

بررسی و ارائه مدل قیمت‌گذاری عوارض آزادراه‌ها بر مبنای سهم تغییر وسیله، تغییر مسیر، تغییر زمان سفر و میزان تمایل به پرداخت کاربران (نمونه موردی: آزادراه تهران_ساوه)

مقاله پژوهشی

محمود صفارزاده، استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
حمیدرضائی، کارشناسی ارشد، گروه برنامه‌ریزی حمل و نقل، مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
محمدزانیامجدی*، کارشناسی ارشد، گروه برنامه‌ریزی حمل و نقل، مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.majidi@modares.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰ - پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱

صفحه ۱۸-۱

چکیده

یکی از عوامل مهم در تعیین و سرعت بخشیدن به توسعه و پیشرفت کشورها، حمل و نقل است که از برجسته‌ترین انواع آن، حمل و نقل جاده‌ای است که میزان کیفیت، زیرساخت‌ها و بحث مدیریت مسیرهای بین شهری نقش بسزایی در توسعه کشور دارد. برای داشتن کیفیت بالا در زمینه حمل و نقل جاده‌ای بین شهری در ابتدا باید زیرساخت‌ها به اندازه کافی موجود باشد و پس از آن برای بهبود شرایط باید سراغ مدیریت این زیرساخت‌ها رفت. در کشور ایران اکثر مسیرهای مهم بین شهری دارای زیرساخت کافی هستند، لذا باید اقدامات مدیریتی پیاده‌سازی و اجرا شود. پژوهش حاضر به دنبال یافتن عوامل مؤثر بر تغییر وسیله نقلیه، تغییر مسیر سفر، تغییر زمان سفر و تمایل به پرداخت کاربران تحت اثر قیمت‌گذاری با شرایط مختلف است. بر این اساس با استفاده از داده‌های مربوط به ۶۴۸ عدد پرسشنامه و نتایج مدل لوجیت ترکیبی و لوجیت ساده به تحلیل انواع تصمیم کاربران پرداخته شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد، با افزایش قیمت، کاربران به سمت استفاده از مسیر رایگان تمایل پیدا می‌کنند، همچنین کاربران خودرو سواری به ناوگان حمل و نقل عمومی تغییر وسیله می‌دهند که با افزایش زمان سفر میزان تمایل آن‌ها به استفاده از خودرو شخصی و مسیر آزادراه بیشتر می‌شود. یافته‌های دیگر نشان می‌دهد، کاربران با تعدد عبور بالا نسبت به قیمت‌ها حساس هستند و به دنبال تغییر مسیر و یا تغییر زمان سفر برای کمتر شدن هزینه‌های سفر خود می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: قیمت‌گذاری عوارض آزادراه برون‌شهری، انتخاب مسیر، انتخاب وسیله، مدل لوجیت چندگانه، مدل

لوجیت ترکیبی، تمایل به پرداخت

۱. مقدمه

به طور عمده از نوع دوخطه و یا چند خطه اصلی تشکیل شده است که البته در تعدادی از محورها به علت اهمیت اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، خطوط آزادراهی به صورت موازی با راه‌های موجود احداث شده‌اند. این مسیرها علاوه برداشتن مسیر رایگان دارای عوارضی هستند که کاربران برای استفاده از آن مستلزم پرداخت مبلغی می‌باشند.

در پژوهش‌های گذشته، بر روی برخی از این آزادراه‌ها مطالعاتی در زمینه میزان قیمت عوارض به تفکیک کلاس‌بندی خودروها و دیدن تأثیر قیمت بر روی انتخاب مسیر، بین مسیر رایگان و آزادراهی با استفاده از اطلاعات رجحان آشکار شده و هم‌فزون صورت گرفته است، اما مطالعاتی در رابطه با تحلیل انواع انتخاب‌های ممکن با توجه به قیمت و با استفاده از اطلاعات رجحان بیان شده و ناهم‌فزون صورت نگرفته است. با توجه به این توضیحات و پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده است، خلأ وجود دید کافی نسبت به تصمیم کاربران در مواجهه با انواع قیمت‌های مختلف مسیرهای عوارضی به طور مشهود حس می‌شود. در همین راستا این پژوهش به بررسی و تحلیل انواع انتخاب‌های کاربرانی که از آزادراه تهران-ساوه برای سفر خود استفاده می‌کنند در مواجهه با قیمت‌های جدید پرداخته است و برای رسیدن به این هدف از روش جمع‌آوری اطلاعات به شیوه رجحان بیان شده و مدل‌های لججیت ترکیبی و چندگانه استفاده شده است.

۲. پژوهش‌های گذشته

اجرای قیمت‌گذاری و سیاست‌های عملیاتی به دلیل افزایش تقاضای حمل‌ونقل جاده‌ای در کشورهای در حال توسعه در طی سال‌های اخیر و ادامه‌ی این

تاریخچه به وجود آمدن پرداخت عوارض توسط کاربران به قرن هجدهم میلادی بازمی‌گردد و با روش‌های مختلفی که کم‌وبیش تاکنون ادامه داشته، رایج بوده است. در همان اوایل قرن هجدهم نیز بحث بر آن بود که آیا لازم است جاده‌های بیشتری برای ترافیکی که دائماً در حال رشد بود ساخته شود و یا آنکه باید حجم ترافیک را محدود نمود. امروزه در کشورهای توسعه‌یافته و اکثر کشورهای در حال توسعه راه‌های مواصلاتی بین شهرها به گونه‌ای است که کاربر با توجه به شرایط، ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و همچنین نوع سفر و خصوصیات نوع جاده‌ها، آزاد به انتخاب مسیر سفر خود از میان دو گزینه: ۱- جاده بدون عوارضی (رایگان) ۲- جاده عوارضی دار می‌باشند. با به وجود آمدن سازمان‌های محلی، اخذ عوارض برای ساخت و نگهداری جاده‌ها معمول گردید. به طور کلی سیستم حمل‌ونقل یک سیستم خدماتی با هزینه‌های سنگین است و عملیات ساخت، توسعه و نگهداری شبکه راه‌ها مستلزم صرف هزینه‌های بسیار سنگین است. بحران‌های اقتصادی سال‌های اخیر، کشورهای جهان را به سوی راه حل‌هایی برای کاهش بار مالی در پروژه‌های هزینه‌بر کلان مانند راه‌سازی، سوق داده است. یکی از روش‌های متداول در این زمینه وضع مالیات بر سوخت، وسیله نقلیه و سایر کالاهاست که به طور غیرمستقیم توسط مردم پرداخت می‌شود و درآمدهای ناشی از آن‌ها عموماً صرف ساخت و توسعه راه‌ها می‌شود. هزینه‌های دوره بهره‌برداری نیز معمولاً به طور مستقیم از مردم و در قالب اخذ عوارض دریافت می‌شود. در کشور ایران شبکه راه‌های بین‌شهری،

روند در آینده بسیار مهم است. قیمت گذاری جاده‌ها به‌مثابه یک پارامتر اقتصادی که در انواع بازارهای مختلف نقش کنترل‌کننده را دارد، در حمل‌ونقل می‌تواند به‌عنوان کنترل‌کننده‌ی میزان و حجم ترافیک عبوری یک کریدور یا مسیر عمل نماید. راهبردهای مربوط به قیمت‌گذاری عوارضی‌های برون‌شهری، موردتوجه بسیاری از نظر مطالعات و همچنین سیاسی قرار گرفته است که روش‌ها و تکنیک‌های مختلف و جدید برای محققان در عرصه حمل و نقل به‌عنوان یک چالش برای فهمیدن و درک کردن تأثیر استراتژی‌های مختلف قیمت‌گذاری بر روی رفتار سفر کنندگان و پیش‌بینی آن وجود دارد. درک رفتار رانندگان نسبت به قیمت‌گذاری جاده‌ها و پذیرش عموم از طرح‌های جدید به‌عنوان بالاترین اولویت‌ها برای ایجاد یک سیاست قیمت‌گذاری موفق به‌حساب می‌آید. واکنش رفتاری و نگرش عموم مردم نسبت به قیمت‌گذاری جاده‌ها در سال‌های اخیر موردتوجه بیشتری قرار گرفته است. در نتیجه، مطالعات بسیاری بر این موضوع متمرکز شده است [Toledo et al., 2018]. ترجیح کاربران استفاده از خودرو شخصی است، این انتخاب باعث ایجاد ازدحام، بالا رفتن حجم ترافیک عبوری، تأخیر در زمان سفر، فشار و استرس روانی ناشی از عملکردهای غیر ایمن سایر کاربران شده است [Sampaio et al., 2019]. همچنین درک نگرش کاربران جاده نسبت به اقدامات قیمت‌گذاری در جاده، پیش‌نیاز اجرای موفقیت‌آمیز چنین سیستم‌هایی است [Burgdorf and Eisenkopf, 2018]. و نگ و هم‌کاران نیز اظهار داشتند: مقبولیت عمومی موضوع مهمی است که باید قبل از اجرای سیاست‌های جدید قیمت‌گذاری جاده

روشن یا مطالعه شود [Wong et al., 2005]. کولی و دیسانیاک پاسخ رانندگان به پروژه مربوط به یک بزرگراه که شهرهای کورینس و پاتراس را در یونان به هم‌دیگر وصل می‌کنند با استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته بررسی کردند. نتایج نشان داده است که کاربران مسیر جدید بزرگراه که شامل عوارضی می‌باشد را بیشتر ترجیح داده‌اند. ضرایب زمان سفر و هزینه نیز در مدل‌های مطالعه منفی و بسیار معنی‌دار بودند، و این نشان می‌دهد که مطلوبیت سفر با افزایش زمان و هزینه سفر کاهش می‌یابد [Dissanayake and Kouli, 2007]. الهودی‌ری (۲۰۱۲)، مدل‌سازی انتخاب مسیر افراد در سفرهای برون‌شهری با نمونه موردی لیبی را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مطلوبیت سفر در برابر افزایش زمان و هزینه سفر کاهش می‌یابد. همچنین رانندگان برای مسافت‌های کمتر از ۳۰۰ کیلومتر مسیر عوارضی را انتخاب نمی‌کنند اما در عوض برای مسافت‌های کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مسیر رایگان را انتخاب می‌کنند [Alhodairi, 2012]. پژوهشی که توسط ون و همکاران در سال ۲۰۰۶ انجام شده، نشان می‌دهد، کاربرانی که هر روز یا هفته‌ای حداقل یک‌بار تردد داشته‌اند تمایلی به استفاده از مسیر آزادراهی ندارند. در این پژوهش هدف سفر کاربران شامل کاری، اجتماعی، تجاری، تحصیلی و سایر مورد بررسی قرار گرفت. کاربرانی که هدف سفر آن‌ها کاری یا تجاری بوده با توجه به مثبت بودن ضریب و معنی‌دار بودن آن مسیر عوارضی را برای سفر خود انتخاب می‌کردند و دلیل آن‌هم بالا بودن ارزش زمان برای آن‌ها بوده است [Van et al., 2006].

برابر با سرعت جریان آزاد باشد. یک گام فراتر از قیمت‌گذاری واکنشی، طرح قیمت‌گذاری پیش‌گویانه است که در آن، عوارض بر مبنای سطوح شلوغی پیش‌بینی شده تعیین می‌شود [Zheng et al., 2019]. تکنیک رجحان بیان شده رویکرد عملی برای شناخت اثرات احتمالی یک دستاورد یا یک سیاست جدید، مانند قیمت‌گذاری تراکم و پاسخ‌های رفتاری به آن است. در یک مطالعه رجحان بیان شده از پاسخ‌دهنده درخواست می‌شود که از بین انتخاب‌های موجود، گزینه‌ای را که بیشتر ترجیح می‌دهد انتخاب کند (یا اینکه گزینه‌ها را رتبه‌بندی کند). این گزینه‌ها از مجموعه‌ای از سطوح ویژگی‌های موردبررسی، که بر اساس یک طراحی آزمایش در هر گزینه چیده می‌شوند، تشکیل شده‌اند. استفاده از طراحی آزمایش، به منظور پیشینه‌سازی دقت برآورد پارامترهای موردبررسی است. بنابراین می‌توان گفت که روش رجحان بیان شده برای بازسازی انتخاب‌های حقیقی با درجه زیادی از واقع‌گرایی، طراحی شده است [Ayuningtyas et al., 2019].

۳. روش‌شناسی پژوهش

یکی از ابزارهای مدل‌سازی که گزینه‌های بیشتری می‌توان با آن مدل‌سازی کرد، مدل‌های انتخاب گسسته و ساده‌ترین نوع آن یعنی مدل لوجیت چندگانه است که به صورت زیر است:

$$Pr_n(i) = \frac{e^{v_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{v_{jn}}} \quad (1)$$

که در رابطه ۱، $Pr_n(i)$ احتمال انتخاب گزینه i توسط فرد n ، v_{in} بخش معین و قابل اندازه‌گیری مطلوبیت گزینه i برای رد n ، $e^{v_{in}}$ بخش معین و

در پژوهشی که با عنوان تأثیر قیمت بر انتخاب مسیر و وسیله کاربران در کشور سوئیس انجام گرفته و در سال ۲۰۱۰ منتشر شده است، سیاست قیمت‌گذاری و مقبولیت آن، انتخاب مسیر، انتخاب وسیله و انتخاب زمان با توجه به قیمت بررسی شده است. در این پژوهش از مدل لوجیت ترکیبی برای مدل‌سازی استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد کاربرانی که میزان کیلومتر طی شده آن‌ها در مسیر بیشتر است، تمایل بیشتری به استفاده از خودرو شخصی دارند و با افزایش سن تمایل افراد برای استفاده از حمل‌ونقل همگانی افزایش می‌یابد [Vrtic et al., 2010]. طرح‌های قیمت‌گذاری در حالت کلی و عوارض گذاری روی راه‌ها در حالت خاص می‌توانند به صورت یکنواخت، متغیر (وابسته به وقت روز)، یا پویا باشند. عوارض یکنواخت در طول زمان تغییر نمی‌کند. از نظر تاریخی، به دلیل محدودیت‌های فنی و اجرایی، عوارضی که بر روی اغلب زیرساخت‌ها وضع شدند از نوع یکنواخت بوده است. عوارض متغیر (وابسته به وقت روز)، با توجه به ساعات روز، روزهای مختلف هفته و همین‌طور در فصل‌های مختلف، بر اساس یک برنامه از پیش تنظیم شده تغییر می‌کند. برخی از خطوط پرسرنشین در آمریکا، قیمت‌گذاری الکترونیکی راه در سنگاپور و عوارض تراکم استکهلم، و طرح ترافیک تهران از آغاز سال ۹۲ به بعد، نمونه‌هایی از آن هستند. عوارض پویا، تابعی از وضعیت ترافیکی غالب است و به صورت لحظه‌ای (یا تقریباً لحظه‌ای) تغییر می‌کند. تنها مثال اجرایی شده از قیمت‌گذاری پویا، اندک خطوط پرسرنشینی هستند که در آن‌ها عوارض به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که همواره سرعت حرکت،

معیارهای سنجش از اطلاعات موجود می‌باشد تا بتواند میزان تمایل کاربران برای هزینه کردن یا صرف هزینه‌ای مشخص برای یک عنوان خاص را به دست آورد. یکی از این معیارها میزان تمایل به پرداخت کاربران است. در مدل‌های خطی معیار سنجش تمایل به پرداخت از میزان نرخ دو پارامتر (دو ضریب متغیرهای موجود در تابع مطلوبیت) به دست می‌آید به شیوه‌ای که حداقل یکی از پارامترها دارای واحد پول باشد که پارامتر با واحد پول در مخرج قرار می‌گیرد. یکی از این معیارها که زیرمجموعه میزان تمایل به پرداخت می‌باشد، ارزش زمان سفر ذخیره شده است که فرمول آن به شکل زیر است [Sabyrbekov et al., 2019]

$$VTTS = \frac{\beta_{TravelTime}}{\beta_{Price}} \quad (5)$$

۴. نمونه آماری

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر قیمت‌های عوارضی آزادراه‌های برون شهری بر روی انتخاب کاربران است و از این رو آزادراه تهران-ساوه بنا به دلایل زیر به عنوان نمونه موردی انتخاب شد. ۱. دارای مسیر موازی رایگان (جاده قدیم) ۲. در دسترس بودن ۳. محدودیت زمان و هزینه. جامعه آماری در پرسشنامه، کاربرانی می‌باشند که از ابتدا تا انتهای سال ۹۷ از مسیر تهران-ساوه و بلعکس در هر دو مسیر آزادراهی و مسیر جاده قدیم استفاده کرده‌اند. حجم تردد در این مسیر بدین شکل است؛ میزان تردد در مسیر آزادراهی تهران به سمت ساوه برابر است با ۶ میلیون و ۳۶۰ هزار وسیله نقلیه، میزان حجم تردد در مسیر آزادراهی ساوه به سمت تهران برابر است با ۶ میلیون و ۵۶۰ هزار وسیله نقلیه، میزان حجم تردد در مسیر جاده قدیم

قابل اندازه‌گیری مطلوبیت گزینه j برای فرد n و C_n مجموعه گزینه‌های موجود است.

مدل لوجیت ترکیبی یکی از انعطاف‌پذیرترین مدل‌های انتخاب گسسته است که به کمک آن می‌توان تقریباً هر ساختار دیگری در مدل‌های مطلوبیت تصادفی را تخمین زد. این مدل امکان تغییرات در سلیقه‌های تصادفی، استفاده از الگوهای جانشینی و نیز همبستگی در جز مشاهده نشده در زمان را برای مدل ساز فراهم می‌کند. انتخاب نوع توزیع برای متغیر تصادفی نقش مهمی در ویژگی‌های مدل لوجیت دارد [Liu and Fan, 2020]. تابع احتمال مدل لوجیت ترکیبی در حقیقت یک انتگرال از تابع احتمال مدل لوجیت چندجمله‌ای روی یک تابع چگالی از پارامترها است. در حالت کلی این تابع احتمالی به صورت زیر است:

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta) d(\beta) \quad (2)$$

که در آن P_{ni} احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد n ، $L_{ni}(\beta)$ احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد n در مدل لوجیت که تابعی از پارامتر β است و به صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

$$L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{nj}(\beta)}} \quad (3)$$

در رابطه ۳، V_{ni} جز مشاهده شده تابع مطلوبیت گزینه i توسط فرد n است که به پارامتر β بستگی دارد. در نهایت تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت ترکیبی به صورت رابطه زیر است:

$$P_{ni} = \int \left(\frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{nj}(\beta)}} \right) f(\beta) d(\beta) \quad (4)$$

هدف مشترکی که در بین مدل‌های انتخاب گسسته وجود دارد به این صورت است که به دنبال استخراج

تهران به سمت ساوه برابر است با ۴ میلیون و ۲۴۸ هزار وسیله نقلیه و میزان حجم عبوری از مسیر جاده قدیم ساوه به سمت تهران برابر با ۴ میلیون و ۲۰۰ هزار وسیله نقلیه است. بنا به آمار تردد شمارها از این مقدار تردد بیشتر از ۸۰ درصد مربوط به سواری‌های شخصی و کمتر از ۲۰ درصد به وسایل نقلیه سنگین است. با استناد به همین آمار که میزان حجم جامعه مورد بررسی را نشان می‌دهد، تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای مدل سازی با استفاده از فرمول کوکران برابر با ۳۸۴ عدد برآورد شد که در دو حوزه مربوط به نمونه‌گیری به تعداد ۷۰۰ عدد پرسشنامه (به صورت مصاحبه‌ای) جمع‌آوری گردید که از این تعداد پس از بررسی نهایی ۶۴۸ عدد از پرسشنامه‌ها مورد تأیید قرار گرفتند. جمع‌آوری اطلاعات به منظور دستیابی به بخشی از ویژگی‌های رفتار حمل‌ونقلی صورت گرفته است و این اطلاعات در فرآیند تحلیل تقاضا باهدف شناخت بهتر عوامل مؤثر بر رفتار و انتخاب افراد به منظور ساخت مدل و توصیف عملکرد آنها در حوزه حمل‌ونقل استفاده می‌شود. بررسی دیدگاه کاربران شبکه به عنوان افرادی که بیشترین تأثیر از طرح قیمت‌گذاری عوارضی‌های آزادراه برون‌شهری را دارند، دارای اهمیت فراوانی است. پرسشنامه در نظر گرفته شده برای رسیدن به این هدف دارای ۳

بخش کلی است که شامل موارد ذیل است: بخش اول: در این بخش مشخصات سفر شامل: تعداد عبور از آزادراه، ساعات رسیدن به عوارضی، هدف سفر، مبدأ و مقصد سفر، زمان شروع و پایان فعالیت، نوع وسیله نقلیه، وضعیت مالکیت خودرو و تعداد سرنشینان وسیله و... آورده شده است. بخش دوم: در بخش دوم مربوط به پرسشنامه به سناریوهای پیشنهادی به کاربران اختصاص داده شده است که در این بخش بر اساس زمان رسیدن کاربران به عوارضی‌ها سه سناریو قیمتی به ترتیب افزایش قیمت به کاربران پیشنهاد داده شده است که با توجه به میزان حسی که به قیمت‌های پیشنهادی و قرار دادن کاربران در فضای فرضی، آنها را به انتخاب از میان پنج گزینه‌ی ارائه شده راهنمایی می‌کند. بخش سوم: در این بخش مشخصات فردی و اقتصادی و اجتماعی مخاطبان طرح مورد پرسشگری قرار گرفته است. این بخش شامل، جنسیت، درآمد، تعداد تملک وسیله نقلیه، تعداد افراد خانوار، نوع پلاک، شغل و... است. در جدول ۱، ویژگی‌های کمی نمونه آماری و در جدول ۲ متغیرهای استفاده شده در مدل ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های کمی نمونه آماری مورد مطالعه

ویژگی	مقدار	فراوانی نسبی (درصد)
جنسیت	مرد	۹۳/۹
	زن	۶/۱
وضعیت تاهل	مجرد	۲۳/۱۲
	متاهل	۷۶/۸۸
سن	بین ۱۸ تا ۲۵	۶/۹
	بین ۲۵ تا ۳۵	۲۶/۷
	بین ۳۵ تا ۴۵	۳۱/۲
	بین ۴۵ تا ۵۵	۲۶/۵
	بیش از ۵۵	۸/۷
تحصیلات	کمتر از دیپلم	۳۶/۹
	دیپلم	۲۱/۶
	لیسانس	۲۷/۳
	دکتری	۱۴/۲
	مهندس	۷/۱
نوع اشتغال	کارمند	۲۳/۳
	شغل آزاد	۳۶/۲
	بازنشسته	۶/۵
	دانشجو	۷/۰
	سایر شغل‌ها	۱۹/۹
بعد خانوار	۱	۳/۵
	۲	۱۷/۶
	۳	۲۶/۴
	۴	۲۹/۵
	۵	۱۷/۲
	۶	۳/۹
	۷	۱/۴
	۸	۰/۵
افراد دارای گواهینامه	۱	۲۲
	۲	۴۳/۵
	۳	۲۲/۲
	۴	۷/۷
	۵	۴/۶
نظر در مورد تخفیف	موافق	۸۳/۶
	مخالف	۷
نوع وسیله	نظری ندارم	۹/۴
	خودرو شخصی	۶۴/۵
	کامیونت‌ها	۳۵/۵
تعدد عبور از آزادراه در ماه	۱ بار	۳۸/۲

۱۱/۹	۲ بار
۶/۵	۳ بار
۱۴/۷	۴ بار
۲/۳	۵ بار
۱/۴	۶ بار
۱۰/۸	۸ بار
۱۴/۲	۱۰ و بیشتر از ۱۰ بار

جدول ۲: متغیرهای مورد استفاده در مدل های انتخاب

نوع متغیر	دسته کلی	متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین
عملکردی سیستم های حمل و نقل	خصوصیات فیزیکی و عملکردی سیستم های حمل و نقل	هزینه عوارضی آزادراه (تومان)	۴۵۰۰	۳۵۰۰۰	۱۵۷۶/۶۲ ۵
		زمان سفر خودرو شخصی (ساعت)	۱	۴۸	۷/۵
		زمان سفر خودرو سنگین (ساعت)	۱	۴۸	۸
مستقل	خصوصیات مربوط به سفر	زمان رسیدن وسایل نقلیه خودرو سواری به عوارضی (روز)	.	۱	۷۵/۷۸
		زمان رسیدن وسایل نقلیه سنگین به عوارضی (روز)	.	۱	۷۳/۴۷
		هدف سفر؛ شغلی	.	۱	۳۳/۸
		هدف سفر؛ تحصیلی	.	۱	۷/۴
		هدف سفر؛ خرید	.	۱	۵/۹
		هدف سفر؛ درمانی	.	۱	۱۲/۲
		هدف سفر؛ تفریح و سرگرمی	.	۱	۱۱/۳
		هدف سفر؛ دیدار آشنایان	.	۱	۱۳/۹
		هدف سفر؛ امور شخصی	.	۱	۱۵/۵
		تعداد دفعات تردد در آزادراه در ماه گذشته	۱	۸۰	۶/۴۴
خصوصیات کاربران	خصوصیات کاربران	شغل؛ شغل آزاد	.	۱	۳۳/۸۱
		شغل؛ بازنشسته	.	۱	۶/۷۱
		شغل؛ دانشجو	.	۱	۶/۹۵
		دلیل عدم درخواست مجوز سالیانه؛ گران بودن طرح	.	۱	۲۱/۶۹
		دلیل انتخاب خودرو شخصی: راحتی	.	۱	۷۴/۳۴
		دلیل انتخاب خودرو شخصی: اجبار	.	۱	۵/۷۵
		دلیل انتخاب آزادراه: کمتر شدن زمان سفر و امکانات رفاهی و خدماتی	.	۱	۴۱/۷۲
		دلیل انتخاب آزادراه: ایمنی و کوتاه شدن زمان سفر	.	۱	۶۰/۶۶
		دلیل انتخاب مسیر آزادراه: راحتی	.	۱	۲۶/۸۵
		تحصیلات: دیپلم و زیر دیپلم	.	۱	۳۵/۱۲
میزان تحصیلات: فوق دیپلم	.	۱	۲۳/۰۲		
جنسیت؛ زن	.	۱	۷/۶۷		
نقش: راننده	.	۱	۷۸/۷۹		

جدول ۳: نتایج مدل لوجیت ترکیبی انتخاب

آماره t	ضریب	متغیر	گزینه
-۷/۳۵	-۱/۴۱۰	قیمت (میانگین)	انجام سفر بدون تغییر
۶/۵۲	۰/۵۹۰	قیمت (انحراف معیار)	
۳/۲۸	۲/۷۹۳	هدف سفر: دیدار آشنایان	
۲/۸۸	۲/۴۹۴	هدف سفر: تفریح و سرگرمی	
۲/۹۴	۱/۶۱۸	دلیل انتخاب خودرو شخصی: راحتی خودرو شخصی	
۳/۴۰	۰/۶۳۰	ارزش زمان (۱۵ دقیقه زودتر رسیدن)	
۱/۹۲	۱/۲۴۵	میزان تحصیلات: فوق لیسانس و بالاتر	
۳/۸۷	۲/۳۴۰	شغل: شغل آزاد	
-۱/۹۰	-۱/۹۵۵	شغل: بازنشسته	
۲/۱۸	۲/۲۸۶	شغل: دانشجو	
۴/۹۳	-۶/۴۰۴	عدد ثابت	
-۲/۷۴	-۰/۱۰۶	زمان سفر	
-۴/۰۷	-۱/۸۰۱	زمان رسیدن به عوارضی: شب (۱۰ شب تا ۷ صبح)	
-۲/۱۷	-۰/۰۳۲	تعدد عبور از آزادراه	تغییر زمان سفر
۲/۷۳	۰/۷۳۰	هدف سفر: امور شخصی دلیل انتخاب آزادراه:	
۳/۶۶	۳/۳۶۷	کوتاه شدن زمان سفر و امکانات رفاهی	
-۲/۲۶	-۱/۳۸۶	جنسیت: زن	تغییر وسیله نقلیه سفر
-۷/۶۹	-۹/۳۲۴	عدد ثابت	
-۲/۱۸	-۰/۰۷۰	زمان سفر	
۲/۳۴	۰/۷۴۰	زمان رسیدن یا خروج از عوارضی: روز	
-۷/۴۹	-۹/۷۱۵	عدد ثابت	
۲/۸۴	۰/۸۵۳	موافق تخفیف در نرخ عوارض	تغییر مسیر سفر
-۲/۸۴	-۱/۱۶۳	دلیل انتخاب آزادراه: ایمنی و کوتاه شدن زمان سفر	
-۲/۶۹	-۰/۷۵۷	مالک وسیله نقلیه: سایر اعضای خانوار	
-۴/۶۱	-۱/۰۸۰	نقش: راننده	

گزینه	متغیر	ضریب	آماره t
لغو سفر	تعداد سرنشینان: سه نفر و کمتر	۰/۷۷۵	۲/۸۲
	تصمیم در صورت در دسترس نبودن خودرو شخصی: لغو سفر	۱/۶۲۶	۳/۰۶
	جنسیت: مرد	۱/۴۵۹	۳/۰۵
	سطح تحصیلات: فوق دیپلم	-۰/۸۵۸	-۳/۸۶
	عدد ثابت	-۱۲/۴۸۴	-۹/۷۳
	هدف سفر: تفریح و سرگرمی	۲/۴۵۲	۵/۷۲
	هدف سفر: دیدار آشنایان	۱/۷۴۰	۴/۳۵
	دلیل انتخاب خودرو شخصی: اجبار	۱/۵۶۴	۳/۱۰
	دلیل انتخاب مسیر آزادراه: راحتی	۱/۲۲۶	۳/۴۳
	مالک وسیله: خود شخص	۱/۱۶۰	۲/۷۴
	سطح تحصیلات: دیپلم و کمتر از دیپلم	۰/۹۱۳	۲/۹۲
	شغل: سایر شغلها	۱/۵۰۴	۴/۵۹
	K	۳۷	
LL(0)	-۲۰۱۳/۴۰۶۸		
LL(C)	-۱۵۶۹/۲۷۱۸		
LL(β)	-۱۱۳۳/۲۵۲۱۱		
ρ^2	۰/۴۳۷۱		
ρ_c^2	۰/۴۳۳۰		
WTP (VTTS)	۷۶۰ (ریال بر ساعت)		
K	۳۷		
LL(0)	-۲۰۱۳/۴۰۶۸		

۵. نتایج پرداخت مدل

پرداخت مدل لوجیت ترکیبی نیازمند تخمین دو گروه از پارامترها است. در مدل لوجیت ترکیبی یک گروه از پارامترها مانند مدل لوجیت چندگانه، برای همه تصمیم گیرها ثابت و یکسان و گروه دیگر از پارامترها به صورت تصادفی با چگالی $f(\beta|\theta)$ که در آن θ مربوط به پارامترهای توزیع تصادفی است، در نظر گرفته می‌شوند. از مدل لوجیت ترکیبی برای یافتن اختلاف سلیقه تصادفی توزیع نرمال انتخاب شده است. همچنین توزیع‌های مختلفی مانند توزیع نرمال، لگاریتم نرمال، مثلثی، یکنواخت و SB جانسون مورد آزمون قرار گرفتند اما اختلاف زیادی در پرداخت مدل‌ها مشاهده نشد.

یکی از اساسی‌ترین آزمون‌های اعتبار یابی مدل‌های پرداخت شده، بررسی مقدار و علامت ضرایب محاسبه شده است. معمولاً در پرداخت مدل‌ها، یک انتظاری از علامت و مقدارهای نسبی ضرایب وجود دارد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۷، تمام ضرایب محاسبه شده از علامت و مقدارهای نسبی قابل انتظار برخوردار هستند. از آماره t به منظور تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای توضیحی مدل با سطح اطمینان مشخص استفاده می‌شود. تمامی متغیرهای توضیحی مدل لوجیت ترکیبی در جدول ۷ در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد معنی دار هستند. با توجه به جدول زیر نکات زیر حاصل می‌شود:

یافته‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف سلیقه تصادفی در بین مسافران در متغیر " قیمت عوارضی " با میانگین $-1/410$ و انحراف معیار $0/590$ است. به عبارتی اهمیت این متغیر در خودرو شخصی برای همه کاربران به صورت یکسان نیست که مدل لوجیت ترکیبی این ناهمگونی در رفتار سفر را با میانگین و انحراف معیار نشان داده است. علامت منفی نشان می‌دهد در صورت افزایش قیمت‌ها، میزان تمایل کاربران خودرو شخصی به عدم تغییر در سفر خود کاهش می‌یابد. متغیر " هدف سفر: دیدار آشنایان " با ضریب مثبت و معنی دار $2/793$ در گزینه انجام سفر ظاهر شده است که بیان می‌کند کاربران با سفرهایی که جزو دسته‌ی سفرهای

ضروری یا مکرر در طول هفته نیست، نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری جدید واکنشی برای تغییر در نوع سفر خود ندارند و متمایل به استفاده از مسیر و وسیله نقلیه شخصی به همان روش خود می‌باشند. متغیر " هدف سفر: دیدار آشنایان " نیز همانند متغیر قبلی در دسته سفرهای غیرضروری قرار دارد و به همین دلیل تعبیری مشابه به متغیر قبلی نیز دارد. برای کاربران ارزش زمان سفر تعریف متفاوتی دارد و هرکدام به تناسب وضع اقتصادی اجتماعی و نوع سفری که دارند درازای کوتاه شدن زمان سفر حاضر به پرداخت مبالغ متفاوتی می‌باشند، متغیر " ارزش زمان (۱۵ دقیقه زودتر رسیدن) " که در گزینه‌ی عدم تغییر سفر با ضریب مثبت و معنی دار $0/630$ ظاهر شده است گویای این قضیه می‌باشد که به هر میزان که افراد برای زودتر رسیدن به مقصد حاضر به پرداخت هزینه بیشتر می‌باشند، تمایل آن‌ها برای عدم تغییر در نوع سفر خود که استفاده از آزادراه و سواری شخصی می‌باشد بیشتر می‌باشد. متغیر " سطح تحصیلات: فوق‌لیسانس و بالاتر " با ضریب مثبت و معنی دار $1/245$ در گزینه عدم تغییر سفر در مدل آمده است که نشان می‌دهد با افزایش تحصیلات میزان تمایل برای عدم تغییر در سفر بیشتر می‌باشد که دلیل آن می‌تواند به این خاطر باشد که با افزایش سطح تحصیلات، میزان درآمد افراد نیز بیشتر می‌شود و با افزایش قیمت‌ها بازهم حاضر به استفاده از آزادراه و وسیله نقلی شخصی می‌باشند. متغیر های " شغل: شغل آزاد، بازنشسته و دانشجو " معنی دار و به ترتیب دارای ضرایب $2/340$ ، $-1/955$ و $2/286$ می‌باشند که همگی در مطلوبیت عدم تغییر سفر مدل، معنی دار شده‌اند، مثبت بودن ضرایب متغیرهای شغل آزاد و دانشجو به ترتیب می‌تواند به این باشد که افراد دارای شغل آزاد دارای میزان درآمدی هستند که تغییر در قیمت عوارضی‌ها تغییری در تصمیم آن‌ها ندارد و قشر دانشجو نیز همان‌طور که قبلاً بیان شد می‌تواند به این دلیل باشد که اکثراً افراد دانشجو نسبت به قیمت‌ها حساس نمی‌باشند چون در خانوار عضو درآمدزا نیستند و مصرف‌کننده هستند،

همچنین ضریب مربوط به متغیر شغل افراد بازنشسته با علامت منفی در مدل ظاهر شده است که نشان می‌دهد ای دسته از کاربران با افزایش قیمت‌ها تمایل آن‌ها برای عدم تغییر سفر کاهش می‌یابد و به دنبال انتخابی هستند که تأثیر افزایش قیمت عوارضی‌ها را با انتخابی جایگزین بر خودشان بی‌اثر یا کمتر کنند که می‌تواند به دلیل کم بودن میزان درآمد ماهیانه این قشر باشد. متغیر " زمان سفر " در گزینه تغییر زمان سفر با ضریب مثبت و معنی‌دار $0/106-$ در مدل ظاهر شده است، که نشان می‌دهد با افزایش زمان سفر که طبیعتاً از افزایش مسافت بین مبدأ و مقصد کاربران ناشی می‌شود، نتیجه‌ی این ضریب این می‌باشد که کاربران با مسافت زیاد سفر به دنبال برخورداری از تخفیف در نرخ عوارض با تغییر زمان سفر خود نیستند، چون با این سیاست در صورت زیاد بودن مسافت، کاربران برای سریع‌تر رسیدن ترجیح می‌دهند از مسیرهای آزادراهی استفاده کنند و چون مسافت زیاد می‌باشد، هماهنگ کردن این موضوع که در زمان‌های تخفیف به عوارضی‌ها برسند قدری دشوار می‌باشد. کاربرانی که زمان رسیدن آخرین سفر آن‌ها به عوارضی‌ها در زمان ۱۰ شب تا ۷ صبح بوده است، ضریب مربوط به متغیر آن‌ها در مطلوبیت تغییر زمان سفر منفی و معنی‌دار بوده که این موضوع با منطق نیز سازگار است. کاربرانی که تقریباً به صورت همیشگی از مسیر آزادراه برای سفر خود استفاده می‌کنند، افرادی هستند که به دلیل شرایط و موقعیت شغلی این رویکرد تردد بالا در آزادراه را دارند، بنابراین زمان شروع سفر این افراد به شرایط کاری آن‌ها وابسته می‌باشد و نمی‌توانند آزادانه آن‌ها انتخاب کنند، به همین خاطر برای این افراد در صورت افزایش قیمت‌های عوارضی مطلوبیت تغییر زمان سفر جذابیت منفی دارد و این گزینه را انتخاب نخواهند کرد، ضریب مربوط به این متغیر نیز در گزینه تغییر زمان سفر که منفی و معنی‌دار می‌باشد این استدلال را تصدیق می‌کند و برابر است با $0/032-$. متغیر " هدف سفر: امور شخصی " با ضریب مثبت و معنی‌دار $0/730$ در گزینه تغییر زمان سفر مدل

ظاهر شده است که گویای این موضوع می‌باشد کاربرانی که هدف سفر آن‌ها از این نوع است در برابر سیاست‌های جدید قیمتی و افزایش آن برای انجام امور شخصی حاضر به تغییر زمان سفر خود برای بهره‌مندی از تخفیف‌های وضع شده می‌باشد. کاربرانی که دلیل انتخاب مسیر آزادراهی را کوتاه شدن زمان سفر و ایمن‌تر بودن آزادراه در مقایسه با مسیر رایگان بوده است، در مطلوبیت تغییر زمان سفر ضریب مربوط به آن‌ها مثبت و برابر $3/367$ می‌باشد که نشان می‌دهد این دسته از کاربران نیز برای بهره‌مندی از دلایل خود در استفاده از آزادراه حاضر به تغییر زمان سفر خود برای پرداخت کمتر هزینه عوارض می‌باشند. تخفیف‌های گذاشته شده برای کاربران در سناریوهای قیمتی همان‌طور که عنوان شده است در ساعات ۱۰ شب الی ۷ صبح می‌باشد که ساعاتی از شبانه‌روز را شامل می‌شود که ممکن است کاربران با جنسیت زن در صورت سفر در این زمان‌ها احساس امنیت نداشته باشند و این موضوع می‌تواند دلیلی برای عدم رغبت کاربران با جنسیت زن برای سفر در این ساعات باشد و ترجیح می‌دهند در ساعاتی که روز می‌باشد سفر کنند، بنابراین همان‌طور که در مدل نیز ضریب مربوط به متغیر زن در مطلوبیت تغییر زمان سفر منفی و معنی‌دار می‌باشد و برابر $1/386-$ است، مدل به دست آمده نیز همین موضوع را نشان می‌دهد که کاربران زن تمایلی به سفر در زمان‌های شب ندارند، حتی اگر از تخفیفانی نیز برخوردار شوند. متغیر " زمان سفر " نیز برای مطلوبیت تغییر وسیله سفر، منفی و معنی‌دار می‌باشد و برابر است با $0/070-$ که نشان می‌دهد با افزایش مسافتی که کاربران برای سفر خود باید بپیمایند، تمایل به تغییر وسیله و گرایش به حمل و نقل عمومی ندارند و به دلایلی که می‌تواند شامل راحتی خودرو شخصی یا در دسترس نبودن حمل و نقل همگانی طبق خواسته آن‌ها میزان مطلوبیت تغییر وسیله برای این دسته از کاربران منفی باشد. ضریب متغیر مربوط به کاربرانی که آخرین سفر خود را در روز (۷ صبح تا ۱۰ شب) به عوارضی داشته‌اند در گزینه تغییر وسیله سفر مثبت

ضریب مثبت و معنی‌دار ۱/۶۲۶ در گزینه تغییر مسیر سفر آمده است. افرادی که در صورت در دسترس نبودن خودرو شخصی، سفر خود را لغو می‌کنند و با وسایل نقلیه از جمله اتوبوس و تاکسی‌های بین‌شهری استفاده نمی‌کنند، در مرحله اول سفر آن‌ها ضروری نبوده است که لغو شده است و در مرحله دوم مسافرت با وسایل نقلیه عمومی ذکر شده را از لحاظ اقتصادی به صرفه نمی‌بینند، بنابراین این دسته از افراد، افرادی هستند که هزینه‌ها برای آن‌ها مهم می‌باشد و همان‌گونه که مدل نشان می‌دهد این افراد در صورت مواجهه با قیمت‌های بالاتر، به سمت مطلوبیت‌های جایگزین از جمله تغییر مسیر می‌روند و جذابیت این گزینه‌ها برای آن‌ها بیشتر می‌شود. در گزینه تغییر مسیر سفر، متغیر مربوط به " جنسیت: مرد " مثبت و معنی‌دار شده است و برابر ۱/۴۹۵ می‌باشد که بیان می‌کند کاربران مرد در صورت افزایش قیمت‌ها حاضر به استفاده از آزادراه نمی‌باشند و به سراغ مسیر رایگان و جایگزین می‌روند. افراد با ویژگی فوق‌دیپلم میزان مطلوبیت مربوط به تغییر مسیر برای آن‌ها منفی می‌باشد و این افراد تمایلی به تغییر مسیر ندارند و راغب به استفاده از همان مسیر آزادراهی می‌باشند که در آخرین سفر خود استفاده کرده‌اند. هدف سفرهای که زیرمجموعه سفرهای غیره ضروری می‌باشند مانند سفرهای تفریحی و دیدار آشنایان در گزینه لغو سفر ضریب مثبت به خود گرفته و معنی‌دار می‌باشند که نشان می‌دهد در صورت افزایش قیمت‌ها این دسته از کاربران حاضرند سفر خود را لغو کرده یا تعداد آن‌ها کاهش یابند اما هزینه‌ای بیشتر پرداخت نکنند و مطلوبیت لغو سفر برای آن‌ها جذاب می‌شود. متغیر " میزان تحصیلات: دیپلم و کمتر از آن " در گزینه لغو سفر با ضریب مثبت و معنی‌دار ۰/۹۱۳ ظاهر شده و نشان از تمایل این افراد به لغو سفر در صورت موج باقیمت‌های جدید می‌باشد که دلیل آن می‌تواند پایین بودن میزان درآمد این قشر به تناسب مدرک تحصیلی آن‌ها باشد. متغیر " سایر شغل‌ها " در گزینه لغو سفر ضریب مثبت و معنی‌دار ۱/۵۰۴ دارد که تفسیری مشابه متغیر قبلی می‌توان داشت

و معنی‌دار و برابر ۰/۷۳۰ می‌باشد که تمایل این دسته از کاربران برای انتخاب مطلوبیت تغییر وسیله سفر در صورت افزایش قیمت‌ها نشان می‌دهد. ضریب متغیر مربوط به افرادی که موافق طرح تخفیف در نرخ عوارض بوده‌اند در مطلوبیت تغییر مسیر مثبت و معنی‌دار بوده و برابر با ۰/۸۵۳ شده است که نشان می‌دهد این افراد همان‌گونه که در موافقت خود با تخفیف به قیمت‌ها واکنش نشان داده‌اند در مدل نیز با اعمال سیاست‌گذاری‌های قیمتی نسبت به افزایش قیمت‌ها مطلوبیت تغییر مسیر برای آن‌ها جذابیت پیدا کرده و در صورت افزایش قیمت به سمت تغییر مسیر تمایل پیدا خواهند کرد. متغیر " دلیل انتخاب آزادراه: ایمنی و کوتاه شدن زمان سفر " با ضریب منفی و معنی‌دار ۱/۱۶۳- در مطلوبیت تغییر مسیر آمده است که بیان می‌کند کاربرانی که برای ایمنی و کوتاه شدن زمان سفر مسیر آزادراه را انتخاب کرده‌اند، در انتخاب آن‌ها قیمت‌ها مطرح نیست و به همان دلیلی که مسیر آزادراه انتخاب کرده‌اند بعد از افزایش قیمت‌ها نیز بازهم از مسیر آزادراهی استفاده می‌کنند. با توجه به ضریبی که برای متغیر " مالک وسیله نقلیه: سایر اعضای خانوار " در مطلوبیت تغییر مسیر مدل ارائه داده است می‌توان این نتیجه را گرفت افرادی که این ویژگی را دارند به دلیل اینکه احتمال دارد عامل درآمدزای خانواده نیستند نسبت به قیمت‌ها واکنشی نشان نمی‌دهند و مسیر راحت‌تر و دسترس‌تر را که مسیر آزادراهی می‌باشد انتخاب می‌کنند. این ضریب معنی‌دار و برابر ۰/۷۵۷- می‌باشد. همانند متغیر قبلی، متغیر مربوط به نقش پاسخ‌دهنده که راننده می‌باشد نیز در گزینه تغییر مسیر، منفی و معنی‌دار می‌باشد و برابر ۱/۰۸۰- است که می‌تواند به این دلیل باشد که برای شخص راننده انتخاب مسیر آزادراهی راحتی و آسودگی بیشتری نسبت به مسیر رایگان دارد، بنابراین با توجه به افزایش قیمت‌ها، کاربری که نقش راننده را دارد بازهم مسیر آزادراهی را ترجیح می‌دهد و تمایلی برای تغییر مسیر خود ندارد. متغیر " تصمیم در صورت در دسترس نبودن خودرو شخصی: لغو سفر " با

که به دلیل کم بودن میزان درآمد این قشر نسبت به قیمت‌های جدید تصمیم که می‌گیرند احتمال اینکه لغو سفر باشد زیادتر است.

جدول ۴: الاستیسیته و اثر حاشیه‌ای برای وسایل خودرو سواری

لغو سفر	تغییر مسیر سفر	تغییر وسیله سفر	تغییر زمان سفر	عدم تغییر	
۲/۵۱۲۹	۲/۵۱۲۹	۲/۵۱۲۹	۲/۵۱۲۹	-۱/۵۱۰۱	الاستیسیته
۰/۰۹۱۷	۰/۳۲۲۰	۰/۱۱۸۸	۰/۱۰۷۸	-۰/۶۴۰۳	اثر حاشیه‌ای

در جداول ۴، الاستیسیته و اثر حاشیه‌ای متغیر هزینه عوارض آزادراه در مدل لوجیت ترکیبی برای وسایل نقلیه خودرو شخصی بررسی شده است. همچنین می‌توان گفت که با افزایش قیمت به اندازه یک درصد، احتمال انتخاب گزینه عدم تغییر وسیله به اندازه ۱/۵۱۰۱ درصد کاهش می‌یابد و از طرف دیگر میزان احتمال انتخاب هر کدام از گزینه‌های دیگر توسط کاربران به مقدار ۲/۵۱۲۹ درصد افزایش پیدا خواهد کرد و در صورتی که هزینه عوارضی آزادراه ۱۰۰۰ تومان گران شود، بیشترین گزینه‌ای که احتمال انتخاب شدن آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد، گزینه تغییر مسیر سفر می‌باشد که احتمال انتخاب آن توسط کاربران به اندازه ۰/۳۲۲۰ درصد افزایش پیدا خواهد کرد و بعد از آن نیز گزینه‌های تغییر وسیله و سپس تغییر زمان سفر می‌باشد که احتمال انتخاب آن‌ها به ترتیب ۰/۱۱۸۸ و ۰/۱۰۷۸ درصد افزایش خواهد یافت.

۶. نتیجه گیری

مدیریت تقاضای حمل و نقل شامل تمام سیاست‌ها و اقداماتی می‌شود که با ایجاد تغییرات در تقاضای حمل و نقل منجر به استفاده کارتر از امکانات و تسهیلات موجود می‌شود و در نتیجه تراکم ترافیکی و پیامدهای آن کاهش می‌یابد. در این صورت تنها افزایش ظرفیت و تأمین عرضه مناسب و بیشتر نمی‌تواند بهترین گزینه تلقی شود. در مواردی افزایش عرضه منجر به افزایش تقاضا می‌شود. یافتن پاسخ مناسب برای این سؤال «که چگونه می‌توان بدون صرف هزینه‌های گزاف مالی و زمانی، وضعیت ترافیکی را بهبود بخشید؟» برای برنامه ریزان حمل و نقل حائز اهمیت است. با توجه به این که بیشترین جابجایی‌های بین شهری به صورت حمل و نقل جاده‌ای انجام می‌گیرد، داشتن برنامه‌ریزی صحیح برای مدیریت و سهولت حمل و نقل بین شهرها بسیار مهم می‌باشد. در ایران اکثر جاده‌های مواصلاتی بین شهرهای مهم و پرتراфик دارای مسیر آزادراهی می‌باشد، اما همان‌طور که اشاره شد برای مدیریت بهتر تنها داشتن زیرساخت‌ها کفایت نمی‌کند بلکه باید در راستای پیشرفت و بالا بردن کارایی حمل و نقل که در نهایت به پیشرفت کشور می‌انجامد، طرح و برنامه‌ریزی‌های کارشناسی برای مدیریت آزادراه‌ها وجود داشته باشد. از مهم‌ترین راهکارها نیز، سیاست‌های قیمت‌گذاری بر روی خدمات حمل و نقلی که آزادراه هم شامل آن می‌باشد را می‌توان نام برد. از آنجایی که اثرات ناشی از سیاست‌های مدیریت حمل و نقل تأثیر مستقیم در رفتار کاربران دارد، مدل‌سازی دقیق رفتار کاربران امری اجتناب‌ناپذیر است تا بتوان رفتار مسافران را در مواجهه با سیاست‌های مختلف مدیریت تقاضا پیش‌بینی کرد. یکی از فرضیاتی که باعث بهبود مدل‌ها می‌شود، وجود ناهمگنی در رفتار شهروندان است. در پژوهش حاضر، انتخاب افراد در مسیر آزادراهی تهران به ساوه، با عوارض متغیر نسبت به وقت شبانه‌روز بررسی می‌شوند. برای این منظور از داده‌های رجحان بیان شده و رجحان آشکار استفاده می‌شود

(عوارض ورود به آزادراه در سه سناریو قیمتی ارائه شده است). به منظور بررسی رفتار مسافران، از مدل لوجیت ترکیبی و مدل لوجیت چندگانه استفاده شده است. به عبارت دیگر در این مطالعه عوامل مؤثر در مطلوبیت استفاده از پنج گزینه موجود برای خودرو شخصی که شامل: انجام سفر بدون تغییر، تغییر زمان سفر، تغییر وسیله سفر، تغییر مسیر سفر، لغو سفر و چهار گزینه موجود برای وسایل نقلیه سنگین که شامل: انجام سفر بدون تغییر، تغییر زمان سفر، تغییر مسیر سفر لغو سفر در برابر سیاست مدیریتی قیمت‌گذاری عوارض آزادراه در مسیر تهران- ساوه با در نظر گرفتن اثر ناهمگنی نیز بررسی شده است. متغیرهای به کاررفته در مدل‌سازی شامل چهار دسته کلی هستند: ۱- خصوصیات فیزیکی و عملکردی سیستم حمل و نقل: مانند هزینه تردد به مسیر آزادراهی و زمان سفر ۲- خصوصیات مربوط به سفر: مانند زمان شروع و پایان سفر، هدف سفر ۳- خصوصیات مربوط به شبکه مانند دسترسی به حمل و نقل همگانی ۴- متغیرهای اجتماعی-اقتصادی مانند شغل، وضعیت تأهل. از مدل لوجیت چندگانه برای برآورد متغیرهای تأثیرگذار در انواع انتخاب کاربران سواری خودرو شخصی و وسایل نقلیه سنگین استفاده شده است، همچنین از طریق همین مدل‌ها میزان حساسیت قیمت‌ها و میزان تمایل به پرداخت‌ها نیز محاسبه شد، اما برای لحاظ کردن ناهمگونی در سلیقه افراد که در مدل لوجیت چندگانه دیده نمی‌شود به سراغ مدل ترکیبی رفته شد. که در این مدل به دلیل داشتن توانایی در در نظر گرفتن تصادفی متغیرها، این امکان را می‌دهد که ناهمگونی موجود در جامع آماری را نیز در نظر گرفت که مزیتی نسبت به مدل لوجیت چندگانه می‌باشد. در پژوهش حاضر متغیر قیمت بسیار مهم می‌باشد و به همین خاطر این متغیر به صورت تصادفی و با توزیع نرمال مدل‌سازی شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد، با افزایش قیمت، کاربران به سمت استفاده از مسیر رایگان تمایل پیدا می‌کنند، همچنین کاربران خودرو سواری به ناوگان حمل و نقل عمومی تغییر وسیله

می‌دهند که با افزایش زمان سفر میزان تمایل آن‌ها به استفاده از خودرو شخصی و مسیر آزادراه بیشتر می‌شود. یافته‌های دیگر نشان می‌دهد، کاربران با تعدد عبور بالا نسبت به قیمت‌ها حساس هستند و به دنبال تغییر مسیر و یا تغییر زمان سفر برای کمتر شدن هزینه‌های سفر خود می‌باشند، همچنین می‌توان گفت که با افزایش قیمت به‌اندازه یک درصد، احتمال انتخاب گزینه عدم‌تغییر وسیله به‌اندازه $1/5101$ درصد کاهش می‌یابد و از طرف دیگر میزان احتمال انتخاب هرکدام از گزینه‌های دیگر توسط کاربران به مقدار $2/5129$ درصد افزایش پیدا خواهد کرد و در صورتی که هزینه عوارضی آزادراه ۱۰۰۰ تومان گران شود، بیشترین گزینه‌ای که احتمال انتخاب شدن آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد، گزینه تغییر مسیر سفر می‌باشد که احتمال انتخاب آن توسط کاربران به‌اندازه $0/3220$ درصد افزایش پیدا خواهد کرد و بعدازآن نیز گزینه‌های تغییر وسیله و سپس تغییر زمان سفر می‌باشد که احتمال انتخاب آن‌ها به ترتیب $0/1188$ و $0/1078$ درصد افزایش خواهد یافت.

- Wong, W. K., Noland, R. B., & Bell, M. G. (2005). The theory and practice of congestion charging. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(7-9).
- Zheng, K., Yao, E., Zhang, J., & Zhang, Y. (2019). Traffic flow estimation on the expressway network using toll ticket data. *IET Intelligent Transport Systems*, 13(5), 886-895.

۷. مراجع

- Alhodairi, M. (2012). Modelling intercity route choice behaviour to explore road users' response to road pricing policy in Libya. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(9), 431-439.
- Ayuningtyas, K. N. S., Frazila, R. B., Wibowo, S. S., Weningtyas, W., & Farda, M. (2019). Network Analysis of Intercity Bus Terminal and Inner-City Toll Road Development-The Case of Bandung City. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2(1), 8-18.
- Burgdorf, C., & Eisenkopf, A. (2018). Effects of road tolls for intercity buses on travel activities and the choice of means of transport in German long-distance passenger transport. *Research in Transportation Economics*, 72, 92-105.
- Dissanayake, D., & Kouli, S. (2007). Intercity Route Choice Stated-Preference Model to Investigate Driver Response to Road Pricing (No. 07-2384).
- Liu, P., & Fan, W. (2020). Exploring injury severity in head-on crashes using latent class clustering analysis and mixed logit model: A case study of North Carolina. *Accident Analysis & Prevention*, 135, 105388.
- Sampaio, C., Macedo, E., Coelho, M. C., & Bandeira, J. M. (2019). Characterization of road traffic externalities in an intercity corridor. *International Journal of Transport Development and Integration*, 3(3), 222-231.
- Sabyrbekov, R., Dallimer, M., & Navrud, S. (2020). Nature affinity and willingness to pay for urban green spaces in a developing country. *Landscape and Urban Planning*, 194, 103700.
- Toledo, T., Jing, P., Atasoy, B., Ding-Mastera, J., Santos, J. O., & Ben-Akiva, M. (2018). Intercity Truck Driver Route Choice Incorporating Drivers' Heterogeneity in Toll Road Usage: Data Collection, Model Estimation, and Model Application (No. 18-02626).
- Van Evert, H., Brog, W., & Erl, E. (2006). *Survey Design: The Past, the Present and the Future In Travel Survey Methods-Quality and Future Directions*; Stopher, P. and Stecher, C.
- Vrtic, M., Schuessler, N., Erath, A., & Axhausen, K. W. (2010). The impacts of road pricing on route and mode choice behaviour. *Journal of Choice Modelling*, 3(1), 109-126.

A pricing model for toll collection of freeways based on the shifting mode share, change of trip route, change of trip time and the willingness of travelers to pay (Case study: Tehran_saveh freeway)

Abstract

One of the most important factors in accelerating the development of countries is transport. one of the most prominent types of transport that has a direct role in the country's development is road transport and quality of infrastructure, and the discussion of route management. To have high quality in terms of intercity road transport, there must first be enough infrastructure, and then to improve the conditions, management of these infrastructures must take place. as infrastructure construction and supply will be somewhat expensive, then, steps should be taken towards progress and development with regard to transport management strategies and economic and social discussions to improve conditions and provide solutions. In Iran, most of the major intercity routes have sufficient infrastructure (freeway tolls), so the second step of the management strategy must be taken in to consideration. toll pricing is the most important part of the issue through which various methods of execution can be determined and quantified by the amount of demand; quality of service, accident rate, air pollution, etc. In Iran, due to the specific economic circumstances of the country, it usually does not follow the pricing of tolls, which initially follow a specific procedure in contracts concluded between the country's road transport agency and freight companies, and each year depending on the conditions and The economic situation of these countries can have a different trend. Therefore, the present study, seeks to see the effect of different pricing strategies with different modes on users' decision, And the results show that: As prices rise tolls, freeway users tend to decline, we find that people who have long travel times tend to use freeways and Personal car.

Keywords: Suburban freeway toll pricing, variable pricing, route choice, mode choice, multiple logit model, mix logit model, willingness to pay