

# مدل سازی رفتار انتخاب وسیله‌ی مسافران شهر تهران در اثر اجرای همزمان سیاست‌های مدیریت تقاضا با ترکیب داده‌های رجحان آشکار شده و بیان شده

- سیداحسان سیدابریشمی<sup>۱</sup>، امیررضا ممدوحی<sup>۲</sup>، وحید پورطالبی<sup>۳</sup>
- ۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- ۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

## چکیده

قیمت‌گذاری تراکم یکی از سیاست‌های رایج مدیریت تقاضا در کلان شهرها برای حذف سفرهای غیر ضروری یا تغییر شیوه‌ی سفر است. هدف از این مقاله ارزیابی اثرات همزمان ناشی از سیاست‌های دفعی قیمت‌گذاری تراکم و سیاست تشویقی بهبود ناوگان اتوبوس‌رانی بر نحوه‌ی انتخاب وسیله‌ی استفاده‌کنندگان است. داده‌های مورد استفاده‌ی این مطالعه از طریق تکمیل ۲۵۱ پرسشنامه در ناحیه‌ی زوج یا فرد شهر تهران جمع‌آوری شده است که شامل دو بخش اطلاعات رجحان آشکار شده و بیان شده است. رجحان آشکار شده شامل اطلاعات وضعیت موجود تسهیلات حمل و نقل و رجحان بیان شده نشان دهنده‌ی گزینه‌های انتخابی کاربران در برخورد با شرایط جدید سیاست‌هاست. به دلیل فرضی بودن اطلاعات رجحان بیان شده نسبت به رجحان آشکار شده، این دو دسته اطلاعات ارزش یکسانی ندارند، از این رو در ساخت مدل به مقایسه‌ی نتایج مدل ترکیب وزنی دو دسته اطلاعات نیز پرداخته شده است. شاخص  $p^2$  برای مدل ترکیبی ۱/۱۴ برابر مدل معمولی بدست آمد، که نشان می‌دهد مدل ترکیب وزنی توصیف بهتری از اطلاعات جمع‌آوری شده دارد. نتایج نشان می‌دهد، مدل ترکیب وزنی ۱۹٪ از وزن داده‌های رجحان بیان شده را کمتر برآورد کرده است.

**کلید واژه:** رفتار انتخاب وسیله، قیمت‌گذاری تراکم، رجحان بیان شده، رجحان آشکار شده

**ساختار مقاله:** مقدمه، مرور بر مطالعات گذشته، معرفی داده‌ها، روش‌شناسی پژوهش، تحلیل نتایج، نتیجه‌گیری.

## ۱- مقدمه

که امکان استفاده بیشتر از حمل و نقل همگانی را فراهم می‌سازد. اجرای این روش علاوه بر رفع مشکلات ترافیکی از قبیل کاهش زمان سفر، کاهش تردد و حجم داخل کمان‌ها، اثرات دیگری نیز بر شبکه حمل و نقل می‌گذارد [۱]. بنابراین برای اجرای این طرح باید تمام جوانب و اثرات احتمالی را در نظر گرفته تا با مشکلی در حین اجرای طرح یا حتی شکست مواجه نشود. برای بررسی این اثرات از مدل‌های تحلیل رفتار کاربران تحت تأثیر این سیاست‌ها، که معمولاً مدل‌های انتخاب گسسته است، استفاده می‌شود. برای مدل سازی انتخاب گسسته از دو دسته داده‌ی رجحان آشکار شده<sup>۱</sup> و رجحان بیان شده<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. داده‌های رجحان آشکار شده شامل مجموعه انتخاب‌هایی است که با توجه به وضع

رشد و تقابل نابرابر عرضه و تقاضا در شبکه حمل و نقل به علت استفاده از حمل و نقل شخصی در شهرهای بزرگ عامل پیدایش تراکم ترافیک در شبکه است. حال آن که منابع موجود در شبکه که همان معابر تردد وسایل نقلیه هستند، کمیاب و محدود است و با توجه به رشد جمعیت و افزایش سطح درآمد عمومی میزان استفاده از این منابع محدود رو به افزایش است. از همین رو، تصمیم‌گیران اقدام به اتخاذ تدابیری جهت کاهش مشکلات ناشی از افزایش تقاضا و دستیابی به راهکارهایی برای کنترل تراکم ترافیک نموده‌اند. یکی از راه کارهای مناسب برای کنترل ترافیک و مشکلات موجود، مدیریت تقاضا در شبکه‌های حمل و نقل است. استفاده از روش‌های قیمت‌گذاری تراکم در

1- Revealed Preference  
2- Stated Preference

seyedabrishami@modares.ac.ir  
armamdoohi@modares.ac  
vahid.poortalebi@modares.ac.ir

## ۲- مرور بر مطالعات پیشین

از بین پژوهش‌هایی که در دنیا در زمینه‌ی مدیریت تقاضا انجام شده است، در این بخش مقالاتی بررسی شده‌اند که سیاست‌های قیمت‌گذاری تراکم و بهبود حمل و نقل همگانی در آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. ضمناً برخی مطالعات که از ترکیب داده‌ها استفاده کردند نیز بیان شده است.

ماکت<sup>۱</sup> در مطالعه‌ی ای به بررسی سیاست‌های جذب رانندگان سواری شخصی به سایر طریقه‌های حمل و نقل در این سفرها پرداخته است. بدین منظور وی اقدام به شناسایی دلایل استفاده از سواری شخصی، گزینه‌های جایگزین آن، احتمال استفاده از این گزینه‌ها و اتفاقات منجر به استفاده از این گزینه‌ها نمود. بر اساس نظرات رانندگان، سه سیاست افزایش هزینه‌ی سوخت، هزینه‌ی ورود به محدوده‌ی مرکزی شهر و محدود کردن ورود به این محدوده و بهبود کیفیت سیستم حمل و نقل همگانی تأثیر گذارترین عوامل در عدم استفاده از سواری شخصی است [۳]. حبیبیان (۱۳۹۰) به بررسی همزمان چند سیاست مدیریت تقاضای حمل و نقل با تأکید بر اثرات ترکیبی آنها در سفرهای کاری کمتر از ۸ کیلومتر به محدوده مرکزی شهر تهران پرداخته است. در این مطالعه پنج سیاست مدیریت تقاضای حمل و نقل شامل سه سیاست دفعی و دو سیاست جذبی برای شهر تهران در نظر گرفته شده است. در این مطالعه برای مدل‌سازی از لوجیت استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد، گزینه‌ی غالب استفاده کنندگان از سواری شخصی در سفرهای کوتاه کاری به تاکسی تغییر می‌کند [۴]. یو و لام<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) به بررسی اثرات کوتاه مدت (تغییر رفتار انتخاب وسیله) و میزان مقبولیت، تحت سه سیاست قیمت گذاری ثابت، قیمت گذاری ناحیه ای و قیمت گذاری متغیر برای شهر تایوان پرداخته است. جامعه‌ی آماری مورد بررسی شامل رانندگان شاغل در ناحیه قیمت‌گذاری است و متغیرهای اقتصادی و اجتماعی و خصوصیات سفر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی رفتار از مدل‌های انتخاب گسسته (لوجیت و پروبیت) استفاده شده و نشان داد، کاربران مسن و افراد متأهل استفاده از وسیله‌ی شخصی را بیش از هر چیزی ترجیح می‌دهند [۵]. موریکاوا (۲۰۱۰) نشان داد که ترکیب داده‌های رجحان آشکار شده و بیان شده در مدل رفتاری سفر، یک روش مناسب برای تحلیل سفرها با رفتار پیچیده و پیش بینی تقاضای سفر برای سرویس حمل و نقل جدید است. این مطالعه به مدل‌سازی انتخاب گسسته با ترکیب این دو دسته داده پرداخته است.

موجود تسهیلات حمل و نقل شکل می‌گیرد و انتخاب از بین گزینه‌های موجود که کاربران تجربه آن را داشته‌اند، صورت می‌گیرد. داده‌های رجحان بیان شده یک سری از ویژگی‌ها و متغیرهایی که تاکنون در تسهیلات موجود حمل و نقل نبوده را به عنوان گزینه روبروی کاربران قرار داده و با استفاده از پاسخ آن‌ها، وضعیت انتخاب افراد را مورد تحلیل قرار می‌دهند. این داده‌ها را می‌توان در قالب پرسش‌نامه از کاربران جمع‌آوری کرد. هر کدام از این دو دسته داده نقاط ضعف و قوت خاص خود را دارد، که می‌توان با ترکیب این دو دسته داده در مدل‌سازی نتایج دقیق‌تری را به دست آورد. ضعف مدل سازی با داده‌های رجحان بیان‌شده عدم قابلیت اطمینان زیاد در مقایسه با مدل‌های رجحان آشکارشده، به علت نوع داده-هاست، ولی این نتایج مدل سازی برای پیش بینی رفتار جامعه مناسب است. موریکاوا<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) روش غنی‌سازی داده‌ها را برای ترکیب نقاط قوت و ضعف هر کدام از دسته داده‌ها ارائه داده است [۲]. این مقاله به بررسی نحوه‌ی تغییر رفتار انتخاب وسیله توسط کاربران تحت تأثیر سیاست‌های قیمت‌گذاری تراکم با عوارض متغیر نسبت به وقت روز و بهبود ناوگان اتوبوس‌رانی پرداخته است. این سیاست‌ها به عنوان جایگزینی برای طرح زوج و فرد شهر تهران پیشنهاد شده است و تأثیر آن‌ها بر روی سفرهای کاری بررسی شده است. برای این منظور از مدل‌های انتخاب گسسته از نوع لوجیت آشیانه‌ای استفاده شده، که در فرآیند مدل‌سازی ترکیب داده‌های رجحان آشکارشده و بیان‌شده در نظر گرفته شده و سعی بر آن است که با اعمال ضریب مقیاس، ضعف این دو دسته داده با ترکیب آن‌ها کاهش داده شود. در بخش بعد به بررسی مطالعات مرتبط انجام گرفته در سال‌های اخیر در زمینه‌ی قیمت‌گذاری تراکم، بهبود حمل و نقل همگانی و ترکیب داده‌های رجحان آشکار شده و بیان شده، پرداخته می‌شود. بخش سوم به معرفی داده و نحوه‌ی جمع‌آوری آن‌ها از کاربران ناحیه‌ی زوج و فرد شهر تهران می‌پردازد. بخش چهارم روش‌شناسی پژوهش را مورد بررسی قرار می‌دهد و بخش پنجم به تحلیل و بررسی و مقایسه‌ی مدل‌های ساخته شده می‌پردازد. در بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادهای برای مطالعات بعدی ارائه شده است.

1- Mackett  
2- Jou and Lam

1- Morikawa

### ۳- معرفی داده‌ها

شهر تهران با مساحت تقریبی ۷۰۰ کیلومتر مربع دارای ۲۲ منطقه شهرداری و ۵۶۰ ناحیه‌ی ترافیکی است. در این شهر روزانه ۱۳ میلیون سفر انجام می‌شود که سفرهای کاری ۶۶ درصد از این سفرها را تشکیل می‌دهد. در این مطالعه داده‌های مورد نظر از طریق پرسشنامه از ۲۳۱ پاسخ دهنده جمع‌آوری گردیده است. این پرسش نامه‌ها بسته به تعداد سناریوهای پیشنهادی در مجموع ۱۲۵۱ مشاهده برای تحلیل موضوع مورد نظر فراهم ساخته‌اند. مشاغلی که در این پژوهش مورد بررسی قرار داده شده‌اند شامل شغل آزاد، شاغلین سازمان‌ها و ادارات دولتی (مانند بانک‌ها و ادارات وابسته به شهرداری) و شرکت‌های خصوصی است. این اطلاعات شامل ۳ بخش در جدول ۱ است. در این مطالعه ۴ سناریو قیمت‌گذاری تراکم، قرار دادن تخفیف برای قیمت ورود به محدوده بعد از ساعت ۹، کاهش زمان سفر اتوبوس و کاهش زمان سفر دسترسی پیاده به ایستگاه اتوبوس که هر یک شامل سه سطح است، مورد بررسی قرار گرفته است. شیوه‌های سفر پیشنهاد شده به سفرکنندگان در جدول ۲ دسته‌بندی شده است.

با توجه به اینکه محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، محدوده طرح زوج یا فرد بوده است، جهت جمع‌آوری داده، از تمامی مناطقی که با محدوده زوج یا فرد همپوشانی دارند، آماربرداری انجام شده است. آماربرداری از ابتدای اردیبهشت ماه تا نهم خرداد ماه سال ۹۲ انجام شد. به منظور پیچیدگی‌های موجود در فهم سناریوهای بخش رجحان بیان شده، آماربرداری از طریق مصاحبه صورت گرفت. متغیرهای رجحان بیان شده در قالب پرسش‌نامه که هر کدام در سه سطح مدنظر بوده صورت گرفت.

داده‌های رجحان بیان شده فقط برای بررسی نحوه‌ی انتخاب یک وسیله‌ی (شیوه) جدید در سیستم حمل و نقل است. مدل را به صورت یک مدل دو سطحی ساختند. نتایج نشان داد که در بانکوک وسیله شخصی و موتورسیکلت بیشترین انتخاب را دارند. اما اتوبوس و کرایه‌ی موتورسیکلت را ترجیح نمی‌دهند. ترکیب داده‌های رجحان بیان شده و آشکار شده قابلیت اطمینان بیشتری از مدل با داده‌های رجحان آشکار شده دارد و نتایج به دست آمده از نمونه، همخوانی بیشتری با جامعه دارد [۲]. ژانگ<sup>۱</sup> و گوان (۲۰۱۳) در مطالعه خود عوامل موثر در انتخاب اتوبوس توسط کاربران را برای شهر جینان<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار دادند. برای این کار از طریق پرسشنامه به جمع‌آوری داده پرداخته و به دلیل اینکه داده‌ها شامل هر دو دسته داده بوده است، در مدل‌سازی خود به مقایسه نتایج مدل ترکیبی داده با مدل معمولی پرداختند و نشان دادند هزینه‌ی پارکینگ و هزینه‌ی سوخت نسبت به سایر عوامل موثر در انتخاب اتوبوس اثر کمتری دارند. همچنین آماره‌ی معناداری ضریب مقیاس برای مدل ترکیبی برابر ۲۰/۲۴ شد، که نشان دهنده‌ی معنی دار بودن مناسب این ضریب در مقایسه با سایر ضرایب است [۶]. عمده‌ی تلاش‌های صورت گرفته در بررسی سیاست‌های قیمت‌گذاری تراکم به صورت سیاست تکی مورد بررسی قرار گرفته است و ترکیب چند سیاست کمتر در نظر گرفته شده است. برای بررسی تأثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا بر تغییر رفتار انتخاب وسیله‌ی نقلیه نیاز به اطلاعات رجحان بیان شده دارد. در مطالعات انجام شده تأثیر همزمان سیاست قیمت‌گذاری تراکم و بهبود حمل و نقل همگانی در مطالعه‌ی فوری ۱۳۹۱ در نظر گرفته شده است ولی تفاوت بین داده‌های رجحان آشکار شده و بیان شده در ساخت مدل مدنظر قرار نگرفته است. هرچند در برخی مطالعات انتخاب وسیله ترکیب داده‌های رجحان بیان شده و آشکار شده در ساخت مدل مورد استفاده قرار گرفته ولی آنها را نمی‌توان مکمل مطالعات قیمت‌گذاری دانست.

جنسیت، سن، میزان تحصیلات، نوع اشتغال، اطلاعات اقتصادی و اجتماعی خانوار (نوع خودرو و ساختار خانوار).	اطلاعات شخصی
نحوه سفر، میزان زمان سفر، هدف سفر، هزینه‌ی پارکینگ، تعداد سفر و امکان دسترسی به اتوبوس.	اطلاعات مربوط به سفر
شامل گزینه‌های پیشنهادی به مصاحبه شونده‌گان (سیاست‌های تشویقی و دفعی در پرسش‌نامه).	اطلاعات مربوط به متغیرهای رجحان بیان شده.

جدول ۱- دسته‌بندی اطلاعات مورد استفاده در پرسش‌نامه

1- Xang and Guan

2- Jinan

خودروی شخصی	در سه بازه‌ی زمانی قبل از ساعت 6:30، بین ساعت 6:30 الی 9 و بعد از ساعت 9
حمل و نقل همگانی	مترو و اتوبوس (با دسترسی پیاده یا تاکسی)، تاکسی (شامل خطی، دربیست یا تلفنی)
موتور سیکلت	بصورت شخصی یا کرایه‌ای
سایر شیوه‌ها	شامل حذف سفر، تغییر مقصد

جدول ۲- دسته‌بندی شیوه‌های سفر پیشنهاد شده به سفرکنندگان

شود این است که در نظریه‌ی مدل‌های انتخاب مانند لوجیت، می‌توان یکی از گزینه‌ها را به عنوان گزینه‌ی مبنا انتخاب کرد و مطلوبیت سایر گزینه‌ها را نسبت به این گزینه‌ی مبنا سنجید. در مدل لوجیت انتخاب وسیله‌ی پژوهش جاری، گزینه‌ی سایر گزینه‌ها به عنوان گزینه‌ی پایه انتخاب شده است [۸].

#### ۲-۴- ترکیب داده‌های رجحان آشکار شده و بیان شده

در شرایط جدید تسهیلات حمل و نقل که هنوز واقعیت بیرونی نیافته است (برای نمونه ایجاد یک خط جدید اتوبوس‌رانی) امکان تحلیل رفتار کاربران با استفاده از داده‌های رجحان آشکار شده نبوده و در این صورت از داده‌های رجحان بیان شده باید استفاده شود. علت استفاده از داده‌های رجحان بیان شده این است که تصمیم‌گیران حمل و نقل نیاز به برآورد تقاضا برای تسهیلات جدید با ویژگی‌های جدید هستند، در حالی که با اطلاعات حاصل از داده‌های رجحان آشکار شده نمی‌توان این نیاز را برطرف کرد. زیرا در این نوع داده‌ها متغیر توضیحی کمی وجود دارد. همچنین یکی از مزیت‌های مدل سازی با داده‌های رجحان بیان شده افزودن متغیر جدید راحت‌تر است [۹]. بنابراین داده‌های رجحان آشکار شده به درک و تنظیمات تسهیلات موجود فعلی و داده‌های رجحان بیان شده به ارائه‌ی بینش و درک در تغییر در مرزهای تکنولوژی و تسهیلات حال حاضر کمک می‌کند. در روش غنی سازی داده‌ها توابع مطلوبیت دو دسته داده‌ی رجحان آشکار شده و بیان شده بصورت روابط (۲) و (۳) تعریف می‌شود:

$$U_{in}^{RP} = \beta X_{in}^{RP} + \lambda W_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP} \quad (2)$$

$$\mu U_{in}^{SP} = \mu(\beta X_{in}^{SP} + \gamma Z_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP}) \quad (3)$$

که در آن  $U_{in}$  تابع مطلوبیت گزینه‌ی  $i$  ام برای فرد  $n$  ام است.  $X_{in}$  متغیرهای مشترک بین مطلوبیت رجحان بیان شده و آشکار شده است.  $W_{in}$  متغیرهای مختص مطلوبیت آشکار شده و  $Z_{in}$  متغیرهای مختص مطلوبیت بیان شده است.

متغیرهای رجحان بیان شده در قالب پرسش‌نامه که هر کدام در سه سطح مدنظر بوده است از پرسش شوندگان بدست آمده است. بهبود دسترسی به اتوبوس در سه سطح ۸،۳ و ۱۵ دقیقه، کاهش زمان سفر اتوبوس در سه سطح ۱۵،۰ و ۳۰ درصد کاهش نسبت به شرایط فعلی و عوارض تردد در سه سطح ۸،۴ و ۱۲ هزار تومان مورد بررسی قرار گرفته است [۷].

#### ۴- روش‌شناسی مطالعه

مدل مورد استفاده در این پژوهش لوجیت آشپانه‌ای است که با ترکیب اطلاعات رجحان آشکار شده و بیان شده پرداخت شده، به اختصار در این بخش معرفی شده‌اند.

##### ۴-۱- مدل لوجیت آشپانه‌ای

مدل‌های لوجیت آشپانه‌ای<sup>۱</sup> یکی از انواع مدل‌های انتخاب گسسته است که جمله خطای آن از توزیع گامبل<sup>۲</sup> پیروی می‌کند. این مدل با تعداد  $J$  گزینه انتخاب بر مبنای نظریه‌ی احتمال از رابطه (۱) پیروی می‌کند.

(۱)

$$P_{in} = P_{hn} * P_{in|h} = \frac{\sum_{j=1}^J \exp(V_{jn|ih})}{\sum_{h=1}^H (\sum_{j=1}^J \exp(V_{jn|ih}))} * \frac{\exp(V_{in|ih})}{\sum_{j=1}^J \exp(V_{jn|ih})}$$

که در آن  $P_{in}$  احتمال انتخاب گزینه‌ی  $j$  ام توسط فرد  $n$  ام از مجموعه‌ی انتخاب  $J$  و  $P_{hn}$  تابع احتمال انتخاب سطح با  $V_{in|ih}$  تابع میزان مطلوبیت گزینه‌ی  $j$  ام برای فرد  $n$  ام است.  $h$  گزینه‌های انتخاب سطح بالایی و  $d$  نشان دهنده‌ی فرد تصمیم گیرنده است. یکی از نکاتی که لازم است به آن اشاره

1- Nested Logit Model

2- Gumbel

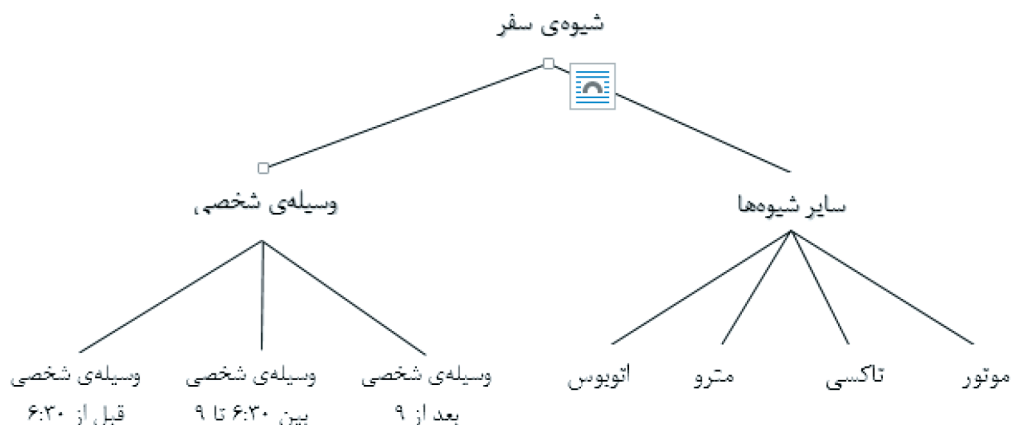
## ۵- مدل سازی و بررسی نتایج

به منظور بررسی تأثیر سیاست‌های مورد نظر بر روی رفتار انتخاب وسیله‌ی کاربران از مدل لوجیت آشیانه‌ای استفاده شده است. یکی از نکات کلیدی در نظریه‌ی مدل‌های انتخاب مانند لوجیت، انتخاب گزینه‌ی مینا است و می‌توان مطلوبیت سایر گزینه‌ها را نسبت به این گزینه‌ی مینا سنجید [۸]. در مدل لوجیت انتخاب وسیله‌ی پژوهش جاری، گزینه‌ی سایر شیوه‌ها به عنوان گزینه‌ی مینا انتخاب شده است. نحوه‌ی انتخاب زیر شاخه‌ها برای ساخت مدل در شکل (۱) نشان داده شده است. با توجه به اینکه تمام پرسش‌شوندگان با وسیله‌ی نقلیه‌ی شخصی وارد منطقه شده‌اند، در مدل ترکیب رجحان آشکار شده و بیان شده فرض شده است، سه گزینه‌ی وسیله‌ی نقلیه‌ی شخصی به دلیل اینکه توسط کاربران در زمان جمع آوری داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، به عنوان گزینه‌های رجحان آشکار شده و سایر شیوه‌ها که به عنوان گزینه‌های جدید پیش روی کاربران قرار دارد، به عنوان رجحان بیان شده در نظر گرفته شده‌اند. در پرداخت مدل‌های آشیانه‌ای برای هر شاخه، نرم افزار ضریبی را برای انتخاب شاخه‌ها در نظر می‌گیرد. در پرداخت مدل ترکیبی برای شاخه‌ی داده‌های رجحان آشکار شده این ضریب را یک تعریف کرده تا برای داده‌های رجحان آشکار شده ارزش بیشتری را نسبت به رجحان بیان شده در نظر بگیرد. داده‌های مورد استفاده در مدل ترکیبی به صورت تفکیکی رجحان بیان شده و آشکار شده برای هر شاخه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹]. در پرداخت مدل‌ها متغیرهای رجحان بیان شده متغیرهای مختص مطلوبیت رجحان بیان شده و مابقی، متغیرهای مشترک هر دو مطلوبیت هستند. جدول ۳ نتایج حاصل از پرداخت مدل را نشان می‌دهد. در این

$\beta$  و  $\lambda, \delta, \mu$  پارامترهای توابع مطلوبیت هستند. تخمین این ضرایب از طریق بیشینه سازی تابع لایکلیهود امکان پذیر است. ترکیب داده‌های رجحان بیان شده و رجحان آشکار شده به دلیل متفاوت بودن جمله‌ی خطا در مطلوبیت‌هایشان، با خطای بیشتری در مدل‌سازی همراه می‌گردد. بنابراین فاکتور مقیاس  $\mu$  را برای تخمین ضرایب در تابع مطلوبیت داده‌های رجحان بیان شده در نظر گرفتند و رابطه‌ی بین واریانس‌ها را به صورت رابطه‌ی ۴ نشان دادند:

$$\text{VAR}(\varepsilon_{RP}) = \mu^2 \text{VAR}(\varepsilon_{SP}) \quad (4)$$

که در آن  $\varepsilon_{RP}$  و  $\varepsilon_{SP}$  جملات خطا در تابع مطلوبیت رجحان بیان شده و آشکار شده است. میزان تفاوت در داده‌های رجحان بیان شده بیش از داده‌های رجحان آشکار شده است، بنابراین ضریب مقیاس  $\mu$  بین صفر و یک است [۸].



شکل ۱- ساختار مدل آشیانه‌ای تحلیل تأثیر سیاست‌های قیمت‌گذاری و بهبود حمل و نقل همگانی

## ۲-۵- اثرات ویژگی‌های سفر

افرادی که محل سکونت آن‌ها خارج از محدوده‌ی زوج یا فرد است، تمایل بیشتری به استفاده از خودروی شخصی قبل از ۶:۳۰ صبح دارند. افرادی که قبل از انجام سفر کاری وظیفه‌ی رساندن فرزند را بر عهده دارند، تمایل کمتری برای استفاده از خودروی شخصی قبل از ۶:۳۰ دارند. این متغیر معنی‌داری نسبتاً زیادی نسبت به بقیه‌ی متغیرها دارد و با توجه به ضریب آن (۲/۲۳-) اثر این متغیر نسبت به بقیه‌ی متغیرهای با معنی برای خودروی شخصی قبل از ۶:۳۰ بیش‌تر است. به همین دلیل این متغیر برای گزینه‌ی خودروی شخصی بین ۶:۳۰ تا ۹ مثبت شده است که نشان دهنده‌ی تمایل این گروه افراد به گزینه‌ی مد نظر است. امکان‌پذیر بودن استفاده از اتوبوس در انتخاب اتوبوس تأثیر زیادی (۲/۶۲+) نسبت به بقیه‌ی ضرایب دارد و معنی‌داری بیش‌تری نسبت به بقیه دارد، که نشان دهنده‌ی اهمیت این متغیر در انتخاب اتوبوس دارد. هزینه‌ی پارکینگ فقط برای خودروی شخصی بین ۶:۳۰ تا ۹ صبح معنی‌دار شده است. این موضوع نشان می‌دهد این متغیر وقتی مد نظر کاربران قرار می‌گیرد که هزینه‌ی عوارض ورود به منطقه اعمال شود و به تنهایی تأثیر زیادی بر رفتار انتخاب شیوه‌ی حمل و نقل ندارد.

جدول نتایج هر دو مدل ترکیبی (مدل ۲) و مدل معمولی، بدون در نظر گرفتن نوع داده‌ها (مدل ۱) جهت مقایسه نشان داده شده است. بررسی نتایج را می‌توان در چهار قسمت تأثیر سیاست‌ها، تأثیر متغیرهای اقتصادی-اجتماعی و ویژگی‌های سفر و مقایسه‌ی مدل‌ها تقسیم کرد.

## ۱-۵- اثرات سیاست‌ها

عوارض تردد بین ۶:۳۰ تا ۹ باعث کاهش مطلوبیت گزینه‌ی خودروی شخصی در این بازه زمانی می‌شود. علامت منفی عوارض تردد بعد از ۹ صبح برای گزینه‌ی خودروی شخصی بعد از ۹ صبح نشان دهنده‌ی کاهش تمایل برای انتخاب این گزینه است. سیاست تشویقی بهبود زمان سفر اتوبوس هم باعث کاهش تمایل استفاده از وسیله‌ی شخصی بین ۶:۳۰ تا ۹ صبح می‌شود. تمامی سیاست‌های تشویقی برای گزینه‌ی اتوبوس معنی‌دار شد و بیش‌ترین تأثیر را کاهش ۰۳٪ زمان سفر اتوبوس دارد. با توجه به اینکه متغیرهای بیانگر هر چهار سیاست شامل عوارض ورود به محدوده و بهبود ناوگان اتوبوس‌رانی در مدل معنی‌دار شده‌اند، هر چهار سیاست مدیریتی، تأثیر قابل توجهی بر روی رفتار انتخاب وسیله‌ی شاغلین محدوده‌ی زوج یا فرد دارند.

گزینه	توصیف متغیر	مدل 1		مدل 2 (ترکیب RP/SP)	
		ضریب	t-stat	ضریب	t-stat
خودروی شخصی قبل از ۶:۳۰	جمله‌ی ثابت	۲/۵۴۸۵	۵/۵۳	۲/۲۶۱۰	۴/۴۹
	عوارض تردد بین ۶:۳۰ تا ۹ صبح	-۱/۲۴۱۶	-۱/۹۷	-	-
	عوارض تردد بعد از ۹ صبح	-۰/۶۷۲۴	-۲/۵۱	-	-
	سکونت و اشتغال در یک ناحیه (بلی = ۱)	-۰/۱۰۹۴	-۳/۱۶	-۰/۰۹۰۴	-۲/۱۲
	شغل دولتی (بلی = ۱)	۱/۱۲۹۴	۲/۲۱	۰/۹۷۲۱	۲/۳۱
	جنسیت مرد (بلی = ۱)	۱/۲۴۶۱	-۲/۳۰	۱/۵۰۶۱	۳/۰۹
	رساندن فرزند به مدرسه (بلی = ۱)	-۲/۲۳۱۰	-۳/۹۲	-۲/۲۹۱۰	-۳/۲۰
خودروی شخصی بین ۶:۳۰ تا ۹	جمله‌ی ثابت	۶/۸۱۴۶	۸/۱۲	۵/۵۲۱۰	۶/۲۰
	عوارض تردد بین ۶:۳۰ تا ۹ صبح	-۱/۸۶۴۷	-۲/۳۸	-	-
	کاهش ۳۰٪ زمان سفر اتوبوس	-۰/۲۴۰۸	-۲/۰۸	-	-
	رساندن فرزند به مدرسه (بلی = ۱)	۲/۸۱۶۴	۳/۳۱	۲/۲۰۱۶	۲/۱۰
	هزینه‌ی پارکینگ	-۰/۴۲۹۹	-۱/۹۸	-۰/۳۹۵۱	-۲/۰۳
	زمان ورود به محدوده بعد از ساعت ۹	-۱/۳۰۷۹	-۲/۳۷	-۱/۹۱۰۸	-۲/۰۱
	زمان سفر با خودروی شخصی	-۰/۲۶۶۱	-۳/۱۶	-۰/۳۴۰۱	-۳/۰۸
	مالکیت حداقل یک خودروی خارجی	۰/۵۶۵۱	۲/۱۲	۰/۶۰۴۵	۲/۳۹
خودروی شخصی بعد از ۹	جمله‌ی ثابت	۰/۷۹۲۳	۴/۴۲	۰/۶۰۲۱	۵/۶۹
	مالکیت حداقل یک خودروی خارجی	۰/۸۱۵۳	۲/۰۱	۰/۵۶۲۱	۲/۹۵
	عوارض تردد بعد از ۹ صبح	-۰/۵۹۷۳	-۳/۰۷	-	-
	انجام سفر فقط برای هدف کاری	۱/۱۳۴۹	۵/۸۱	۲/۲۱۵۱	۴/۴۵
	زمان ورود به محدوده بعد از ساعت ۹	۲/۰۱۵۰	۳/۳۴	۱/۹۰۴۵	-۳/۲۵
	شغل دولتی (بلی = ۱)	-۲/۲۴۱۰	-۲/۷۰	-۲/۲۱۶۵	-۳/۰۷

گزینه	توصیف متغیر	مدل 1		مدل 2 (ترکیب RP/SP)	
		t-stat	ضریب	t-stat	ضریب
اتوبوس	جمله‌ی ثابت	-۲/۱۵۴۰	-۴/۳۸	-۳/۹۸	-۳/۰۹۵۱
	کاهش ۳۰٪ زمان سفر اتوبوس	۲/۲۵۶۱	۲/۲۱	۲/۶۲	۱۲/۶۱۴۵
	فاصله تا ایستگاه حدود ۸ دقیقه	۰/۳۴۲۰	۲/۷۱	۱/۹۶	۰/۲۸۰۹
	کاهش ۱۵٪ زمان سفر اتوبوس	۰/۶۲۰۴	۲/۸۰	۳/۲۳	۰/۵۰۸۱
	فاصله تا ایستگاه حدود ۳ دقیقه	۲/۱۷۰۶	۳/۷۳	۲/۲۶	۱/۹۷۰۵
	عوارض تردد بین ۶:۳۰ تا ۹ صبح	۰/۵۱۲۴	۱/۹۹	۲/۱۸	۰/۴۰۱۹
	امکان پذیر بودن استفاده از اتوبوس	۲/۶۲۱۰	۴/۴۳	۳/۳۸	۲/۹۲۰
	مالکیت حداقل یک خودروی خارجی	-۰/۲۰۱۲	-۲/۰۷	-۲/۳۰	-۰/۳۶۷۴۲
مترو	جمله‌ی ثابت	-۱/۰۱۲۴	-۴/۵۱	-۳/۹۵	-۱/۳۰۱۹
	امکان پذیر بودن استفاده از اتوبوس	۰/۷۴۱۶	۳-۹۱	۳/۱۳	۱/۴۶۲۰
	هزینه‌ی پارکینگ	۰/۴۰۱۶	۱-۹۹	۳/۲۶	۰/۱۰۳۵
	شغل پاره وقت (بلی = ۱)	-۱/۲۱۰۵	-۲/۳۱	-۲/۲۶	-۰/۹۴۲۵
تاکسی	جمله‌ی ثابت	۲/۹۰۵۱	۲/۲۳	۳/۳۵	۳/۲۵۶۵
	جنسیت مرد (بلی = ۱)	-۱/۳۰۵۹	-۲/۹۰	-۳/۱۰	-۱/۶۰۵۹
	تعداد وسیله‌ی نقلیه‌ی خانوار	-۱/۲۰۳۰	-۱/۹۷	-۲/۲۱	-۱/۲۹۰۱
	شغل دولتی (بلی = ۱)	-۰/۵۱۵۱	-۲/۰۹	-۲/۲۶	-۰/۳۵۰۶
موتور	جمله‌ی ثابت	-۰/۲۱۳۰	-۱/۹۸	-۲/۳۴	-۰/۶۱۰۹
	جنسیت مرد (بلی = ۱)	۰/۳۴۹۱	۳/۰۷	۲/۹۸	۰/۳۶۰۱
	سکونت و اشتغال در یک ناحیه (بلی = ۱)	۰/۵۰۹۷	۲/۶۱	۲/۹۷	۰/۶۱۰۵
	شغل دولتی (بلی = ۱)	-۱/۲۳۵۰	-۳/۶۱	-۲/۹۳	-۱/۹۵۲۱
	ضریب مقیاس $\mu$	-	-	۴/۰۵	۰/۸۱۰۶
	تعداد مشاهدات	۱۲۵۱	۱۲۵۱	۱۲۵۱	۱۲۵۱
	درجات آزادی	۴۳	۴۳	۴۵	۴۵
	LL( $\beta$ )- LL(0)	۱۷۱/۶۱۰	۱۷۱/۶۱۰	۱۸۳/۰۳۵	۱۸۳/۰۳۵
	$\rho^2$	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۴
	$\rho_c^2$	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۱

جدول ۳- نتایج پرداخت مدل لوجیت آشیانه‌ای انتخاب وسیله‌ی سفر

### ۳-۵- اثرات ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی

نقلیه‌ی شخصی را کاهش می‌دهد. در مدل‌سازی نتایج حاصل ترکیب داده‌های رجحان بیان شده و رجحان آشکار شده نسبت به مدل‌های معمولی تطابق بیشتری با واقعیت دارد.

در ادامه‌ی این مطالعه توسعه‌ی نمونه‌ی آماری که محدود به شاغلین نباشد و سایر اهداف سفر نیز مورد بررسی قرار گیرد و در پی آن در نظر گرفتن سیاست‌های انصراف از سفر و یا تغییر مقصد سفر به صورت گزینه‌های جدا در مدل‌سازی می‌تواند توسعه‌ی قابل توجهی داشته باشد.

### ۷- -- مراجع

1- Z. Zhihu, G. Hongzhi, Q. Huanmei, & X. Yunqiang, 2013, A Traffic Mode Choice Model for the Bus User Groups based on SP and RP Data. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(6), 382-389.

2- D. Dissanayake, T. Morikawa, 2010, Investigating household vehicle ownership, mode choice and trip sharing decisions using a combined revealed preference/stated preference Nested Logit model: case study in Bangkok Metropolitan Region. *Journal of Transport Geography* 18(4), 402-410

3- R. Mackett, 2001, Policies to attract drivers out of their cars for short trips. *Transport Policy*, 8(4), 295-306.

۴- حبیبیان، م. ۱۳۹۰، طراحی و ارزیابی سیاست‌های ترکیبی مدیریت تقاضای سفرهای کاری شهری، پایان‌نامه دکتری مهندسی و برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

5- Jou, R. C., Lam, S. H., & Wu, P. H. 2007, Acceptance tendencies and commuters' behavior under different road pricing schemes. *Transportmetrica*, 3(3), 213-230.

6- Z. Zhang, H Guan, H Qin, and Y Xue. 2013, A Traffic Mode Choice Model for the Bus User Groups Based on SP and RP Data. *Social and Behavioral Sciences* 96 382 - 389

۷- فوری، ح. ۱۳۹۱، بررسی تأثیر سیاست‌های قیمت‌گذاری تراکم و بهبود ناوگان اتوبوس‌رانی بر رفتار انتخاب وسیله‌ی شاغلین محدوده‌ی زوج-فرد شهر تهران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

مالکیت وسیله‌ی نقلیه‌ی خارجی به عنوان شاخصی از درآمد در مطلوبیت اتوبوس با علامت منفی همراه شده است، که نشان می‌دهد هرچه سطح درآمد خانوار بیش‌تر باشد، میزان تمایل به استفاده از حمل و نقل همگانی به عنوان جایگزین وسیله‌ی نقلیه‌ی شخصی کاهش می‌یابد. متغیر شغل در اکثر مطلوبیت‌ها معنی‌دار شده است، که بیانگر اهمیت زیاد این متغیر در انتخاب وسیله‌ی نقلیه است. افراد با شغل دولتی تمایل کمتری به استفاده از موتور دارند. علامت منفی جنسیت در تابع مطلوبیت تاکسی نشان می‌دهد زنان نسبت به مرداری تمایل بیش‌تری دارند. برای گزینه‌ی موتور مردان تمایل بیش‌تر نسبت به زنان برای استفاده دارند که می‌تواند به علت شرایط فرهنگی جامعه باشد. جنسیت برای گزینه‌ی خودروی شخصی قبل از ساعت ۶:۳۰ معنی‌دار شده است و مردان تمایل بیش‌تری برای استفاده از این گزینه دارند.

### ۴-۵- اثرات ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی

ضرایب متغیرهای مورد استفاده در هر دو مدل با توجه به اینکه علامت‌های یکسانی دارند، دارای تفسیرهای مشابهی هستند و نشان می‌دهد از لحاظ توصیفی تفاوت چندانی بین دو مدل وجود ندارد. با توجه به اینکه هرچه شاخص  $\rho^2$  بزرگتر باشد، نشان دهنده‌ی تطبیق بهتر مدل بر روی اطلاعات می‌باشد، مدلی که با استفاده از ترکیب رجحان آشکار شده و رجحان بیان شده ساخته شده از مدل معمولی بهتر است (۱/۱۴ برابر). همانطور که انتظار می‌رفت ضریب مقیاس برابر ۰/۱۸ شده است، که نشان می‌دهد، مدل ۱۹٪ از وزن داده‌های رجحان بیان شده را کمتر برآورد کرده است.

### ۶ - نتیجه گیری

در این پژوهش به عنوان راهکار عملی استفاده‌ی کارآتر از زیرساخت‌های حمل و نقل، سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل مورد توجه قرار گرفته‌اند. سیاست قیمت‌گذاری تراکم با عوارض متغیر نسبت به وقت روز، به عنوان سیاست مدیریتی دفعی مورد بررسی قرار گرفت. سیاست‌های تشویقی بهبود ناوگان اتوبوس‌رانی از طریق اعمال دو سیاست کاهش زمان سفر با اتوبوس و کاهش فاصله‌ی ایستگاه اتوبوس تا محل کار، ارزیابی شدند. این مطالعه نشان می‌دهد سیاست‌های قیمت‌گذاری تأثیر بسزایی در رفتار انتخاب وسیله‌ی نقلیه‌ی کاربران دارد. همچنین امکان دسترسی به اتوبوس یکی از شاخص‌های مهمی است که تأثیر زیادی در انتخاب اتوبوس دارد و سهم انتخاب وسیله‌ی

8-J. Louviere, A. Hensher & D. Swait. 2000, Stated Choice Methods, Analysis and Applications.

9-Vij, A., & Walker, J. L. 2014, Preference endogeneity in discrete choice models. Transportation Research Part B: Methodological, 64, 90-105.

