

بررسی تأثیر قیمت گذاری پارکینگ حاشیه‌ای بر تغییر شیوه سفر با استفاده از مدل انتخاب گسسته

امیرحسین نوری، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
محمود صفارزاده (مسئول مکاتبات)، استاد گروه مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست،

دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: saffar_m@modares.ac.ir

چکیده

افزایش وابستگی به خودروی شخصی، مدیریت تقاضای سفر را به یکی از چالش‌های اساسی حمل‌ونقل شهری تبدیل کرده است. در این میان، قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای به عنوان ابزاری اقتصادی می‌تواند نقش مهمی در تغییر رفتار سفر شهروندان ایفا کند. پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر هزینه پارکینگ حاشیه‌ای بر تغییر یا عدم‌تغییر شیوه سفر انجام شده است. بدین منظور، از روش رجحان بیان‌شده و داده‌های حاصل از ۳۹۹ پرسش‌نامه معتبر گردآوری‌شده در محدوده مرکزی شهر کرمان استفاده شد. برای تحلیل رفتار انتخاب کاربران، مدل انتخاب گسسته از نوع لجیت دوتایی به کار گرفته شد که متغیر وابسته آن بیانگر انتخاب بین استفاده از خودروی شخصی و تغییر شیوه سفر است. نتایج برآورد مدل نشان داد که قیمت پارکینگ حاشیه‌ای اثر منفی و معناداری بر مطلوبیت استفاده از خودروی شخصی دارد و با افزایش هزینه پارکینگ، احتمال تغییر شیوه سفر افزایش می‌یابد. همچنین زمان دسترسی به پارکینگ و هدف سفر کاری از عوامل مؤثر در افزایش تمایل به تغییر شیوه سفر شناسایی شدند. در مقابل، وابستگی بیشتر به خودرو و مالکیت بالای خودرو در خانوار احتمال عدم‌تغییر شیوه سفر را افزایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ می‌توانند ابزار مؤثری در مدیریت تقاضای سفر شهری باشند.

واژه‌های کلیدی: قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای، انتخاب شیوه سفر، مدل انتخاب گسسته، لجیت دوتایی

۱. مقدمه

با گسترش شهرنشینی و افزایش وابستگی به خودروی شخصی، مدیریت تقاضای سفر به یکی از چالش‌های اساسی نظام‌های حمل‌ونقل شهری تبدیل شده است. در این میان، پارکینگ به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی زیرساخت حمل‌ونقل، نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌دهی به رفتار سفر شهروندان و انتخاب شیوه حمل‌ونقل ایفا می‌کند. سیاست‌های سنتی مبتنی بر عرضه گسترده و قیمت‌گذاری پایین یا رایگان پارکینگ، به‌ویژه در مناطق مرکزی شهرها، موجب تقویت استفاده از خودروی شخصی، افزایش سفرهای تک‌سرنشین، تشدید تراکم ترافیک و پیامدهای منفی زیست‌محیطی شده است. از این‌رو، در دهه‌های اخیر توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران به استفاده از ابزارهای اقتصادی، به‌ویژه قیمت‌گذاری پارکینگ، به‌عنوان یکی از مؤثرترین راهکارهای مدیریت تقاضای سفر معطوف شده است. مطالعات پیشین نشان می‌دهند که تغییر در هزینه پارکینگ می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر نگرش کاربران و رفتار انتخابی آنان داشته باشد و منجر به تغییر شیوه حمل‌ونقل، تغییر محل پارک، یا حتی تعدیل الگوی سفر شود. با این حال، واکنش کاربران به سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ یکسان نبوده و به مجموعه‌ای از عوامل فردی و ویژگی‌های سفر از جمله درآمد، هدف سفر، نوع خودرو، زمان سفر و دسترسی به گزینه‌های حمل‌ونقل جایگزین وابسته است. افزون بر این، شواهد تجربی حاکی از آن است که در بسیاری از موارد، قیمت‌گذاری پارکینگ نسبت به برخی عوامل کالبدی و کاربری زمین، نقش پررنگ‌تری در کاهش استفاده از خودروی شخصی و افزایش سهم حمل‌ونقل عمومی ایفا می‌کند.

با وجود حجم قابل‌توجهی از پژوهش‌ها در این حوزه، هنوز درک دقیق از نحوه تأثیرگذاری هم‌زمان ویژگی‌های فردی، خصوصیات سفر و سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ بر انتخاب شیوه حمل‌ونقل، به‌ویژه در بسترهای شهری مختلف، به‌طور کامل حاصل نشده است. از این‌رو، پژوهش حاضر با تمرکز

بر تحلیل رفتار کاربران در مواجهه با تغییرات قیمت پارکینگ، در پی آن است تا با بهره‌گیری از مدل‌های انتخاب گسسته، نقش عوامل مؤثر بر انتخاب شیوه حمل‌ونقل را تبیین کرده و شواهدی کاربردی برای طراحی سیاست‌های کارآمد مدیریت پارکینگ و حمل‌ونقل شهری ارائه دهد.

۲. ادبیات پژوهش

در دوره‌های اخیر، مطالعات متعددی باهدف شناسایی نقش ویژگی‌های سفر و خصوصیات فردی کاربران در شکل‌گیری نگرش آن‌ها نسبت به قیمت پارکینگ و انتخاب شیوه حمل‌ونقل انجام شده است. فنگ و یه در سال ۲۰۰۸ با تحلیل هم‌زمان دو سیاست افزایش قیمت پارکینگ و اعمال عوارض تراکم نشان دادند که هر دو سیاست تأثیر معناداری بر جابه‌جایی بین شیوه‌های حمل‌ونقل دارند و واکنش کاربران به هزینه پارکینگ به عواملی نظیر جنسیت، درآمد فردی، زمان سفر و سایر هزینه‌های سفر وابسته است.

یان و همکاران در سال ۲۰۱۹ با استفاده از داده‌های حاصل از پیمایش در یک پردیس دانشگاهی در میشیگان، مدلی برای پیش‌بینی انتخاب محل پارک و شیوه حمل‌ونقل توسعه دادند که نتایج آن نشان داد کاربران بیشتر ترجیح می‌دهند در واکنش به سیاست‌های پارکینگ، محل پارک خود را تغییر دهند تا اینکه به شیوه‌های حمل‌ونقل جایگزین روی آورند.

سمیچویچ و همکاران در سال ۲۰۱۲ با بررسی رفتار کاربران پارکینگ‌های طبقاتی در بلگراد دریافتند که هدف سفر یکی از معنادارترین متغیرهای مؤثر بر حساسیت قیمتی است، به‌طوری که کاربران باهدف کاری نسبت به کاربران با اهداف غیر کاری حساسیت بیشتری به قیمت پارکینگ دارند. در این پژوهش با به‌کارگیری مدل لوجیت چندگانه، نشان داده شد که در صورت غیرقابل‌قبول بودن قیمت پارکینگ، بیشتر کاربران یا به حمل‌ونقل عمومی تغییر شیوه می‌دهند یا پارک خیابانی را انتخاب می‌کنند. هدف مطالعه کاظمی و همکاران در سال ۲۰۱۹، ارزیابی و پیش‌بینی اثر تغییر قیمت پارکینگ حاشیه‌ای بر انتخاب شیوه

حمل و نقل در محدوده مرکزی شهر قزوین بود که نتایج مدل لوجیت نشان داد نوع خودرو به عنوان شاخص درآمد، قیمت پارکینگ، سطح تحصیلات و هدف سفر از عوامل معنادار مؤثر بر انتخاب شیوه حمل و نقل هستند.

پاتل و دیو در سال ۲۰۱۶ با استفاده از رگرسیون لجستیک ابتدا مدل لوجیت دوتایی را برای سنجش مقبولیت سیاست محدودیت زمانی همراه با تعرفه تصاعدی پارکینگ و سپس مدل لوجیت چندگانه را برای پیش‌بینی واکنش کاربران توسعه دادند و نشان دادند که کاربران کمتر تمایل به تغییر محل پارک یا لغو سفر دارند و بیشتر به تغییر شیوه حمل و نقل گرایش نشان می‌دهند.

همچنین شیفتان و برد-ادن در سال ۲۰۰۱ با ارزیابی واکنش بازدیدکنندگان مناطق مرکزی شهر نسبت به افزایش قیمت پارکینگ و کاهش عرضه آن نشان دادند که اغلب کاربران تمایلی به تغییر رفتار ندارند، اما در میان افرادی که رفتار خود را تغییر می‌دهند، کارکنان عمدتاً شیوه حمل و نقل خود را تغییر می‌دهند، درحالی‌که بیش از نیمی از بازدیدکنندگان بیکار یا مقصد سفر را تغییر داده یا از انجام سفر صرف‌نظر می‌کنند.

جدول ۱ خلاصه مطالعات پیشین مرتبط با قیمت‌گذاری پارکینگ است.

جدول ۱. خلاصه مطالعات پیشین مرتبط با قیمت‌گذاری پارکینگ و انتخاب شیوه حمل و نقل

ردیف	نویسندگان (سال)	روش تحقیق	متغیرهای کلیدی
۱	فنگ و یه (۲۰۰۸)	تحلیل رفتاری مبتنی بر داده‌های تجربی	جنسیت، درآمد فردی، زمان سفر، سایر هزینه‌های سفر
۲	یان و همکاران (۲۰۱۹)	مدل انتخاب گسسته مبتنی بر داده‌های پیمایشی	سیاست‌های پارکینگ، محل پارک، شیوه حمل و نقل
۳	سمیچویچ و همکاران (۲۰۱۲)	مدل لوجیت چندگانه	هدف سفر، قیمت پارکینگ، گزینه‌های حمل و نقل
۴	کاظمی و همکاران (۲۰۱۹)	مدل لوجیت	نوع خودرو (شاخص درآمد)، قیمت پارکینگ، تحصیلات، هدف سفر
۵	پاتل و دیو (۲۰۱۶)	لوجیت دوتایی و لوجیت چندگانه	زمان مجاز پارک، تعرفه پارکینگ، گزینه‌های رفتاری
۶	شیفتان و برد-ادن (۲۰۰۱)	تحلیل رفتاری مبتنی بر سناریو	وضعیت اشتغال، قیمت پارکینگ، عرضه پارکینگ

یابد. آماربرداری در اواسط بهمن‌ماه ۱۴۰۳ توسط تیمی دهنفره و در روزهای کاری هفته (شنبه تا سه‌شنبه) اجرا شد. در این مرحله، ۳۹۹ پرسشنامه معتبر از معابر پرتردد محدوده مرکزی شهر کرمان و با اولویت بالای تقاضای پارکینگ جمع‌آوری گردید و توزیع مکانی و زمانی آماربرداری در طراحی لحاظ شد. برای تعیین حجم نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و رابطه (۱) کوکران استفاده شد.

$$n = \frac{N \times t^2 \times S^2}{N \times d^2 + t^2 \times S^2} \quad \& \quad (S^2 = p \times q) \quad (1)$$

که در آن N تعداد کل جمعیت آماری، t ضریب اطمینان، p احتمال وجود صفت در جامعه (نسبت جمعیت دارای صفت

۳. روش پژوهش

در این بخش، روند طراحی پرسش‌نامه، نحوه گردآوری داده‌ها و تحلیل فراوانی آن‌ها تبیین شده و در ادامه، روش مدل‌سازی به‌کاررفته در پژوهش تشریح می‌شود.

۳-۱ داده‌های پژوهش

با توجه به نبود سیاست مؤثر قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای و عدم امکان مشاهده مستقیم رفتار واقعی رانندگان، از روش رجحان بیان‌شده برای بررسی اثر هزینه پارکینگ بر تغییر یا عدم‌تغییر شیوه سفر استفاده شد. داده‌ها از طریق پرسشنامه و به روش مصاحبه حضوری گردآوری شد تا درک صحیح سناریوها توسط پاسخ‌دهندگان تضمین و دقت داده‌های رفتاری افزایش

معین)، q احتمال عدم وجود صفت در جامعه (نسبت جمعیت فاقد صفت معین) و d دقت نمونه‌گیری است. با در نظر گرفتن جمعیت شهر کرمان برابر با ۵۳۷۷۱۸ نفر مطابق سرشماری سال ۱۳۹۵، سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقدار ۰,۵ برای احتمال وجود یا عدم وجود صفت در جامعه و دقت نمونه‌گیری ۵ درصد، حجم نمونه مطابق رابطه (۲)، ۳۸۴ نفر برآورد شد.

$$n = \frac{537718 \times 1.96^2 \times 0.5^2}{537718 \times 0.05^2 + 1.96^2 \times 0.5^2} \quad (2)$$

$$\cong 384$$

پرسش‌نامه شامل اطلاعات سفر روزانه، سناریوهای قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای و ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی بود. در بخش سناریوها، پنج سطح قیمتی ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ هزار تومان به‌ازای هر ساعت طراحی شد و نرخ میان‌ی ۱۵ هزار تومان به‌عنوان نقطه شروع برای همه پاسخ‌دهندگان در نظر گرفته شد. در جدول ۲ با بررسی ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی پاسخ‌دهندگان بیانگر آن است که مردان با فراوانی حدود ۶۰

درصد و افراد متأهل با سهمی نزدیک به ۶۴ درصد بخش غالب پاسخ‌دهندگان را شامل می‌شوند. همچنین افراد غیر سرپرست با فراوانی تقریبی ۵۷ درصد بیشترین حضور را در میان پاسخ‌دهندگان دارند. توزیع سنی نمونه نشان می‌دهد که گروه سنی ۳۳ تا ۴۵ سال با فراوانی حدود ۳۴ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. از نظر سطح تحصیلات، افراد دارای مدرک کارشناسی با سهمی در حدود ۳۴ درصد بیشترین فراوانی را دارند. بررسی تعداد خودرو در خانوار حاکی از آن است که خانوارهای دارای دو خودرو با فراوانی تقریبی ۴۶ درصد و از نظر تعداد اعضای خانوار، خانوارهای چهارنفره با سهمی نزدیک به ۳۵ درصد بیشترین فراوانی را نشان می‌دهند. در نهایت، توزیع متوسط هزینه ماهانه خانوار نشان می‌دهد که بازه ۲۱ تا ۲۵ میلیون تومان با فراوانی حدود ۲۴ درصد بیشترین سهم را در میان پاسخ‌دهندگان دارد.

جدول ۲. نتایج تحلیل فراوانی مشخصات اجتماعی-اقتصادی نمونه پژوهش

ردیف	مشخصات اجتماعی - اقتصادی	متغیر	فراوانی	فراوانی نسبی (درصد)
۱	جنسیت	مرد	۲۳۸	۵۹,۶۵
۲		زن	۱۶۱	۴۰,۳۵
۳	وضعیت تأهل	متأهل	۲۵۴	۶۳,۶۶
۴		مجرد	۱۴۵	۳۶,۳۴
۵	سرپرست خانوار	خیر	۲۲۷	۵۶,۸۹
۶		بله	۱۷۲	۴۳,۱۱
۷	سن	۱۸-۲۴	۷۳	۱۸,۳۰
۸		۲۵-۳۲	۱۳۵	۳۳,۸۳
۹		۳۳-۴۵	۱۳۶	۳۴,۰۹
۱۰		۴۶-۵۵	۳۹	۹,۷۷
۱۱		بیشتر از ۵۵	۱۶	۴,۰۱
۱۲	سطح تحصیلات	کمتر از دیپلم، دیپلم	۹۵	۲۳,۸۱
۱۳		فوق دیپلم (کاردانی)	۱۱۹	۲۹,۸۲
۱۴		کارشناسی	۱۳۷	۳۴,۳۴
۱۵		کارشناسی ارشد	۴۱	۱۰,۲۸

ردیف	مشخصات اجتماعی - اقتصادی	متغیر	فراوانی	فراوانی نسبی (درصد)
۱۶	تعداد خودرو خانوار	دکتری، پزشک	۷	۱,۷۵
۱۷		۲ عدد	۱۸۴	۴۶,۱۲
۱۸		۳ عدد	۳۰	۷,۵۲
۱۹		۴ عدد و بیشتر	۳	۰,۷۵
۲۰		کمتر از ۲ نفر	۴۶	۱۱,۵۳
۲۱	تعداد اعضای خانوار	۳ نفره	۱۲۱	۳۰,۳۳
۲۲		۴ نفره	۱۳۸	۳۴,۵۹
۲۳		۵ نفره	۷۴	۱۸,۵۵
۲۴		بیشتر از ۶ نفر	۲۰	۵,۰۱
۲۵		از ۱ تا ۵	۰	۰,۰۰
۲۶	متوسط هزینه ماهانه (میلیون تومان)	از ۶ تا ۱۰	۱۲	۳,۰۱
۲۷		از ۱۱ تا ۱۵	۳۶	۹,۰۲
۲۸		از ۱۶ تا ۲۰	۶۷	۱۶,۷۹
۲۹		از ۲۱ تا ۲۵	۹۷	۲۴,۳۱
۳۰		از ۲۶ تا ۳۰	۸۱	۲۰,۳۰
۳۱		از ۳۱ تا ۳۵	۴۱	۱۰,۲۸
۳۲		از ۳۶ تا ۴۰	۳۳	۸,۲۷
۳۳		از ۴۱ تا ۴۵	۲۱	۵,۲۶
۳۴		از ۴۶ تا ۶۰	۷	۱,۷۵
۳۵		بیش از ۵۰	۴	۱,۰۰

بررسی مشخصات سفر پاسخ‌دهندگان نشان می‌دهد که از نظر هدف سفر، سفرهای خرید با فراوانی حدود ۳۳ درصد بیشترین سهم را در میان سفرها به خود اختصاص داده‌اند. در خصوص نوع پارکینگ مورد استفاده برای خودروی شخصی، پارکینگ حاشیه‌ای (کنار خیابان) با فراوانی تقریبی ۶۷ درصد بیشترین میزان استفاده را نشان می‌دهد. همچنین بررسی دفعات استفاده از خودروی شخصی بیانگر آن است که بیشترین سهم مربوط به افرادی است که به صورت روزانه از خودروی شخصی استفاده می‌کنند، به طوری که این گروه حدود ۴۳ درصد از پاسخ‌دهندگان را شامل می‌شود.

جدول ۳. نتایج تحلیل فراوانی مشخصات سفر نمونه پژوهش

ردیف	مشخصات سفر	متغیر	فراوانی	فراوانی نسبی (درصد)
۱	هدف سفر	سفر کاری	۱۰۸	۲۷,۰۷
۲		سفر خرید	۱۳۱	۳۲,۸۳
۳		سفر تحصیلی	۹	۲,۲۶
۴		سفر اجتماعی و تفریحی	۶۴	۱۶,۰۴

ردیف	مشخصات سفر	متغیر	فراوانی	فراوانی نسبی (درصد)
۵	نوع پارکینگ خودرو شخصی	سفر شخصی	۸۷	۲۱,۸۰
۶		حاشیه‌ای (کنار خیابان)	۲۶۸	۶۷,۱۷
۷		عمومی (خارج از خیابان)	۱۳۱	۳۲,۸۳
۹	دفعات استفاده از خودرو شخصی	۲ بار در هفته	۱۶	۴,۰۱
۱۰		۳ بار در هفته	۳۲	۸,۰۲
۱۱		۴ بار در هفته	۵۹	۱۴,۷۹
۱۲		۵ بار در هفته	۵۵	۱۳,۷۸
۱۳		۶ بار در هفته	۶۷	۱۶,۷۹
۱۴		هر روز	۱۷۰	۴۲,۶۱

۳-۲ روش مدل‌سازی

مدل لجیت از جمله ساده‌ترین و درعین‌حال پرکاربردترین مدل‌های انتخاب گسسته به شمار می‌رود. یکی از گونه‌های این مدل، لجیت دوتایی است که برای تبیین نحوه انتخاب افراد میان دو گزینه مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس نظریه حداکثر مطلوبیت، مطلوبیت هر گزینه از دو مؤلفه تشکیل می‌شود که به صورت رابطه (۳) بیان می‌گردد:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad \forall i \quad (3)$$

در این رابطه، U_i بیانگر تابع مطلوبیت، V_i بخش قابل مشاهده و ε_i بخش ناشناخته یا تصادفی مطلوبیت است. توسعه مدل‌های انتخاب گسسته بر این فرض استوار است که افراد گزینه‌ای را انتخاب می‌کنند که بیشترین مطلوبیت را برای آنان فراهم سازد. بر این اساس، احتمال انتخاب گزینه i مطابق رابطه (۴) قابل محاسبه است:

$$P_i = \text{Prob}(U_i > U_j) \quad \forall i \neq j \quad (4)$$

در رابطه (۴)، P_i نشان‌دهنده احتمال انتخاب گزینه i است. با بسط رابطه (۴)، رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} P_i &= P(V_i + \varepsilon_i > V_j + \varepsilon_j) \quad \forall i \neq j \\ &= P(\varepsilon_j - \varepsilon_i < V_i - V_j) \quad \forall i \neq j \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_j < V_i - V_j + \varepsilon_i) \quad \forall i \neq j \\ &= \int F[\varepsilon_j < V_i - V_j + \varepsilon_i] f_i(\phi) d\phi \end{aligned} \quad (5)$$

در رابطه (۵)، $F[\cdot]$ تابع چگالی مشترک $[\varepsilon_i, \varepsilon_j]$ و $f_i(\phi)$ تابع

چگالی حاشیه‌ای ε_i است. در مدل لجیت فرض می‌شود که ε دارای توزیع مستقل و مشخص کامل است. تابع چگالی برای هر مؤلفه مشاهده نشده در تابع مطلوبیت، به کمک رابطه (۶) و توزیع تجمعی آن با رابطه (۷) نمایش داده می‌شود.

$$f(\varepsilon_i) = e^{-\varepsilon_i} e^{-e^{-\varepsilon_i}} \quad (6)$$

$$F(\varepsilon_i) = e^{-e^{-\varepsilon_i}} \quad (7)$$

با ترکیب روابط (۵)، (۶) و (۷)، رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$P_i = \int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{i \neq j} e^{-e^{-(V_i - V_j + \varepsilon_i)}} e^{-\varepsilon_i} e^{-e^{-\varepsilon_i}} d\varepsilon \quad (8)$$

با ساده نمودن رابطه (۸)، رابطه (۹) حاصل می‌شود که بیانگر احتمال انتخاب گزینه i است:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(V_i - V_j)}} \quad (9)$$

به‌طورکلی، ضرایب پرداخته‌شده برای مدل لجیت دوتایی، اطلاعات مفید مستقیمی از ارتباط بین متغیرهای مستقل و خروجی ارائه نمی‌دهد. تفسیرهای معنی‌داری بر اساس پیش‌بینی احتمال و تابعی از این احتمالات وجود دارد. احتمالات پیش‌بینی شده برای مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل در مدل لجیت دوتایی با استفاده از رابطه (۱۰) به دست می‌آید:

$$\text{Pr}(y = 1 | x) = \Lambda(x\beta) \quad (10)$$

که در آن، Λ تابع چگالی تجمعی برای توزیع لجستیک با پراکندگی $\frac{\pi^2}{3}$ است. برای هر مجموعه از متغیرهای مستقل، احتمالات محاسبه خواهند شد. در این مطالعه مدل لجستیک دوتایی جهت تعیین میزان استفاده و عدم استفاده از خودرو شخصی پرداخته شده است.

۴. تحلیل داده‌ها

انتخاب نوع مدل تحلیلی با توجه به اهداف پژوهش و ماهیت داده‌ها انجام شده است. از آنجاکه متغیر وابسته پژوهش حاضر ماهیتی دوتایی داشته و بیانگر انتخاب بین عدم تغییر شیوه سفر و استفاده از خودروی شخصی و تغییر شیوه سفر است، از مدل لجستیک دوگانه برای مدل‌سازی رفتار انتخاب استفاده شده است. در این مرحله، پس از بررسی ترکیب‌های مختلف متغیرها و آزمون فرم‌های متفاوت کدگذاری، مدلی که با ۱۱ متغیر مستقل بیشترین بهبود را در مقدار لگاریتم تابع درستنمایی، معناداری ضرایب و قابلیت تفسیر سیاستی نشان داد، به عنوان مدل نهایی انتخاب شد.

نتایج برآورد مدل در جدول ۴ مربوطه ارائه شده است. علامت ضرایب متغیرها در مدل نهایی با انتظارات نظری و مبانی رفتاری انتخاب شیوه سفر سازگار است. بر اساس نتایج، اغلب متغیرها در سطوح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد معنادار بوده و مدل از توان تبیینی مناسبی برخوردار است. مثبت و معنادار بودن جمله ثابت گزینه خودروی شخصی نشان می‌دهد که علاوه بر متغیرهای وارد شده در مدل، عوامل مشاهده نشده دیگری نیز می‌توانند بر تمایل افراد به عدم تغییر شیوه سفر و استفاده از خودروی شخصی اثرگذار باشند.

متغیر قیمت پارکینگ حاشیه‌ای با ضریب منفی و کاملاً معنادار در سطح ۱ درصد در مدل ظاهر شده است. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش هزینه ساعتی پارکینگ، مطلوبیت استفاده از خودروی شخصی کاهش یافته و احتمال تغییر شیوه سفر افزایش می‌یابد. منفی بودن و معناداری بالای این متغیر بیانگر حساسیت قابل توجه کاربران نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ

حاشیه‌ای است. همچنین متغیر زمان دسترسی به پارکینگ که شامل مجموع مدت‌زمان جستجوی جای پارک و زمان پیاده‌روی از محل پارکینگ تا مقصد است، با ضریب منفی و معنادار در مدل برآورد شده است. این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش هزینه‌های زمانی مرتبط با پارکینگ، جذابیت استفاده از خودروی شخصی را کاهش داده و کاربران را به سمت تغییر شیوه سفر سوق می‌دهد.

متغیر هدف سفر کاری با ضریب منفی و بسیار معنادار در مدل ظاهر شده است. این یافته بیانگر آن است که در سفرهای کاری، احتمال تغییر شیوه سفر در مواجهه با افزایش هزینه و دشواری پارکینگ بیشتر است. این نتیجه می‌تواند ناشی از محدودیت‌های زمانی، فشار هزینه‌ای و امکان استفاده از گزینه‌های جایگزین حمل‌ونقل در سفرهای کاری باشد. همچنین متغیر دفعات استفاده هفتگی از خودروی شخصی دارای ضریب مثبت و معنادار است که نشان می‌دهد هرچه وابستگی فرد به استفاده مکرر از خودرو بیشتر باشد، احتمال ادامه استفاده از خودروی شخصی و عدم تغییر شیوه سفر افزایش می‌یابد.

نتایج نشان می‌دهد که متغیر E3_01 مربوط به گروه سنی ۱۸ تا ۲۴ سال دارای ضریب منفی و معنادار است. این نتیجه بیانگر آن است که افراد جوان‌تر تمایل کمتری به استفاده از خودروی شخصی داشته و آمادگی بیشتری برای تغییر شیوه سفر از خود نشان می‌دهند. در مقابل، متغیر E3_05 مربوط به گروه‌های سنی بالاتر از ۵۵ سال با ضریب مثبت و معنادار در مدل ظاهر شده است که نشان‌دهنده افزایش تمایل به استفاده از خودروی شخصی و مقاومت بیشتر در برابر تغییر شیوه سفر با افزایش سن است. این یافته نشان می‌دهد که اثر سن بر رفتار انتخاب شیوه سفر غیرخطی بوده و گروه‌های مختلف سنی واکنش متفاوتی نسبت به سیاست‌های پارکینگ دارند. متغیر هزینه متوسط ماهانه خانوار نیز نشان می‌دهد که متغیر E9_06_07 گروه‌های با هزینه متوسط ماهانه خانوار ۲۶ تا ۳۵ میلیون تومان دارای ضریب منفی و معنادار در سطح اطمینان ۹۰ درصد است که بیانگر

حساسیت بیشتر این گروه نسبت به هزینه پارکینگ و تمایل بالاتر به تغییر شیوه سفر است. در مقابل، متغیر E9_08_11 گروه‌های با هزینه متوسط ماهانه خانوار بالای ۳۶ میلیون تومان دارای ضریب مثبت و معنادار بوده و نشان می‌دهد که خانوارهای با هزینه ماهانه بالاتر، تمایل بیشتری به ادامه استفاده از خودروی شخصی دارند و کمتر تحت تأثیر سیاست‌های قیمتی پارکینگ قرار می‌گیرند. متغیر نسبت تعداد خودرو به اعضای خانوار با

ضریب مثبت و معنادار نشان می‌دهد که خانوارهای دارای وضعیت اشباع خودرو، تمایل بیشتری به استفاده از خودروی شخصی دارند. همچنین متغیر سطح تحصیلات بالاتر از کارشناسی ارشد دارای اثر مثبت و معنادار است که می‌تواند ناشی از ارزش بالاتر زمان و ترجیح راحتی در سفر برای این گروه باشد.

جدول ۴. نتایج پرداخت مدل لوجیت دوتایی قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای

ردیف	نماد متغیر	توصیف متغیر	ضریب	خطای استاندارد	سطح معناداری
۱	ASC_Car	جمله ثابت (خودروی شخصی)	۱,۱۳۰۰	۰,۳۶۶۰۰	۰,۰۰۲
۲	Price	قیمت ساعتی پارکینگ حاشیه‌ای (هزار تومان)	-۰,۰۶۴۱	۰,۰۰۶۸۳	۰,۰۰۰
۳	Q1_01	مجازی (هدف سفر کاری)	-۰,۸۸۸۰	۰,۱۵۳۰۰	۰,۰۰۰
۴	Q8_Q10	پیوسته (زمان دسترسی به پارکینگ که مجموع زمان جستجو و زمان پیاده‌روی به دقیقه)	-۰,۰۲۱۰	۰,۰۰۷۹۸	۰,۰۰۹
۵	Q11	گسسته (دفعات استفاده هفتگی از خودروی شخصی)	۰,۱۱۵۰	۰,۰۴۹۶۰	۰,۰۲۱
۶	E3_01	مجازی (بازه سنی ۱۸ تا ۲۴ سال)	-۰,۳۲۸۰	۰,۱۶۶۰۰	۰,۰۴۸
۷	E3_05	مجازی (بازه سنی ۵۵ تا ۶۹ سال)	۱,۶۵۰۰	۰,۵۵۳۰۰	۰,۰۰۳
۸	E4	مجازی (تحصیلات بالاتر از کارشناسی ارشد)	۰,۸۰۴۰	۰,۲۴۸۰۰	۰,۰۰۱
۹	Comb_E8_E7	پیوسته (نسبت تعداد خودرو به اعضای خانوار)	۱,۰۳۰۰	۰,۴۲۲۰۰	۰,۰۱۵
۱۰	E9_06_07	مجازی (هزینه ماهانه خانوار بین ۲۶ تا ۳۵ میلیون تومان)	-۰,۲۷۲۰	۰,۱۵۰۰۰	۰,۰۷۰
۱۱	E9_08_11	مجازی (هزینه ماهانه خانوار بالای ۳۶ میلیون تومان)	۰,۴۹۹۰	۰,۲۱۹۰۰	۰,۰۲۳

مطابق جدول ۵ شاخص‌های ارزیابی مدل نشان می‌دهد که مدل لوجیت دوگانه از برازش مناسبی برخوردار است. مقدار لگاریتم تابع درستنمایی نهایی برابر با ۶۸۵,۳۱- بوده و مقدار ρ^2 برابر با ۰,۲۳۴ و ρ^2 تعدیل‌شده برابر با ۰,۲۲۱ به دست آمده است.

بهبود قابل‌توجه لگاریتم تابع درستنمایی نسبت به مدل اولیه، بیانگر توان مناسب مدل در تبیین رفتار تغییر و عدم تغییر شیوه سفر در مواجهه با سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای است.

جدول ۵. ارزیابی مدل لوجیت دوتایی قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای

ردیف	شاخص	مقدار
۱	تعداد مشاهدات	۱۲۹۰
۲	لگاریتم تابع درستنمایی سهم برابر	-۸۹۴,۱۶۰
۳	لگاریتم تابع درستنمایی در همگرایی	-۶۸۵,۳۱۱
۴	ضریب نیکویی برازش نسبت به سهم برابر	۰,۲۳۴

ردیف	شاخص	مقدار
۵	ضریب نیکویی برازش نسبت به سهم برابر تعدیل شده	۰,۲۲۱

بیشتری به تغییر شیوه سفر دارند، درحالی که با افزایش سن، احتمال استفاده از خودروی شخصی افزایش می یابد. همچنین تحصیلات بالاتر و مالکیت بالای خودرو در خانوار اثر حاشیه ای مثبت داشته و نشان دهنده کاهش حساسیت این گروه ها نسبت به سیاست های قیمتی پارکینگ است. در نهایت، گروه های میانی هزینه خانوار حساسیت بیشتری نسبت به افزایش هزینه پارکینگ نشان می دهند، درحالی که گروه های با هزینه بالاتر تمایل بیشتری به ادامه استفاده از خودروی شخصی دارند. به طور کلی، نتایج حاکی از آن است که سیاست های قیمت گذاری پارکینگ، به ویژه در ترکیب با عوامل زمانی، ابزار مؤثری برای تشویق به تغییر شیوه سفر محسوب می شوند.

نتایج اثرات حاشیه ای نشان می دهد که قیمت پارکینگ حاشیه ای اثر منفی و قابل توجهی بر احتمال استفاده از خودروی شخصی دارد؛ به طوری که با افزایش هزینه پارکینگ، تمایل به تغییر شیوه سفر افزایش می یابد. این یافته نقش کلیدی سیاست های قیمت گذاری پارکینگ را در مدیریت تقاضای سفر تأیید می کند. متغیر هدف سفر کاری و همچنین زمان دسترسی به پارکینگ دارای اثر حاشیه ای منفی هستند که نشان می دهد در سفرهای کاری و در شرایط افزایش هزینه های زمانی مرتبط با پارکینگ، احتمال تغییر شیوه سفر بیشتر می شود. در مقابل، دفعات استفاده هفتگی از خودروی شخصی اثر مثبت دارد و بیانگر مقاومت بیشتر کاربران پرتکرار در برابر تغییر شیوه سفر است. نتایج مربوط به گروه های سنی نشان می دهد افراد جوان تر تمایل

جدول ۶. اثر حاشیه ای متغیرهای لججیت دوتایی قیمت گذاری پارکینگ حاشیه ای

ردیف	نماد متغیر	اثر حاشیه ای
۱	Price	-۰,۰۱۶۰
۲	Q1_01	-۰,۲۲۲۰
۳	Q8_Q10	-۰,۰۰۵۳
۴	Q11	۰,۰۲۸۸
۵	E3_01	-۰,۰۸۲۰
۶	E3_05	۰,۴۱۲۵
۷	E4	۰,۲۰۱۰
۸	Comb_E8_E7	۰,۲۵۷۵
۹	E9_06_07	-۰,۰۶۸۰
۱۰	E9_08_11	۰,۱۲۴۸

۱- نتایج برآورد مدل نشان داد که قیمت پارکینگ حاشیه ای یکی از مهم ترین و معنادارترین عوامل مؤثر بر رفتار انتخاب شیوه سفر است. منفی و معنادار بودن ضریب قیمت پارکینگ بیانگر آن است که با افزایش هزینه ساعتی پارکینگ، مطلوبیت استفاده از خودروی شخصی کاهش یافته و احتمال تغییر شیوه

۵. نتیجه گیری

پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر سیاست قیمت گذاری پارکینگ حاشیه ای بر تغییر یا عدم تغییر شیوه سفر، با استفاده از داده های رجحان بیان شده و به کارگیری مدل لججیت دوتایی انجام شد.

سفر افزایش می‌یابد. این یافته نقش کلیدی ابزارهای اقتصادی، به‌ویژه قیمت‌گذاری پارکینگ را در مدیریت تقاضای سفر شهری تأیید می‌کند.

۲- علاوه بر عامل قیمت، متغیرهای زمانی مرتبط با پارکینگ نیز تأثیر معناداری بر رفتار کاربران دارند. نتایج نشان داد که افزایش زمان دسترسی به پارکینگ، شامل زمان جستجوی جای پارک و زمان پیاده‌روی تا مقصد، احتمال تغییر شیوه سفر را افزایش می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که کاربران نه تنها به هزینه‌های پولی، بلکه به هزینه‌های زمانی سفر نیز حساس بوده و سیاست‌های کاهش جذابیت پارکینگ می‌توانند از طریق افزایش این هزینه‌ها، استفاده از خودروی شخصی را محدود کنند.

۳- بررسی ویژگی‌های فردی و سفر نشان داد که واکنش کاربران به سیاست‌های قیمت‌گذاری پارکینگ ناهمگن است. سفرهای کاری نسبت به سایر اهداف سفر حساسیت بیشتری به افزایش هزینه و دشواری پارکینگ دارند و احتمال تغییر شیوه سفر در این گروه بیشتر است. همچنین افراد جوان‌تر تمایل بالاتری به تغییر شیوه سفر نشان می‌دهند، درحالی‌که با افزایش سن، تمایل به ادامه استفاده از خودروی شخصی افزایش یافته و مقاومت در برابر تغییر رفتار بیشتر می‌شود. از نظر ویژگی‌های اقتصادی، گروه‌های با هزینه ماهانه متوسط حساسیت بیشتری نسبت به افزایش قیمت پارکینگ دارند، درحالی‌که خانوارهای با هزینه ماهانه بالاتر و همچنین خانوارهای دارای نسبت بالای مالکیت خودرو، کمتر تحت تأثیر سیاست‌های قیمتی قرار می‌گیرند.

۴- نتایج اثرات حاشیه‌ای نیز این یافته‌ها را تأیید کرده و نشان می‌دهد که قیمت پارکینگ، زمان دسترسی و هدف سفر کاری بیشترین نقش را در افزایش احتمال تغییر شیوه سفر دارند، درحالی‌که وابستگی بالا به خودرو، سطح تحصیلات بالاتر و مالکیت بالای خودرو، احتمال عدم تغییر شیوه سفر را تقویت می‌کند. این نتایج حاکی از آن است که سیاست‌های

قیمت‌گذاری پارکینگ به‌تنهایی برای همه گروه‌ها اثر یکسانی ندارند و لازم است به‌صورت هدفمند و متناسب با ویژگی‌های جمعیتی و سفر کاربران طراحی شوند.

درمجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که قیمت‌گذاری پارکینگ حاشیه‌ای، به‌ویژه در ترکیب با سیاست‌های افزایش هزینه‌های زمانی پارکینگ و بهبود گزینه‌های جایگزین حمل‌ونقل، می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای کاهش وابستگی به خودروی شخصی و تشویق به تغییر شیوه سفر مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران شهری با طراحی نظام‌های قیمت‌گذاری پلکانی و هدفمند، تمرکز بر سفرهای کاری و گروه‌های حساس به قیمت و هم‌زمان ارتقای کیفیت حمل‌ونقل عمومی، از ظرفیت پارکینگ به‌عنوان یکی از مؤثرترین ابزارهای مدیریت تقاضای سفر بهره‌برداری کنند. همچنین انجام پژوهش‌های آتی با استفاده از داده‌های رفتاری واقعی و مدل‌های پیشرفته‌تر انتخاب گسسته می‌تواند به تعمیق درک اثرات بلندمدت این سیاست‌ها کمک کند.

۶. مراجع

– Feng, S. W., & Ye, J. J. (2008). A Comparative Study of Parking and Congestion Charge Policies based on Transport Mode Choice Estimation. 2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 506–510.

<https://doi.org/10.1109/ITSC.2008.4732577>

– Yan, X., Levine, J., & Marans, R. (2019). The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use. *Transport Policy*, 73, 41–50.

<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.10.009>

– Simićević, J., Milosavljević, N., & Maletić, G. (2012). Influence of parking price on parking garage users' behaviour. *Promet-Traffic&Transportation*, 24(5), 413–423.

Transportation Research Board, 1765(1), 27–34.

<https://doi.org/10.3141/1765-05>

– Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. John Wiley & Sons.

– Kanafani, A. (1983). Transportation demand analysis.

– Train, K. E. (2009). Discrete choice methods with simulation. Cambridge University Press.

– Long, J. S., & Freese, J. (2006). Regression models for categorical dependent variables using Stata (Vol. 7). Stata Press.

– Kazemi, A., Mirbaha, B., & Kordani, A. A. (2019). Effect of on-street parking pricing on motorists' mode choice. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, 172(2), 96–105.

<https://doi.org/10.1680/jmuen.16.00051>

– Patel, M., & Dave, S. (2016). Modeling the Response to Paid on Street Parking Policy for Two Wheelers and Four Wheelers on Busy Urban Streets of CBD Area – A Case Study of Surat City. Transportation Research Procedia, 17, 576–585.

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.112>

– Shiftan, Y., & Burd-Eden, R. (2001). Modeling Response to Parking Policy. Transportation Research Record: Journal of the