دارای یک خودروی شخصی بوده‌اند، در حالی که تنها ۲/۴ درصد از خانوارها فاقد خودرو بوده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که بخش عمده پاسخ‌دهندگان از خانوارهای دارای وسیله نقلیه شخصی بوده و عمدتاً در گروه‌های شاغل و فعال اقتصادی

جدول ۲. زیر خلاصه‌ای از توزیع پاسخ‌ها

متغیر	طبقه	تعداد	(%) درصد
نوع محدوده مورد مراجعه	محدوده طرح ترافیک	۴۲۰	۱۰۰
هدف از ورود به محدوده	شغلی	۱۶۵	۲۹/۳
	خرید	۷۸	۱۸/۶
	اداری	۴۶	۱۱
	درمانی	۵۲	۱۲/۴
	تفریحی و دیدار	۷۳	۱۷/۴
	سایر	۶	۱/۳
تعداد دفعات ورود به محدوده	هفته‌ای یک بار	۸۲	۱۹/۵
	دو تا سه بار در هفته	۱۴۶	۳۴/۸
	چهار تا پنج بار در هفته	۱۲۴	۲۹/۵
	بیش از پنج بار در هفته	۶۸	۱۶/۲
شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح	خودروی شخصی	۲۴۸	۵۹
	تاکسی	۴۰	۹/۵
	تاکسی اینترنتی	۳۲	۷/۶
	مترو	۳۱	۷/۴
	اتوبوس	۲۷	۶/۴
	موتورسیکلت	۱۷	۴
	پیاده و سایر	۲۵	۶/۱
وضعیت پارکینگ در مقصد	پارکینگ اختصاصی	۱۶۹	۴۰/۲
	پارک حاشیه‌ای	۱۰۳	۲۴/۵
	پارکینگ عمومی	۱۱۸	۲۸/۱
	سایر	۳۰	۷/۲
ساعت ورود به محدوده	قبل از ساعت ۸	۶۸	۱۶/۲
	۸ تا ۱۰	۱۵۴	۳۶/۷
	۱۰ تا ۱۴	۱۲۱	۲۸/۸
	۱۴ تا ۱۶	۵۳	۱۲/۶

۵/۷	۲۴	بعد از ۱۶	
۵۸/۸	۲۴۷	انجام سفر بدون تغییر	تصمیم در شرایط اجرای مجدد طرح ترافیک
۱۲/۴	۵۲	عدم انجام سفر	
۱۰/۵	۴۴	تغییر وسیله سفر	
۸/۳	۳۵	تغییر زمان سفر	
۷/۱	۳۰	انتقال سفر از اوج به غیر اوج	
۲/۹	۱۲	تغییر مقصد سفر	

از نظر زمان ورود به محدوده، بیشترین حجم سفرها در بازه زمانی ۸ تا ۱۰ صبح مشاهده شده است. همچنین حدود ۸۱ درصد از سفرها پیش از ساعت ۱۴ انجام شده‌اند که بیانگر تمرکز بالای سفرها در ساعات کاری روز و ارتباط مستقیم آن‌ها با فعالیت‌های شغلی و اداری است.

در نهایت، بررسی تصمیم افراد در شرایط اجرای مجدد طرح ترافیک نشان می‌دهد که ۵۸٫۸ درصد از پاسخ‌دهندگان تمایل دارند سفر خود را بدون هیچ تغییری انجام دهند. با این حال، حدود ۴۱ درصد از افراد اعلام کرده‌اند که در واکنش به اجرای طرح، رفتار سفر خود را تغییر خواهند داد. این تغییرات شامل عدم انجام سفر، تغییر وسیله نقلیه، تغییر زمان سفر، انتقال سفر از ساعات اوج به ساعات غیر اوج و یا تغییر مقصد سفر است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌های مدیریت ترافیک می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر تصمیمات سفر شهروندان داشته باشند و بخشی از تقاضای سفر را به سمت الگوهای جایگزین هدایت کنند. بنابراین، شناخت عوامل مؤثر بر این تصمیمات می‌تواند در توسعه سیاست‌های کارآمد مدیریت تقاضای سفر و کاهش تراکم ترافیکی در شرایط بحرانی و عادی نقش مهمی ایفا کند.

۵- مدل‌سازی

در این بخش، به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر تصمیم شهروندان نسبت به انجام یا تغییر سفر در شرایط اجرای مجدد طرح ترافیک، از مدل رگرسیون لجستیک باینری استفاده شد. متغیر وابسته مدل، تصمیم افراد در خصوص «انجام سفر بدون تغییر» در برابر «تغییر رفتار سفر» تعریف گردید.

بر این اساس، پاسخ «انجام سفر بدون تغییر» با مقدار ۱ و سایر پاسخ‌ها شامل عدم انجام سفر، تغییر وسیله سفر، تغییر زمان سفر،

نتایج ارائه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که سفرهای انجام‌شده به محدوده‌های مورد مطالعه مربوط به محدوده طرح ترافیک بوده است از نظر هدف سفر، بیشترین سهم مربوط به سفرهای شغلی با ۳۹٫۳ درصد بوده است. این نتیجه نشان می‌دهد که بخش عمده سفرهای ورودی به محدوده‌های مرکزی شهر دارای ماهیت کاری و اقتصادی بوده و بسیاری از افراد ناچار به انجام این سفرها هستند. پس از سفرهای شغلی، سفرهای مرتبط با خرید، تفریح و دیدار آشنایان و مراجعات درمانی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند.

بررسی تعداد دفعات ورود به محدوده نیز نشان می‌دهد که بیش از ۶۴ درصد از پاسخ‌دهندگان حداقل دو بار در هفته وارد محدوده‌های مورد مطالعه می‌شوند. این موضوع بیانگر وابستگی قابل توجه بخشی از شهروندان به این محدوده‌ها و تداوم نیاز به انجام سفر حتی در شرایط ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ است. در خصوص شیوه سفر، خودروی شخصی با سهم ۵۹ درصدی، پرکاربردترین وسیله حمل‌ونقل در میان پاسخ‌دهندگان بوده است. این نتیجه را می‌توان به نگرانی‌های ناشی از تماس با سایر افراد در وسایل حمل‌ونقل عمومی و تمایل شهروندان به استفاده از شیوه‌های سفر با ریسک ادراک‌شده کمتر نسبت داد. در مقابل، سهم اتوبوس، مترو و سایر مدهای حمل‌ونقل عمومی در مقایسه با خودروی شخصی کمتر بوده است که نشان‌دهنده تغییر الگوی سفر در دوران همه‌گیری است.

نتایج مربوط به وضعیت پارکینگ مقصد نیز نشان می‌دهد که حدود ۴۰ درصد از پاسخ‌دهندگان به پارکینگ اختصاصی دسترسی داشته‌اند. این موضوع می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در افزایش استفاده از خودروی شخصی برای ورود به محدوده‌های مورد مطالعه باشد، زیرا دسترسی به فضای پارک مناسب معمولاً هزینه و دشواری استفاده از خودروی شخصی را کاهش می‌دهد.

انتقال سفر از ساعات اوج به ساعات غیر اوج و تغییر مقصد سفر با مقدار ۰ کدگذاری شدند. متغیرهای مستقل مدل شامل ویژگی‌های فردی و رفتاری پاسخ‌دهندگان، از جمله سن، جنسیت، سطح تحصیلات، هدف سفر، شیوه سفر، تعداد دفعات ورود به محدوده، وضعیت پارکینگ مقصد، زمان ورود به محدوده و نوع محدوده مورد مراجعه بودند. هدف از این مدل، برآورد احتمال تداوم سفر بدون تغییر و تعیین میزان اثرگذاری هر یک از عوامل توضیحی بر تصمیم سفر شهروندان در شرایط اجرای مجدد محدودیت‌های ترافیکی بود.

پیش از بررسی ضرایب متغیرهای مستقل، خلاصه مدل رگرسیون لجستیک مورد ارزیابی قرار گرفت. در رگرسیون لجستیک،

برخلاف رگرسیون خطی، شاخص R^2 به شکل مستقیم گزارش نمی‌شود؛ بنابراین، برای سنجش قدرت توضیح‌دهندگی مدل از شاخص‌های شبه‌ضریب تعیین، شامل R^2 Cox & Snell و R^2 Nagelkerke استفاده می‌شود. این شاخص‌ها نشان می‌دهند که متغیرهای مستقل وارد شده به مدل تا چه اندازه توانسته‌اند تغییرات مربوط به متغیر وابسته، یعنی تصمیم شهروندان برای انجام سفر بدون تغییر یا تغییر رفتار سفر را توضیح دهند. خلاصه شاخص‌های برازش مدل رگرسیون لجستیک در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. خلاصه شاخص‌های برازش مدل رگرسیون لجستیک

شاخص خلاصه مدل	مقدار
-2 Log likelihood	۴۵۳/۸۲
Cox & Snell R^2	۰/۲۶۰
Nagelkerke R^2	۰/۳۳۶

براساس نتایج جدول ۳، مقدار R^2 Cox & Snell برابر با ۰/۲۶۰ و مقدار R^2 Nagelkerke برابر با ۰/۳۳۶ به دست آمده است. این نتایج نشان می‌دهد که مدل رگرسیون لجستیک توانسته است حدود ۲۶ تا ۳۳ درصد از تغییرات تصمیم سفر شهروندان را توضیح دهد. از آنجا که رفتار سفر تحت تأثیر عوامل متنوع فردی، اقتصادی، مکانی و زمانی قرار دارد، این مقدار برای داده‌های پرسشنامه‌ای و مطالعات رفتاری قابل قبول است. همچنین، مقدار -2 Log likelihood برابر با ۴۵۳/۸۲ نشان‌دهنده سطح برازش مدل نهایی است و در کنار شاخص‌های شبه‌ضریب تعیین، بیان می‌کند که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته‌اند بخشی از الگوی تصمیم‌گیری شهروندان در مواجهه با اجرای مجدد طرح ترافیک را تبیین کنند.

پس از بررسی شاخص‌های برازش مدل، ضرایب رگرسیون لجستیک بر اساس متغیرهای اصلی استخراج‌شده از پرسشنامه سفر برآورد شدند. در این مرحله، تحلیل فقط بر پاسخ‌دهندگانی

متمرکز شد که در دوره عدم اجرای محدودیت‌ها به محدوده طرح ترافیک تهران سفر داشته‌اند. بنابراین، متغیر «نوع محدوده مورد مراجعه» از مدل حذف شد و سایر متغیرهای رفتاری شامل هدف از ورود به محدوده، تعداد دفعات ورود، شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح، وضعیت پارکینگ در مقصد و ساعت ورود به محدوده به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شدند. متغیر وابسته مدل، تصمیم افراد در صورت اجرای مجدد طرح ترافیک است؛ به‌گونه‌ای که گزینه «انجام سفر بدون تغییر» با مقدار ۱ و سایر گزینه‌ها شامل عدم انجام سفر، تغییر وسیله سفر، تغییر زمان سفر، انتقال سفر از ساعات اوج به ساعات غیر اوج و تغییر مقصد سفر با مقدار ۰ کدگذاری شدند. این ساختار باعث می‌شود مدل به‌طور مستقیم نشان دهد که کدام ویژگی‌های سفر در محدوده طرح ترافیک، احتمال ادامه سفر بدون تغییر را افزایش یا کاهش می‌دهند.

جدول ۴. ضرایب مدل رگرسیون لجستیک برای رفتار سفر در محدوده طرح ترافیک تهران

متغیر	طبقه / مقایسه با گروه مرجع	ضریب B	خطای استاندارد	Wald	Sig.	Exp(B)
مقدار ثابت	—	۱/۱۲۵	۰/۳۸۷	۸/۴۶	۰/۰۰۴	۰/۳۲۵
هدف از ورود به محدوده	شغلی در مقایسه با تفریحی، دیدار و سایر	۰/۸۰۲	۰/۲۰۸	۱۴/۸۷	کمتر از ۰/۰۰۱	۲/۲۳۰
هدف از ورود به محدوده	اداری در مقایسه با تفریحی، دیدار و سایر	۰/۶۵۸	۰/۲۷۹	۵/۵۶	۰/۰۱۸	۱/۹۳۱
هدف از ورود به محدوده	درمانی در مقایسه با تفریحی، دیدار و سایر	۰/۵۳۶	۰/۲۶۸	۴/۰۰	۰/۰۴۵	۱/۷۰۹
هدف از ورود به محدوده	خرید در مقایسه با تفریحی، دیدار و سایر	۰/۱۸۲	۰/۲۴۲	۰/۵۷	۰/۴۵۲	۱/۲۰۰
تعداد دفعات ورود به محدوده	دو تا سه بار در هفته در مقایسه با هفته‌ای یکبار	۰/۳۲۶	۰/۲۳۶	۱/۹۱	۰/۱۶۷	۱/۳۸۶
تعداد دفعات ورود به محدوده	چهار تا پنج بار در هفته در مقایسه با هفته‌ای یکبار	۰/۶۲۱	۰/۲۵۱	۶/۱۲	۰/۰۱۳	۱/۸۶۱
تعداد دفعات ورود به محدوده	بیش از پنج بار در هفته در مقایسه با هفته‌ای یکبار	۰/۸۶۴	۰/۳۰۵	۸/۰۲	۰/۰۰۵	۲/۳۷۳
شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح اتوبوس	خودروی شخصی در مقایسه با مترو و اتوبوس	۰/۸۹۱	۰/۲۲۵	۱۵/۶۸	کمتر از ۰/۰۰۱	۲/۴۳۸
شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح اتوبوس	تاکسی در مقایسه با مترو و اتوبوس	۰/۴۲۴	۰/۲۸۸	۲/۱۷	۰/۱۴۱	۱/۵۲۸
شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح اتوبوس	تاکسی اینترنتی در مقایسه با مترو و اتوبوس	۰/۵۰۵	۰/۳۰۴	۲/۷۶	۰/۰۹۷	۱/۶۵۷
شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح اتوبوس	موتورسیکلت در مقایسه با مترو و اتوبوس	۰/۳۷۱	۰/۳۷۶	۰/۹۷	۰/۳۲۴	۱/۴۴۹
شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح اتوبوس	پیاده و سایر در مقایسه با مترو و اتوبوس	-۰/۱۳۶	۰/۳۳۲	۰/۱۷	۰/۶۸۲	۰/۸۷۳
وضعیت پارکینگ در مقصد	پارکینگ اختصاصی در مقایسه با پارک حاشیه‌ای و سایر	۰/۷۵۴	۰/۲۲۴	۱۱/۳۴	۰/۰۰۱	۲/۱۲۵
وضعیت پارکینگ در مقصد	پارکینگ عمومی در مقایسه با پارک حاشیه‌ای و سایر	۰/۵۰۶	۰/۲۳۳	۴/۷۲	۰/۰۳۰	۱/۶۵۹
ساعت ورود به محدوده	قبل از ساعت ۸ در مقایسه با بازه ۱۰ تا ۱۴	۰/۲۶۳	۰/۲۹۶	۰/۷۹	۰/۳۷۴	۱/۳۰۱
ساعت ورود به محدوده	بازه ۸ تا ۱۰ در مقایسه با بازه ۱۰ تا ۱۴	۰/۵۴۱	۰/۲۰۷	۶/۸۴	۰/۰۰۹	۱/۷۱۸
ساعت ورود به محدوده	بازه ۱۴ تا ۱۶ در مقایسه با بازه ۱۰ تا ۱۴	-۰/۲۸۴	۰/۳۰۵	۰/۸۷	۰/۳۵۲	۰/۷۵۳
ساعت ورود به محدوده	بعد از ساعت ۱۶ در مقایسه با بازه ۱۰ تا ۱۴	-۰/۴۹۶	۰/۴۲۴	۱/۳۷	۰/۲۴۲	۰/۶۰

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که در محدوده طرح ترافیک تهران، تصمیم شهروندان برای انجام سفر بدون تغییر بیش از همه تحت تأثیر ماهیت سفر، تکرار ورود به محدوده، شیوه سفر، دسترسی به پارکینگ و زمان ورود قرار دارد. در میان اهداف سفر، سفرهای شغلی، اداری و درمانی اثر مثبت و معناداری بر احتمال تداوم

سفر دارند. مقدار Exp(B) برای سفرهای شغلی برابر با ۲/۲۳۰ است؛ یعنی افرادی که با هدف شغلی وارد محدوده طرح ترافیک می‌شوند، در مقایسه با سفرهای تفریحی، دیدار و سایر اهداف، حدود ۲/۲۳ برابر بیشتر احتمال دارد سفر خود را بدون تغییر انجام دهند. این نتیجه نشان می‌دهد که سفرهای کاری، اداری و

درمانی در محدوده طرح ترافیک ماهیت ضروری تری دارند و در برابر اجرای مجدد محدودیت‌های ترافیکی انعطاف‌پذیری کمتری نشان می‌دهند.

در مقابل، سفرهای خرید اثر معناداری بر تداوم سفر بدون تغییر ندارند. این موضوع نشان می‌دهد که سفرهای خرید نسبت به سفرهای کاری، اداری و درمانی قابلیت جابه‌جایی، حذف یا تغییر زمان بیشتری دارند. بنابراین، در سیاست‌گذاری‌های مدیریت تقاضای سفر، می‌توان انتظار داشت که سفرهای غیرضروری و انعطاف‌پذیرتر، بیشتر تحت تأثیر محدودیت‌های ترافیکی قرار گیرند.

تعداد دفعات ورود به محدوده نیز نقش مهمی در تصمیم سفر دارد. افرادی که چهار تا پنج بار در هفته وارد محدوده طرح ترافیک می‌شوند، حدود ۱/۸۶ برابر و افرادی که بیش از پنج بار در هفته وارد این محدوده می‌شوند، حدود ۲/۳۷ برابر بیشتر از افرادی که فقط هفته‌ای یک‌بار وارد محدوده می‌شوند، احتمال دارد سفر خود را بدون تغییر ادامه دهند. این یافته نشان می‌دهد که تکرار ورود به محدوده، نشانه‌ای از وابستگی عملکردی فرد به مرکز شهر است و هرچه این وابستگی بیشتر باشد، احتمال تغییر رفتار سفر کاهش می‌یابد.

شیوه سفر نیز اثر قابل توجهی بر تصمیم شهروندان دارد. استفاده از خودروی شخصی با نسبت شانس ۲/۴۳۸، اثر مثبت و معناداری بر انجام سفر بدون تغییر دارد. به بیان دیگر، افرادی که در دوره عدم اجرای طرح با خودروی شخصی وارد محدوده شده‌اند، بیش از دو برابر کاربران مترو و اتوبوس احتمال دارد که در صورت اجرای مجدد طرح، سفر خود را بدون تغییر ادامه دهند. این موضوع می‌تواند ناشی از نگرانی‌های بهداشتی دوران همه‌گیری، کاهش تمایل به استفاده از حمل‌ونقل عمومی، احساس امنیت بیشتر در خودروی شخصی و راحتی بیشتر در دسترسی به مقصد باشد.

وضعیت پارکینگ مقصد نیز از عوامل کلیدی مدل است. دسترسی به پارکینگ اختصاصی با نسبت شانس ۲/۱۲۵ و دسترسی به پارکینگ عمومی با نسبت شانس ۱/۶۵۹، اثر مثبت و

معناداری بر احتمال انجام سفر بدون تغییر دارند. این نتیجه نشان می‌دهد که امکان پارک مناسب در مقصد، یکی از عوامل مهم در تداوم سفر با خودروی شخصی است. بنابراین، مدیریت عرضه پارکینگ در محدوده طرح ترافیک می‌تواند نقش مهمی در کنترل ورود خودروهای شخصی و مدیریت تقاضای سفر داشته باشد. در مورد ساعت ورود، ورود در بازه ۸ تا ۱۰ صبح اثر مثبت و معناداری بر تداوم سفر دارد. مقدار Exp(B) برای این متغیر برابر با ۱/۷۱۸ است؛ یعنی افرادی که در بازه اوج صبح وارد محدوده طرح ترافیک می‌شوند، نسبت به افرادی که در بازه ۱۰ تا ۱۴ وارد می‌شوند، حدود ۷۱/۸ درصد بیشتر احتمال دارد سفر خود را بدون تغییر انجام دهند.

این یافته با ماهیت شغلی و اداری بسیاری از سفرهای صبحگاهی سازگار است و نشان می‌دهد سفرهای ساعات اوج صبح، بیشتر ماهیت اجباری و کم‌انعطاف دارند.

به‌طور کلی، نتایج مدل نشان می‌دهد که در محدوده طرح ترافیک تهران، تصمیم شهروندان برای ادامه سفر بدون تغییر، بیش از آنکه به ویژگی‌های فردی و جمعیت‌شناختی وابسته باشد، تحت تأثیر ضرورت سفر، تکرار ورود، وابستگی به خودروی شخصی، امکان پارک در مقصد و زمان ورود قرار دارد. بنابراین، سیاست‌های مدیریت تقاضای سفر در این محدوده باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که میان سفرهای ضروری و غیرضروری تمایز قائل شوند، گزینه‌های جایگزین ایمن و قابل اعتماد برای سفرهای روزانه فراهم کنند و مدیریت پارکینگ و کنترل ورود خودروی شخصی را به‌صورت هم‌زمان در نظر بگیرند.

۵-۱- آزمون همه‌جانبه ضرایب مدل

برای بررسی معناداری کلی مدل، آزمون همه‌جانبه ضرایب مدل انجام شد. این آزمون مشخص می‌کند که آیا ورود متغیرهای مستقل به مدل، قدرت پیش‌بینی آن را نسبت به مدل بدون متغیر توضیحی به‌طور معناداری افزایش داده است یا خیر. نتایج این آزمون در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. آزمون همه‌جانبه ضرایب مدل

مؤلفه آزمون	خی دو	درجه آزادی	سطح معنی داری
مرحله	۱۱۳/۴۲	۱۰	کمتر از ۰/۰۰۱
بلوک	۱۱۳/۴۲	۱۰	کمتر از ۰/۰۰۱
مدل	۱۱۳/۴۲	۱۰	کمتر از ۰/۰۰۱

به محدوده و دسترسی به پارکینگ مقصد، نقش مهمی در پیش‌بینی تصمیم افراد دارند. بر این اساس، سیاست‌گذاران شهری می‌توانند با تمرکز بر این عوامل، برنامه‌های مدیریت تقاضای سفر را به‌گونه‌ای طراحی کنند که هم نیازهای ضروری شهروندان پاسخ داده شود و هم از افزایش تراکم ترافیکی و استفاده بیش از حد از خودروی شخصی جلوگیری گردد.

۶- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر رفتار سفر شهروندان در محدوده طرح ترافیک تهران انجام شد. نتایج آمار توصیفی نشان داد که بخش قابل توجهی از سفرهای ورودی به این محدوده دارای ماهیت شغلی، اداری و ضروری بوده و خودروی شخصی، پرکاربردترین شیوه سفر در میان پاسخ‌دهندگان بوده است. همچنین، بیش از نیمی از افراد اعلام کرده‌اند که در شرایط اجرای مجدد طرح ترافیک، سفر خود را بدون تغییر انجام داده‌اند. این یافته نشان می‌دهد که بخشی از سفرهای ورودی به محدوده طرح ترافیک، انعطاف‌پذیری کمی در برابر سیاست‌های محدودکننده دارد و حذف یا تغییر آن برای شهروندان به‌سادگی امکان‌پذیر نیست.

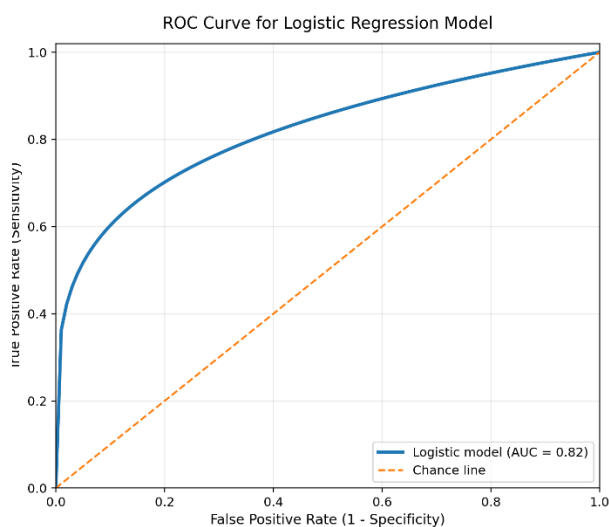
نتایج مدل رگرسیون لجستیک نشان داد که عوامل مرتبط با ویژگی‌های واقعی سفر، نقش مهمی در تصمیم شهروندان برای انجام سفر بدون تغییر دارند. بر اساس نتایج مدل، هدف از ورود به محدوده، تعداد دفعات ورود، شیوه سفر در دوره عدم اجرای طرح، وضعیت پارکینگ در مقصد و ساعت ورود به محدوده از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تصمیم سفر بوده‌اند. به‌طور مشخص، سفرهای شغلی، اداری و درمانی، ورود پرتکرار به محدوده، استفاده از خودروی شخصی، دسترسی به پارکینگ اختصاصی یا عمومی و ورود در بازه زمانی ۸ تا ۱۰ صبح، احتمال تداوم سفر بدون تغییر را افزایش داده‌اند. در مقابل، سفرهای غیرضروری‌تر مانند خرید، تفریح و دیدار، انعطاف‌پذیری بیشتری برای تغییر زمان، تغییر شیوه یا عدم انجام سفر نشان می‌دهند.

مقدار Nagelkerke R^2 برابر با ۰/۳۱۸ و سطح زیر منحنی ROC برابر با ۰/۸۲ بیانگر آن است که مدل از قدرت توضیح‌دهندگی و توان تفکیک قابل قبولی برخوردار است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تصمیم سفر شهروندان در دوران همه‌گیری، بیش از آنکه یک تصمیم تصادفی باشد، تحت تأثیر ضرورت سفر، وابستگی به خودروی شخصی، تکرار ورود به محدوده و شرایط مقصد قرار دارد. این نتایج نشان

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، مقدار آماره کای دو برای مدل برابر با ۱۱۳/۴۲ و سطح معناداری آن کمتر از ۰/۰۰۱ است. این نتیجه نشان می‌دهد که مدل رگرسیون لجستیک نهایی نسبت به مدل پایه به‌طور معناداری عملکرد بهتری دارد و متغیرهای مستقل واردشده به مدل، در مجموع توانایی توضیح تصمیم سفر شهروندان را دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تصمیم افراد برای انجام سفر بدون تغییر، صرفاً تصادفی نبوده و تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فردی و رفتاری قرار دارد.

۵-۲- ارزیابی توان تفکیک مدل با منحنی ROC

برای ارزیابی توان تفکیک مدل در تشخیص افراد دارای احتمال بالاتر برای انجام سفر بدون تغییر، منحنی ROC ترسیم شد. سطح زیر منحنی ROC برابر با ۰/۸۲ به دست آمد که نشان‌دهنده قدرت تفکیک مطلوب مدل است. به‌طور کلی، مقدار AUC بالاتر از ۰/۸۰ نشان می‌دهد که مدل توانایی مناسبی در تمایز میان دو گروه «انجام سفر بدون تغییر» و «تغییر رفتار سفر» دارد. بنابراین، مدل پیشنهادی نه تنها از نظر آماری معنادار است، بلکه از نظر پیش‌بینی رفتاری نیز عملکرد قابل قبولی دارد.



شکل ۲. منحنی ROC مدل رگرسیون لجستیک

برای پیش‌بینی انجام سفر بدون تغییر

نتایج حاصل از منحنی ROC نشان می‌دهد که مدل رگرسیون لجستیک می‌تواند با دقت مناسبی رفتار سفر شهروندان را در مواجهه با اجرای مجدد محدودیت‌های ترافیکی طبقه‌بندی کند. این یافته از نتایج جدول‌های قبلی پشتیبانی می‌کند و نشان می‌دهد که متغیرهایی مانند هدف سفر، شیوه سفر، دفعات ورود

مدیریت عرضه پارکینگ در محدوده‌های مرکزی تهران با سیاست‌های طرح ترافیک هماهنگ شود. کنترل ظرفیت پارکینگ‌های عمومی، قیمت‌گذاری شناور پارکینگ و محدودیت پارک طولانی‌مدت می‌تواند در کاهش انگیزه ورود با خودروی شخصی مؤثر باشد.

با توجه به تمرکز بالای سفرها در بازه زمانی ۸ تا ۱۰ صبح، پیشنهاد می‌شود سیاست‌هایی مانند شناورسازی ساعت کاری ادارات، توسعه دورکاری بخشی، خدمات الکترونیکی اداری و توزیع زمانی تقاضای سفر در دستور کار قرار گیرد. این اقدامات می‌تواند فشار ترافیکی ساعات اوج را کاهش داده و کارایی طرح‌های مدیریت تقاضای سفر را افزایش دهد.

برای پژوهش‌های آینده نیز پیشنهاد می‌شود از مدل‌های پیشرفته‌تر مانند مدل لاجیت چندگزینه‌ای، لاجیت آشیانه‌ای یا مدل‌های یادگیری ماشین استفاده شود تا بتوان انواع مختلف تصمیمات سفر، شامل تغییر وسیله، تغییر زمان، حذف سفر و تغییر مقصد را به صورت جداگانه و دقیق‌تر تحلیل کرد. همچنین، ترکیب داده‌های پرسشنامه‌ای با داده‌های واقعی تردد، داده‌های مکانی و داده‌های سامانه‌های حمل‌ونقل شهری می‌تواند اعتبار نتایج را افزایش دهد.

محدودیت‌های تحقیق

این پژوهش با وجود ارائه نتایج کاربردی، دارای برخی محدودیت‌ها است. نخستین محدودیت، اتکای مطالعه به داده‌های پرسشنامه‌ای است. اگرچه پرسشنامه امکان ثبت دیدگاه و تصمیمات واقعی شهروندان را فراهم می‌کند، اما پاسخ‌ها ممکن است تحت تأثیر خطای یادآوری، برداشت ذهنی پاسخ‌دهندگان یا تمایل به ارائه پاسخ اجتماعی مطلوب قرار گیرد.

محدودیت دوم مربوط به مقطعی بودن داده‌ها است. داده‌های این پژوهش در یک دوره مشخص و در ارتباط با شرایط همه‌گیری کووید-۱۹ جمع‌آوری شده‌اند؛ بنابراین، ممکن است رفتار سفر شهروندان در دوره‌های دیگر، به‌ویژه پس از کاهش نگرانی‌های بهداشتی یا تغییر سیاست‌های شهری، متفاوت باشد. از این رو، تعمیم نتایج به همه دوره‌های زمانی باید با احتیاط انجام شود.

محدودیت سوم به محدوده مکانی پژوهش مربوط است. این مطالعه بر محدوده طرح ترافیک تهران تمرکز داشته است؛ بنابراین، نتایج آن الزاماً قابل تعمیم مستقیم به سایر شهرها یا محدوده‌های شهری با ساختار فضایی، نظام حمل‌ونقل و سیاست‌های ترافیکی متفاوت نیست.

می‌دهد که سیاست‌های مدیریت تقاضای سفر در محدوده طرح ترافیک باید میان سفرهای ضروری و غیرضروری تمایز قائل شوند و هم‌زمان با کنترل ورود خودروهای شخصی، کیفیت و اعتمادپذیری گزینه‌های جایگزین حمل‌ونقل را افزایش دهند.

نوآوری اصلی این پژوهش در تمرکز بر تصمیم واقعی شهروندان در مواجهه با اجرای مجدد طرح ترافیک در شرایط همه‌گیری کووید-۱۹ است. برخلاف بسیاری از مطالعات پیشین که بیشتر به تغییرات کلی تقاضای سفر یا ریسک ابتلا در مدهای حمل‌ونقل پرداخته‌اند، این مطالعه رفتار سفر شهروندان را در یک محدوده دارای سیاست ترافیکی مشخص تحلیل کرده است. همچنین، بررسی همزمان متغیرهایی مانند هدف سفر، شیوه سفر، دفعات ورود، وضعیت پارکینگ مقصد و ساعت ورود، امکان ارائه تصویری دقیق‌تر و کاربردی‌تر از منطق تصمیم‌گیری شهروندان در شرایط بحرانی را فراهم کرده است.

پیشنهادهای

با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران شهری در بازنگری و اجرای سیاست‌های مرتبط با طرح ترافیک، رویکردی تفکیکی نسبت به انواع سفر اتخاذ کنند. نتایج مدل نشان داد که سفرهای شغلی، اداری و درمانی در مقایسه با سفرهای غیرضروری، از انعطاف‌پذیری کمتری برخوردارند و احتمال تداوم آن‌ها در شرایط اجرای مجدد طرح ترافیک بیشتر است. بنابراین، سیاست‌های مدیریت تقاضای سفر باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که ضمن حفظ امکان انجام سفرهای ضروری، سفرهای قابل جایگزینی یا کم‌ضرورت را به سمت زمان‌های غیر اوج، شیوه‌های حمل‌ونقل عمومی، خدمات غیرحضوری و الگوهای سفر کم‌ترافیک‌تر هدایت کنند. چنین رویکردی می‌تواند هم اثربخشی طرح ترافیک را در کاهش ازدحام افزایش دهد و هم از ایجاد فشار نامتناسب بر شهروندانی که ناچار به انجام سفرهای ضروری هستند، جلوگیری کند.

همچنین، با توجه به نقش معنادار استفاده از خودروی شخصی در تداوم سفر، پیشنهاد می‌شود هم‌زمان با اجرای محدودیت‌های ترافیکی، کیفیت، ایمنی و اعتمادپذیری حمل‌ونقل عمومی افزایش یابد. در شرایط پسا کرونا، تنها اعمال محدودیت برای خودروی شخصی کافی نیست و شهروندان زمانی به تغییر شیوه سفر تمایل نشان می‌دهند که گزینه‌های جایگزین از نظر بهداشتی، زمانی و اقتصادی قابل قبول باشند.

از آنجا که دسترسی به پارکینگ در مقصد یکی از عوامل مهم در افزایش احتمال انجام سفر بدون تغییر بوده است، پیشنهاد می‌شود

Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: Increased transmission in the EU/EEA and the UK—ninth update, 23 April 2020. *European Centre for Disease Prevention and Control*.

-Keeling, M. J., & Gilligan, C. A. (2000). Metapopulation dynamics of bubonic plague. *Nature*, 407(6806), 903–906.

doi: 10.1038/35038073

-Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., Ren, R., Leung, K. S. M., Lau, E. H. Y., Wong, J. Y., Xing, X., Xiang, N., Wu, Y., Li, C., Chen, Q., Li, D., Liu, T., Zhao, J., Liu, M., ... Feng, Z. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *The New England Journal of Medicine*, 382(13), 1199–1207.

doi: 10.1056/nejmoa2001316

-Lounibos, L. P. (2002). Invasions by insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*, 47, 233–266.

doi: 0.1146/annurev.ento.47.091201.145206

-Scott, S., & Duncan, C. J. (2004). Return of the Black Death: The world's greatest serial killer. *John Wiley & Sons*.

-Shen, J. (2020). Analyzing the determinants of the spread of COVID-19 among the provincial regions in China. *Research Square*.

doi: 10.21203/rs.3.rs-26465/v1

-Twigg, G. (2003). The Black Death: A problem of population-wide infection. *Local Population Studies*, 71, 40–52.

-Wright, R.E. (1995) Logistic Regression.

-World Health Organization. (2020). Statement on the second meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV). *World Health Organization*.

-Wuhan Municipal Health Commission. (2019, December 31). Wuhan Municipal Health Commission briefing on the pneumonia epidemic situation, 31 December 2019 [In Chinese].

-Yamagishi, T., Kamiya, H., Kakimoto, K., Suzuki, M., & Wakita, T. (2020). Descriptive study of COVID-19 outbreak among passengers and crew on Diamond Princess cruise ship, Yokohama Port, Japan, 20 January to 9 February 2020. *Eurosurveillance*, 25(23), 2000272.

doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2000272

محدودیت دیگر این است که در مدل رگرسیون لجستیک، متغیر وابسته به صورت دودویی تعریف شد و تصمیمات مختلف تغییر رفتار سفر در یک گروه کلی قرار گرفتند. در حالی که عدم انجام سفر، تغییر وسیله، تغییر زمان سفر و تغییر مقصد، هر کدام می‌توانند منطق رفتاری متفاوتی داشته باشند. بنابراین، در مطالعات آینده بهتر است این تصمیمات به صورت جداگانه و با مدل‌های چندگزینه‌ای بررسی شوند.

در نهایت، برخی عوامل اثرگذار بر رفتار سفر، مانند درآمد خانوار، هزینه دقیق سفر، فاصله مبدأ تا مقصد، کیفیت دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، میزان نگرانی بهداشتی افراد و امکان دورکاری در این پژوهش به صورت کامل وارد مدل نشده‌اند. افزودن این متغیرها در پژوهش‌های آینده می‌تواند به افزایش قدرت توضیح‌دهندگی مدل و ارائه تحلیل دقیق‌تر از رفتار سفر شهروندان کمک کند.

۷- مراجع

-گزیده آمار و اطلاعات حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران سال (۱۴۰۲). سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

-Adhikari, S. P., Meng, S., Wu, Y. J., Mao, Y. P., Ye, R. X., Wang, Q. Z., Sun, C., Sylvia, S., Rozelle, S., Raat, H., & Zhou, H. (2020). Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: A scoping review. *Infectious Diseases of Poverty*, 9, Article 29.

doi: 10.1186/s40249-020-00646-x

-Bai, Y., Yao, L., Wei, T., Tian, F., Jin, D. Y., Chen, L., & Wang, M. (2020). Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *JAMA*, 323(14), 1406–1407.

doi: 10.1001/jama.2020.2565

-Du, Z., Wang, L., Cauchemez, S., Xu, X., Wang, X., Cowling, B. J., & Meyers, L. A. (2020). Risk for transportation of coronavirus disease from Wuhan to other cities in China. *Emerging Infectious Diseases*, 26(5), 1049–1052.

doi: 10.3201/eid2605.200146

-Ebrahimzadeh, M. A., Abdolmanafi, S. E., & Khosrozadeh, A. R. (2024). Assessing the risk of coronavirus (COVID) infection in different modes of transportation in Tehran. *Journal of Transportation Research*, 21(1), 197–210.

doi: 10.22034/tri.2023.351926.3060

-European Centre for Disease Prevention and Control. (2020). Rapid risk assessment:

The Impact of the COVID-19 Pandemic on Citizens' Travel Behavior within the Tehran's Traffic Restricted Zone Using Logistic Regression

*Laleh Sabernezhad, Ph.D., Candidate, Department of Civil Engineering,
SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*Ali Naderan, Assistant Professor, Department of Civil Engineering,
SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering,
Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

E-mail: naderan@iaau.ac.ir

Received: March 2026- Accepted: August 2026

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic significantly influenced travel behavior in metropolitan areas by altering activity patterns, increasing health concerns, and changing transport mode usage. This study aims to analyze the impact of the COVID-19 pandemic on citizens' travel behavior within the Tehran traffic restriction zone and to identify the factors affecting the continuation or change of travel behavior in the event of re-implementation of the traffic scheme. Data were collected through a structured questionnaire, and variables such as trip purpose for entering the restricted zone, travel mode during the period without enforcement of the scheme, frequency of entries, parking availability at the destination, time of entry into the zone, and respondents' intended behavior under a potential reactivation of the traffic restriction policy were examined. To analyze the data and estimate the probability of continuing travel without behavioral change, a binary logistic regression model was employed. Model results indicated that work-related, administrative, and medical trips; frequent entries into the zone; use of private vehicles; availability of private or public parking at the destination have a positive and statistically significant effect on the likelihood of continuing travel without change. The Nagelkerke R^2 value of 0.318 and the area under the ROC curve of 0.82 indicate that the model has acceptable explanatory power and good discriminatory ability. The findings suggest that travel decisions are influenced more by trip necessity, dependence on private vehicles, frequency of travel, and spatial characteristics of the destination than by general socio-demographic characteristics.

Keywords: COVID-19, Travel Behavior, Tehran Traffic Restriction Zone, Logistic Regression, Travel Demand Management