

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

ناصر یارمحمدیان (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده پژوهش‌های عالی هنر و کارآفرینی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

بابک صفاری، استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

منیره مرادی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد و کارآفرینی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

Email: n.yarmohamadian@au.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۵

دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸

چکیده

با توجه به تنوع شیوه‌های سفر درون شهری و اهمیت جزء هزینه‌های زمانی سفر برای مصرف‌کنندگان، انتخاب شیوه مناسب سفر که باعث کاهش هزینه حمل و نقل در سبد مصرفی خانوار شود اهمیت می‌یابد. در این مقاله انتخاب حالت سفر و عوامل مؤثر بر آن در چارچوب مدل لاجیت چندجمله‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. مجموعاً ۳۸۴ مشاهده با روش نمونه‌گیری تصادفی از سفرهای درون شهری از چهار مسیر به مقصد میدان آزادی در زمستان ۱۳۹۵ در شهر اصفهان جمع‌آوری شده است. متغیر وابسته که انتخاب حالت سفر است دارای چهار طبقه می‌باشد: اتومبیل شخصی، اتوبوس معمولی، اتوبوس تندرو و تاکسی. در این تحلیل، اتومبیل شخصی به عنوان طبقه مرجع انتخاب شد و سایر طبقه‌ها با طبقه مرجع مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد، در الگوی لاجیت اول بین جایگزین مرجع و اتوبوس معمولی متغیرهای هزینه، زمان پیاده روی و انتظار، رابطه منفی و عدم دسترسی به اتوبوس تندرو، عدم مالکیت خودرو شخصی و زمان سفر رابطه مثبت با احتمال انتخاب اتوبوس معمولی نسبت به جایگزین مرجع دارد. در الگوی لاجیت دوم بین جایگزین مرجع و جایگزین تاکسی متغیرهای زمان سفر، زمان پیاده روی و انتظار رابطه منفی و متغیرهای هزینه و عدم مالکیت خودرو رابطه مثبت با احتمال انتخاب حالت تاکسی نسبت به جایگزین مرجع دارد. در الگوی لاجیت سوم بین جایگزین مرجع و اتوبوس تندرو متغیرهای زمان سفر، عدم مالکیت خودرو و دسترسی داشتن به اتوبوس تندرو رابطه مثبت و متغیرهای هزینه، زمان پیاده روی و زمان انتظار رابطه منفی با احتمال انتخاب اتوبوس تندرو نسبت به جایگزین مرجع دارد. همچنین داده‌ها بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به سه گروه دسته‌بندی شدند. نتایج حاصل از خوشه‌بندی نشان داد که خوشه‌بندی دقت پیش‌بینی مدل را نسبت به حالت بدون گروه‌بندی افزایش داده است.

واژه‌های کلیدی: انتخاب حالت سفر، مدل لاجیت چندگانه، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

۱. مقدمه

امروزه با افزایش روزافزون جمعیت و توسعه بی رویه شهرها، تقاضای سفر درون شهری ابعاد گسترده تری به خود گرفته است و هر روز بخشی از اوقات مردم، بخصوص در شهرهای بزرگ، در صف اتوبوس، تاکسی و راه بندان های طولانی تلف می شود. این مسأله نگرانیهای جدی در مورد اتلاف وقت شهروندان، افزایش تصادفات، مشکلات روانی، عدم بهره وری و خسارت های جبران ناپذیری روی محیط زیست و مصرف بی رویه سوخت های فسیلی به همراه دارد [Safarzadeh and Malekzadehf, 2005]. تقاضای سفر، میزان سفرهای ایجاد شده با حالت های مختلف وسایل نقلیه در یک مسیر معین می باشد و انتخاب حالت سفر بر اساس حداکثر مطلوبیت مسافران اتفاق می افتد [Small and Verhoef, 2007]. خدمات حمل و نقل به عنوان یک جزء مهم اقتصادی از اقلام تشکیل دهنده سبد مصرفی خانوار است. به طور کلی دو نوع وسیله حمل و نقل توسط خانوار استفاده می شود: حمل و نقل عمومی و حمل و نقل خصوصی [Taghavi and Musavi, 2014]. به نظر می رسد اتومبیل به دلایل متعددی از جمله انعطاف پذیری در استفاده، سهولت دسترسی و امکان سفر پیوسته، به عنوان مهم ترین و مطلوب ترین وسیله نقلیه به شمار می رود. همچنین عدم دسترسی مطلوب به سیستم حمل و نقل عمومی، گسترش بی رویه ی شهرها و پایین بودن منبع مالیات سالیانه مالکیت خودرو، سهم عمده ای در افزایش مطلوبیت خودرو در ایران داشته است [Rahimi et al., 2014]. از این رو توجه به حمل و نقل، به خصوص حمل و نقل عمومی، به عنوان یک ضرورت زندگی محسوب می شود و از اقدامات لازم برای ارتقای سطح کیفی زندگی در مناطق شهری به شمار می رود و توجه به آن، به میزان قابل توجهی، بسیاری از مشکلات را کاهش می دهد [Soltani, 2007]. پس جذب ساکنین

شهری به استفاده از حمل و نقل عمومی، به آگاهی از رفتار، نگرش ها و تمایلات مسافران نسبت به حمل و نقل عمومی بستگی دارد [Moghbel Baarz, Azar and Mirmehdi, 2014].

اولین مطالعات در زمینه تابع تقاضای حمل و نقل مطالعات کرافت و ول^۱ (1960) و فیشر، سوانسو و گانینگ^۲ (1970) بوده است. کرافت اثر کرایه، زمان سفر، جمعیت و درآمد را برای سیستم حمل و نقل ریلی، اتوبوس و اتومبیل به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داد و فیشر علاوه بر این متغیرها به اثر مالکیت نیز پرداخت.

به طور کلی از حدود سال ۱۹۵۰ تاکنون توسعه قابل توجهی در مدلسازی برآورد تقاضا صورت گرفته است که مدل های انتخاب حالت گسسته، به دلیل استفاده از داده های میکرو از توجه قابل ملاحظه ای برخوردار بوده است. این مدلها رفتار را در سطح فرد، خانوار و بنگاه توضیح می دهند [Small and Verhoef, 2007].

پوراحمد و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله ای با عنوان «تأثیر شرایط اقتصادی-اجتماعی و مدیریت ترافیک بر تعداد سفرهای درون شهری» با استفاده از ۴۵۰ پرسشنامه که از سه محله تهران جمع آوری نمودند به عوامل مؤثر بر تعداد سفرهای درون شهری تهران پرداختند. به منظور این هدف از روش تحقیق چند متغیره و مدل رگرسیون پواسون استفاده شد. نتایج نشان داد که در تهران متغیرهای اجتماعی-اقتصادی یعنی: سن، جنسیت، تحصیلات، سطح درآمد، مالکیت خانوار، نوع خانوار، نوع شغل و داشتن فرزند زیر ۱۲ سال بیشترین تأثیر را بر سفرهای کاری داشته است. در حالی که در سفرهای تفریحی و مربوط به خرید متغیر محل سکونت تأثیر بیشتری داشته است.

داناف^۳ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله ای با عنوان «مدل سازی انتخاب های سفر دانشجویان در یک دانشگاه خصوصی» به بررسی تفاوت بین الگوهای انتخاب سفر دانشجویان دانشگاه

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

آمریکایی بیروت و عموم مردم از منطقه بزرگ بیروت پرداختند. مدل انتخاب گسسته توسعه یافته برای انتخاب حالت بین اتوبوس، اتومبیل و تاکسی استفاده شده است. در این مقاله که از ۵۹۴ مشاهده شامل ۲۷۵ آقا و ۳۱۶ خانم استفاده شده بود، عوامل مؤثر بر انتخاب حالت مانند زمان سفر، هزینه، درآمد، مالکیت خودرو، جنسیت و محل سکونت بررسی شدند. این دانشجویان که از خانوارهای ثروتمند هستند ارزش زیادی برای زمان نسبت به مردم عادی قائل هستند. رفت و آمد دانشجویان تحت سناریوهای جایگزین نشان داد که افزایش هزینه پارکینگ و کاهش زمان سفر می‌تواند استراتژی امیدوارکننده‌ای برای تغییر از اتومبیل به حمل و نقل عمومی برای دانشجویان باشد.

کیولی، ای یو و سانگ (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان «مطالعه رفتار انتخاب حالت حمل و نقل مسافران» در مسیر سئول-ججو در متغیرهای مؤثر بر انتخاب حالت را بررسی کردند. آن‌ها علاوه بر متغیرهای سستی یعنی: زمان سفر، هزینه و تناوب خدمات برای انعکاس ویژگی‌های بازار، دو متغیر جدید یعنی ایمنی حمل و نقل و دسترسی به خرید آزاد را نیز در نظر گرفتند. این پژوهش با استفاده از نظرسنجی SP و روش تحلیلی لاجیت مخلوط انجام شد. آن‌ها دریافتند که برآزش مدل با استفاده از متغیرهای جدید بهبود یافته است. مدل‌ها همچنین نشان داد که ویژگی‌های کسب و کار مسافران و اوقات فراغت مسافران در انتخاب حالت حمل و نقل متفاوت می‌باشد. مسافران کسب و کار متمایل به انتخاب ایمنی حالت حمل و نقل بودند بدون در نظر گرفتن کرایه، در حالی که مسافران اوقات فراغت استفاده از خرید آزاد را ترجیح می‌دادند. حجم نمونه در این مطالعه ۲۹۲ مسافری بودند که در مسیر مورد مطالعه به صورت تصادفی انتخاب شدند. صفارزاده و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان «ساخت و پرداخت مدل‌های لوجیت دوگانه تغییر مسیر رانندگان در سفرهای دانشگاهی به تفکیک هدف سفر: مطالعه موردی شهر تهران» عوامل اصلی مؤثر بر تغییر مسیر رانندگان را به تفکیک

هدف سفر (کاری و تحصیلی) بررسی کرده‌اند. آن‌ها ۵۲۸ پرسشنامه از اعضای هیئت علمی، کارمندان و دانشجویان که از خودرو شخصی به منظور سفر به دانشگاه استفاده می‌کنند تهیه کردند. نتایج به دست آمده از مدل لاجیت دوگانه نشان داد که در مدل با هدف سفر تحصیلی، میزان تمایل به تغییر مسیر با افزایش سن افزایش یافته است. همچنین در مدل با هدف سفر کاری، مردان تمایل بیشتری به تغییر مسیر نسبت به بانوان دارند و متغیر ایمنی با علامت منفی معنادار شد، که بیانگر این موضوع است که با افزایش ایمنی، تمایل به تغییر مسیر کاهش می‌یابد. هدف این مقاله شناسایی عوامل موثر بر انتخاب شیوه سفر شامل اتومبیل شخصی، اتوبوس معمولی، اتوبوس تندرو و تاکسی است. از جمله ویژگی‌های این مقاله اولاً بررسی مسیرهای ۸ گانه به میدان آزادی شهر اصفهان است که به عنوان هسته مرکزی ثانویه شهر شناخته می‌شود و پیش از این، مسیر مذکور مورد تحلیلی انتخاب سفر قرار نگرفته است. ثانیاً قرار دادن شیوه حمل اتوبوس تندرو به عنوان یک شیوه جدید حمل و نقل عمومی در شهر اصفهان در کنار سه شیوه سفر دیگر از جمله تاکسی، اتوبوس معمولی و خودروی شخصی می‌باشد. همچنین نوآوری دیگر این مقاله استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای مبتنی بر داده‌های مرکب است که در آن نه تنها تاثیر مشخصه‌های انتخاب‌کننده ارزیابی می‌شود بلکه مشخصه‌های موارد انتخابی و آلترناتیو‌ها نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

در ادامه ابتدا الگوی تحقیق بررسی می‌شود، سپس نتایج تخمین مدل لاجیت ارائه می‌شود. در بخش چهارم تحلیل داده‌های خوشه‌بندی ارائه می‌شود و در بخش پایانی نتیجه‌گیری و جمع‌بندی ارائه خواهد شد.

۲. الگوی تحقیق

الگوهای رفتاری از رابطه‌ای تنگاتنگ با مجموعه تصمیم‌هایی که فرد تصمیم‌گیرنده در مواجهه با گزینه‌های مختلف می‌گیرد،

است. در این الگوها مطلوبیت گزینه j که با U_j نشان داده می شود، به صورت زیر تعریف می شود:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

که در آن U_{ij} مطلوبیت تصادفی گزینه j رای فرد i ، V_{ij} مطلوبیت معین گزینه j برای فرد i ، ε_{ij} جزء تصادفی و نامعین مطلوبیت گزینه j برای فرد i است. با فرض توزیع گامبل برای ε_{ij} ، تابع احتمال انتخاب به صورت الگوی لاجیت خواهد بود [Ben-Akiva & Lerman, 1985].

الگوی لاجیت در ابتدا تحت عنوان الگوهای لاجیت دوگانه که برای محاسبه میزان احتمال انتخاب بین دو گزینه به کار برده می شدند، معرفی شد. سپس این الگوها به صورت عمومی درآمد و برای محاسبه میزان احتمال انتخاب از میان دو گزینه و یا بیشتر مورد استفاده قرار گرفتند که به عنوان الگوهای لاجیت چندگانه یا چندجمله ای^۹ معروف شدند [Long, 1996]. در اقتصاد، آمار و زیست شناسی، الگوی لاجیت چند جمله ای از طریق رگرسیون لاجستیک با فرض وجود بیش از دو طبقه در متغیر وابسته انجام می شود. این الگوها زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که متغیر وابسته به صورت اسمی باشد (مجموعه ای از طبقات که نمی توان آن ها را به صورت معنادار رتبه بندی کرد). به عبارت دیگر، الگوی لاجیت چندجمله ای به منظور آزمون کلیه ترکیبات بین j گروه در متغیر وابسته به کار برده می شود. این به مفهوم شبیه سازی J-1 الگوی لاجیت دوگانه است. ساختار کلی الگوی لاجیت چندگانه به صورت زیر است [Heij et al., 2004]:

$$\text{pr}(Y_i = j) = \frac{\exp(X_i B_j)}{1 + \sum_{j=1}^J \exp(X_i B_j)} \quad j=1, \dots, J \quad (2)$$

$$\text{pr}(Y_i = 1) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^J \exp(X_i B_j)} \quad (3)$$

Y_i متغیر وابسته مشاهده شده برای عضو i ام، X_i بردار متغیرهای مستقل برای عضو i ام و B_j پارامترهای مجهول معادله است. در

برخوردار است. در حالت کلی، مبنای تصمیم های مورد اشاره در الگوهای رفتاری، بر اساس حداکثر سازی مطلوبیت حاصل از انتخاب یک گزینه توسط تصمیم گیرنده در مقایسه با سایر گزینه هاست [Hausman and Mc Fadden, 1984]. الگوهای انتخاب گسسته را می توان به دو دسته کلی الگوهای رتبه ای مانند لاجیت مرتبه ای^۴ و الگوهای غیر رتبه ای (لاجیت شرطی^۵، لاجیت چندجمله ای، لاجیت پیچیده، لاجیت متداخل^۶، پرویت چند جمله ای^۷ و الگوی لاجیت بارزش نامحدود و ناهمگن^۸) تقسیم کرد [Ben-Akiva & Lerman, 1985].

مدل های رگرسیونی چند جمله ای بر اساس داده های مورد استفاده به سه دسته قابل تقسیم هستند. مدل هایی که مبتنی بر داده های انتخاب کننده یا فرد است در مقابل مدلهای چند جمله ای مبتنی بر داده های آلترنیتیو ها. در روش داده های مبتنی بر انتخاب کننده، فرض بر این است که مشخصه های افراد مختلف در انتخاب آنها از میان آلترنیتیو ها اثر گذار است. برای مثال جنسیت، درآمد، محل سکونت بر شیوه سفر اثر گذار است. در مقابل روش داده های مبتنی بر آلترنیتیو ها به آن روشی گفته می شود که در آن فرض می شود مشخصه ها و ویژگی های آلترنیتیو ها بر روی احتمال انتخاب آن ها اثر گذار است. برای مثال مدل خودرو، سال تولید، نحوه مصرف سوخت، حجم موتور بر احتمال انتخاب یک شیوه سفر موثر است. روش سوم داده های ترکیبی است به طوری که در آن هم عوامل وابسته به انتخاب کننده و هم عوامل وابسته به آلترنیتیو ها مورد بررسی قرار می گیرند. در این مقاله از روش سوم استفاده شده است و جمع آوری داده ها مبتنی بر عوامل انتخاب کننده و همچنین مشخصه های گزینه های مورد انتخاب صورت گرفته است [Gujarati, 2011]. در مطالعه حاضر، به منظور ارزیابی برخی از فرضیات مطالعه همسو با اهداف مطالعه، از الگوهای غیر رتبه ای استفاده شده است. لذا در ادامه روابط این الگوها بررسی شده

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

صورتی که $J=2$ باشد، لاجیت چند جمله‌ای به لاجیت دوگانه^{۱۰} تبدیل می‌شود.

مبنای اصلی کاربرد الگوی لاجیت چندجمله‌ای، انتخاب یک طبقه از متغیرهای وابسته به عنوان طبقه مرجع است. به عبارت دیگر، احتمال انتخاب یک طبقه از متغیر وابسته در مقابل انتخاب طبقه مقایسه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در انتخاب طبقه مقایسه هیچ گونه معیاری به کارگرفته نمی‌شود که به معنای عدم اهمیت انتخاب هر یک از طبقات متغیر وابسته به عنوان طبقه مقایسه و ارزیابی نهایی الگو است. از طرف دیگر روش ارزیابی و برآورد الگوی لاجیت چندجمله‌ای، روش حداکثر درستنمایی^{۱۱}، مبتنی بر حداکثر سازی احتمال وقوع مشاهدات است.

همچنین الگوی لاجیت چندجمله‌ای، برای پیشامدهای مستقل از هم به کار می‌رود. طبق نظر مک فادن (۱۹۸۴) الگوهای لاجیت چندجمله‌ای و لاجیت شرطی فقط زمانی که بتوان جایگزین‌ها را مجزا از هم فرض کرد به کار می‌روند. بنابراین فرضی اصلی این الگوها، استقلال جایگزین (آلترناتیو) های مجزا (IIA) در یک متغیر وابسته می‌باشد. یعنی احتمال انتخاب یک طبقه از متغیر وابسته مستقل از انتخاب سایر طبقات متغیر وابسته است [Green, 2002].

برای تخمین مدل لاجیت چند جمله‌ای لازم است معادلات همزمان و به روش حداکثر درستنمایی برآورد شود. تعداد معادلات مدل لاجیت چند جمله‌ای برای $n - 1$ می‌باشد که در آن n تعداد آلترناتیوهای است که فرد می‌تواند از بین آن دست به انتخاب بزند. تفاوت مدل لاجیت چند جمله‌ای با لاجیت دو جمله‌ای در این است که در آن جا یک معادله وجود دارد و می‌توان به صورت مستقل آن را برآورد کرد. اما نمیتوان در حالت چند جمله‌ای معادلات را به صورت مستقل برآورد کرد به این خاطر که (۱) هر معادله دو جمله‌ای مبتنی بر یک اندازه نمونه متفاوت است به طوری اگر معادله دو جمله‌ای انتخاب های الف و ب تخمین زده شود، انتخاب های ب، برای

معادله دو جمله‌ای بین ب و ج از بین می‌رود. (۲) برآورد انفرادی معادلات دو جمله‌ای هیچ تضمینی نمی‌کند که مجموع احتمالات برابر با واحد باشد در حالی که باید اینگونه باشد. (۳) اگر معادلات با هم برآورد شود، انحراف معیار ضرایب برآورد شده به طور کلی کوچک‌تر به دست می‌آید [Gujarati, 2011].

در این الگو تفسیر ضرایب به صورت مستقیم انجام نمی‌شود. زیرا زمانی که یک متغیر مستقل افزایش می‌یابد، تغییر در احتمال علاوه بر اینکه وابسته به ارزش این متغیر مستقل است، به سایر متغیرها نیز بستگی دارد. از آنجا که این تغییر در احتمال ثابت نیست، تفسیر ضرایب به صورت مستقیم انجام نمی‌شود و تنها علامت ضریب که جهت تغییر احتمال را نشان می‌دهد، تفسیر می‌شود. علامت مثبت β_k نشان می‌دهد که چنان چه ارزش متغیر مستقل X_k افزایش یابد، احتمال قرار گرفتن در جایگزین j ام نسبت به جایگزین مرجع افزایش می‌یابد. اگر متغیر مستقل به صورت گسسته در K طبقه وارد الگو شود برای این متغیر $K-1$ ضریب برآورد می‌شود و طبقه K ام دارای ضریب صفر و به عنوان طبقه مرجع برای این متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شود و سایر طبقات متغیر مستقل با این طبقه مقایسه می‌شوند. به جای تفسیر ضرایب، نسبت احتمالات برای متغیرهای مستقل $\exp(\beta)$ تفسیر می‌شود که احتمال قرار گرفتن در جایگزین j ام نسبت به احتمال قرار گرفتن در جایگزین مرجع را با تغییر یک واحدی در متغیر X ، در صورت ثابت بودن سایر متغیرها نشان می‌دهد. اگر این نسبت بزرگ‌تر از یک باشد، با افزایش متغیر مستقل X ، احتمال قرار گرفتن در جایگزین j ام بیشتر از جایگزین مرجع است و اگر این نسبت کوچک‌تر از یک باشد، با افزایش متغیر مستقل، احتمال قرار گرفتن در جایگزین j ام نسبت به جایگزین مرجع کاهش می‌یابد. همچنین با توجه به فرض (IIA) این نسبت تنها به دو آلترناتیو j ام و جایگزین مرجع بستگی دارد و از سایر طبقات متغیر وابسته مجزا است.

که در آن $LL(0)$ لگاریتم درستنمایی الگوی تقلیل یافته و $LL(B)$ لگاریتم درستنمایی الگوی نهایی که از روابط زیر حساب می‌شوند:

$$LL(\beta) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=0}^J d_{ij} \ln \text{prob} Y_i=j \quad (7)$$

$$LL(0) = \sum_{j=1}^J n_j \ln \left(\frac{n_j}{n} \right) \quad (8)$$

در این روابط n اندازه نمونه، n_j اندازه نمونه در طبقه j ام و $d_{ij} = 1$ اگر مشاهده i ام در طبقه j قرار بگیرد، در غیر اینصورت $d_{ij} = 0$ است.

اگر آماره χ^2 در سطح اطمینان مورد نظر معنادار باشد به معنی وجود تفاوت معنادار بین الگوی نهایی و الگوی تقلیل یافته است که نشان دهنده اهمیت وجود متغیر X_i در الگو است. به عبارت دیگر این متغیر دارای تأثیر معناداری بر متغیر وابسته است. از طرف دیگر آماره والد عملی مشابه به این آماره را انجام می‌دهد. این آماره از توان دوم نسبت ضریب متغیر مستقل به انحراف معیار آن محاسبه می‌شود:

$$W_j = \left(\frac{\beta_j}{SE_{\beta_j}} \right)^2 \quad (9)$$

آماره والد نیز همانند آزمون حداکثر درستنمایی، به این فرض که آیا متغیر مستقل به طور معناداری در طبقات متغیر وابسته متفاوت است یا خیر می‌پردازد. آماره والد تنها در نمونه‌های بزرگ نتایج مناسبی ارائه می‌کند و در نمونه‌های کوچک بسیار حساس است. در حالی که آزمون حداکثر درستنمایی در نمونه‌های کوچک نیز بسیار دقیق و معتبر است. به همین دلیل آزمون حداکثر درستنمایی در مطالعات مختلف به آزمون والد ترجیح داده می‌شود. به منظور بررسی خوبی برازش مدل لجیت چندگانه، آزمون‌ها و معیارهای متعددی وجود دارد. از جمله این معیارها، آماره‌های R^2 کاذب است که به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$R_{Mc}^2 = \frac{1-LL(\beta)}{LL(0)} \text{Pseudo} R^2 \text{McFadden} \quad (10)$$

$$R_{CS}^2 = 1 - \exp \left[\frac{-2}{n} [LL(\beta) - LL(0)] \right] \text{Cox} \wedge \text{Snell} \quad (11)$$

در الگوی لجیت چندگانه به منظور بررسی اثرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته از دو آزمون حداکثر درستنمایی^{۱۲} و آزمون والد^{۱۳} به طور جداگانه برای هر یک از متغیرهای مستقل الگو استفاده می‌شود [Maddala, 1983].

فرآیند تخمین Maximum Likelihood دو مرحله است: ابتدا تابع چگالی پیوسته نمونه را به دست می‌آوریم که تابع Likelihood نامیده می‌شود. سپس مقادیر پارامتری که تابع Likelihood را حداکثر می‌کنند، به دست می‌آوریم. برای نمونه‌ای با T فرد و J جایگزین تابع Maximum Likelihood به صورت زیر است:

$$L(\beta) = \prod_{t \in T} \prod_{j \in J} \left(P_{jt}(\beta) \right)^{\delta_{jt}} \quad (12)$$

شاخص δ_{jt} برابر یک می‌شود هنگامی که فرد t جایگزین j انتخاب کند و در غیر اینصورت صفر است.

P_{jt} : احتمال انتخاب جایگزین j توسط فرد t مقادیر پارامتری که تابع Likelihood را ماکزیمم می‌کند از مشتق اول تابع Likelihood و برابر قرار داده با صفر به دست می‌آید. چون لگاریتم تابع، ماکزیمم یکسانی از تابع می‌دهد و نسبت به مشتق آسان‌تر است، ما تابع $\log - \text{Likelihood}$ را به جای خود تابع حداکثر می‌کنیم:

$$LL(\beta) = \log(L(\beta)) = \quad (13)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} \delta_{jt} \times \ln \left(P_{jt}(\beta) \right)$$

در راستای ارزیابی آزمون حداکثر درستنمایی، بر فرض مثال برای متغیر X_i (فرض اساس الگو)، دو جفت الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد: الگوی نهایی^{۱۴} (شامل کلیه متغیرهای مستقل) و الگوی تقلیل یافته یا الگوی صرفاً با عرض از مبدأ^{۱۵} (شامل کلیه متغیرهای مستقل به جز متغیر مورد بررسی). آماره این آزمون (χ^2) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\chi^2 = 2[LL(0) - LL(\beta)] \quad (14)$$

انتخاب حالت سفر و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

یک خوشه در نظر گرفته می‌شود. تمامی رکورد ها یک به یک بررسی شده و بر اساس معیار در نظر گرفته شده برای فاصله موجودیت ها، در مورد ادغام آن با خوشه های قبل یا آغاز یک خوشه جدید تصمیم گیری می‌شود. بنابراین در این مرحله به زیر خوشه هایی دست می‌یابیم.

مرحله دوم: در این مرحله زیر خوشه های مرحله اول به عنوان ورودی ها در نظر گرفته شده و بر اساس خوشه بندی سلسله مراتبی تجمعی به تعداد خوشه های مورد نظر تبدیل می‌شوند. در صورت عدم تعیین تعداد خوشه ها، این الگوریتم به صورت خودکار و با معیارهایی همچون BIC و AIC زیر خوشه ها را به تعداد بهینه ای از خوشه ها تبدیل می‌کند.

در این مطالعه با در نظر گرفتن اهداف و با استفاده از نرم‌افزار SPSS برای خوشه بندی انجام شده است.

در راستای بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب حالت سفر درون شهری شهروندان شهر اصفهان به مقصد میدان آزادی، با در نظر گرفتن اینکه متغیر وابسته دارای چهار طبقه است (اتوبوس معمولی، اتوبوس تندرو، تاکسی و اتومبیل شخصی)، با استفاده از اطلاعات حاصل از پرسشنامه ها و کاربرد نرم‌افزار SPSS 23 مدل لاجیت چندگانه برآورد شد. همچنین با استفاده از همین نرم‌افزار داده‌ها بر اساس ویژگی‌های شخصی (درآمد، مالکیت خودرو، سن و جنسیت) طبقه بندی شدند. سپس مدل لاجیت چندجمله‌ای برای هر یک از خوشه ها انجام شد. در نهایت دقت پیش‌بینی مدل در حالت بدون خوشه بندی با دقت پیش‌بینی هر یک از خوشه ها مقایسه شد.

۳. تخمین

در این مطالعه برای دستیابی به نمونه‌ای مطلوب، متناسب با اهداف مطالعه از روش نمونه گیری تصادفی ساده و برای تعیین تعداد نمونه از رابطه کوکران بهره گرفته شده است. با توجه به اینکه جامعه آماری عبارتند از تمام مسافرانی که در مسیرهای

$$R_N^2 = \frac{R_{CS}^2}{R_{MAX}^2} \text{ و } R_{MAX}^2 = 1 - \quad (12)$$

$\exp[2(n^{-1}LL(0))]$ NagelkerkePseudoR²
R² های به دست آمده از روابط بالا مانند R² های معمولی تفسیر نمی‌شوند و در تفسیر آن‌ها می‌توان گفت که با افزایش قدرت برازش الگو مقدار آن افزایش می‌یابد [Green and Hensher, 2002].

از دیگر آزمون ها جهت بررسی خوبی برازش الگو می‌توان به آزمون های پیرسون و دویانس^{۱۶} اشاره کرد. این آزمون ها در مواردی که متغیر مستقل به صورت گسسته در مدل وجود دارد قابل اطمینان نیستند این معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\chi^2 = \sum \sum \left(\frac{O_{ij} - E_{ij}}{E_{ij}} \right)^2 \quad \text{معیار پیرسون} \quad (13)$$

$$D = 2 \sum \sum O_{ij} \ln \left(\frac{O_{ij}}{E_{ij}} \right) \quad \text{معیار دویانس} \quad (14)$$

O_{ij} تعداد نمونه مشاهده شده در جایگزین j ام و E_{ij} تعداد نمونه مصور انتظار در جایگزین j ام است.

شیوه دیگری که برای تجزیه و تحلیل نتایج از آن استفاده می‌شود استفاده از تحلیل خوشه ای است. تحلیل خوشه ای یک روش آماری چند متغیره برای طبقه بندی نمونه‌ها یا شاخص هاست. هدف اصلی تجزیه و تحلیل خوشه ای، طبقه بندی داده‌ها و به دست آوردن گروه بندی، بر اساس ویژگی‌های مشابه هدف مورد مطالعه است. در این روش نمونه‌ها با ویژگی‌های مشابه با هم طبقه بندی می‌شوند. یکی از الگوریتم های خوشه بندی، خوشه بندی دو مرحله‌ای است. وجه تمایز این روش با فنون سنتی خوشه بندی عبارت است از:

- قابلیت خوشه بندی بر اساس متغیرهای گسسته و پیوسته

- انتخاب خودکار تعداد خوشه ها

- قابلیت تحلیل کارآمد فایل داده‌های بسیار بزرگ

الگوریتم خوشه بندی دو مرحله‌ای به صورت زیر خلاصه می‌شود:

مرحله اول: در این مرحله که مرحله پیش خوشه است، بر اساس رویکرد خوشه بندی سلسله مراتبی تجمعی، هر رکورد به عنوان

مورد مطالعه اقدام به مسافرت درون شهری می کنند و با عنایت به اینکه حجم جامعه به طور دقیق مشخص نیستو میتواند حداکثر مقدار ممکن به خود بگیرد، به منظور تعیین حجم نمونه از رابطه کوکران حداکثر مقدار با استفاده از رابطه زیر به دست می آید:

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{d^2} \quad (15)$$

در این رابطه s^2 واریانس صفت مورد مطالعه، d دقت احتمالی مطلوب، n حجم نمونه کل و $t = 96/1$ می باشد.

طبق این رابطه حجم نمونه تعیین شد و ۳۸۴ داده به دست آمد.

$$\frac{1/96^2 \cdot 0/5^2}{0/05^2} = 384/16 \quad (16)$$

برای تفسیر نتایج تخمین هایی که متغیر وابسته آن ها کیفی است مانند مدل لاجیت که در اینجا از آن استفاده شده، هم می توان از احتمالات استفاده کرد هم می توان مبتنی بر شانس نتایج را تفسیر کرد. در این مقاله برای تفسیر نتایج از روش تحلیل شانس یک گزینه در برابر گزینه الترنیتیو یا نسبت احتمالات استفاده گردیده است چرا که تحلیل احتمال نیاز به تعیین مقادیر فرضی برای متغیرهای مستقل دارد و لازم است ابتدا احتمال یک رخداد (مثلا استفاده از روش حمل با تاکسی) محاسبه شود (بر اساس این فرمول $p_i = \frac{1}{1+e^{z_i}}$ و سپس با داشتن مقادیر احتمال، میزان تغییر احتمال به ازای افزوده شدن یک واحد در متغیر مستقل، از طریق رابطه $(\beta_i p_i (1 - p_i))$ محاسبه شود. مشکل دیگر این است که متغیرهای توضیحی در این الگو بعضا باینری هستند و بنابراین نمی توان از میانگین آن به عنوان یک مقدار مرجع برای محاسبه p_i استفاده کرد به همین خاطر از روش شانس یا نسبت احتمالات $(\frac{p_i}{p_j})$ برای تفسیر نتایج استفاده شده است.

در این مطالعه متغیر وابسته در ۴ طبقه دسته بندی شده است. طبقه اول انتخاب خودرو شخصی، طبقه دوم انتخاب اتوبوس، طبقه انتخابی سوم تاکسی و طبقه چهارم انتخاب اتوبوس تندرو (BRT) است. طبقه (جایگزین) اول یعنی اتومبیل شخصی، به عنوان طبقه مرجع یا طبقه مقایسه در نظر گرفته شده است.

متغیر جنسیت به صورت متغیر اسمی صفر و یک در مدل وارد شده است. به این صورت که جنسیت مرد برابر صفر و جنسیت زن برابر با یک در نظر گرفته شده است. بررسی جنسیت نمونه نشان می دهد که ۵۰/۵ درصد از پاسخگویان زن و ۴۹/۵ درصد از آن ها مرد هستند. متغیر سن به صورت گسسته در ۸ دسته در پرسشنامه طبقه بندی شده است، که البته به صورت پیوسته (متوسط هر دسته) در مدل وارد شده اند. از لحاظ توزیع سنی، ۶/۳ درصد از افراد نمونه سن زیر ۱۸ سال دارند، ۲۱/۶ درصد سن (۱۸-۲۴) سال، ۲۴/۲ درصد (۲۴-۳۰) سال، ۱۴/۶ درصد (۳۰-۳۶) سال، ۱۱/۵ درصد (۳۶-۴۲) سال، ۸/۹ درصد (۴۲-۵۰) سال، ۷/۶ درصد (۵۰-۶۰) سال، و ۵/۵ درصد بالای ۶۰ سال سن دارند. از لحاظ شغلی، افراد نمونه در ۶ دسته طبقه بندی شده اند. ۱۶/۷ درصد دانش آموز، ۱۵/۴ درصد دانشجو، ۱۸/۸ درصد کارمند، ۲۵/۳ درصد شغل آزاد، ۳/۶ درصد کارگر، ۱۴/۸ درصد بیکار، ۵/۵ درصد بازنشسته هستند. درآمد در ۵ دسته و به صورت گسسته در پرسشنامه ذکر شده است، ولی به صورت پیوسته (متوسط هر دسته) در مدل آورده شده است. در این نمونه ۴۷/۷ درصد از افراد درآمد زیر پانصد هزار تومان، ۲۹/۴ درصد درآمد پانصد تا یک میلیون تومان، ۱۴/۶ درصد درآمد یک تا دو میلیون تومان و ۴/۹ درصد درآمد بالای سه میلیون تومان دارند. در نمونه حاضر، ۴۱/۴ از سفرها کاری، ۱۲/۲ درصد از سفرها با هدف خرید، ۱۰/۷ درصد از سفرها تفریحی، ۲۵/۸ درصد از سفرها تحصیلی و ۹/۹ درصد از سفرها با هدف های دیگر صورت گرفته است.

جدول ۱. خلاصه متغیرهای گسسته

متغیر	تعداد	درصد نهایی
جایگزین ها		
خودرو شخصی	۳۵	
اتوبوس معمولی	۵۴	۴/۲۲٪
تاکسی	۲۲	۶/۳۴٪
اتوبوس BRT	۴۵	۱/۱۴٪

انتخاب حالت سفر و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

۶۴/۵۰۹	۰/۶۹۶	مسافت	۸/۲۸٪		
۷۳/۶۸۰	*۹/۸۶۷	زمان پیاده روی			مالکیت خودرو
۸۶/۴۴۳	*۲۲/۶۳۰	مالکیت خودرو	۷/۶۴٪	۱۰۱	ندارد
			۳/۳۵٪	۵۵	دارد
۲۴۴/۰۰۶	*۱۸۰/۱۹۴	دسترسی به BRT	۸/۶۲٪	۹۸	ندارد
۶۹/۴۴۷	۵/۶۳۴	جنسیت	۲/۳۷٪	۵۸	دارد
۶۴/۵۰۹	۰/۶۹۶	مسافت			
120/990	*57/178	زمان انتظار			

* معنادار در سطح ۹۵٪

بر اساس نتایج جدول ۳ مقادیر آزمون حداکثر درستنمایی کلی (آزمون نهایی = $63/813$) و سطح معناداری آن حاکی از وجود تفاوت، میان الگوی با کلیه متغیرهای مستقل و الگوی بدون این متغیرها می باشد. به عبارت دیگر در الگوی حاضر، فرض وجود رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته پذیرفته می شود.

جدول ۳. اطلاعات برآزش کلی مدل

logLikelihood - 2	آماره χ^2
۶۳/۸۱۳	۹۵۱/۹۷۴
	نهایی

در راستای بررسی خوبی برازش الگوی لاجیت چندجمله‌ای و نیز میزان رابطه میان متغیرهای مستقل الگو و متغیر وابسته، از آزمون‌ها و معیارهای متعددی مانند آزمون‌های پیرسون، دویانس و آزمون PseudoR2 استفاده می شود.

جدول ۴. ضرایب تعیین Pseudo

Cox & snell	۰/۹۱۶
Nagelkerke	۰/۹۸۶
Mc Fadden	۰/۹۳۷

متغیرهای هزینه سفر (کرایه، پارکینگ و سوخت)، زمان سفر، زمان پیاده روی و زمان انتظار (زمان دسترسی) و مسافت به صورت پیوسته در مدل وارد شده اند.

همچنین طبق داده‌های به دست آمده، ۴/۲۲ درصد از افراد نمونه از خودرو شخصی، ۶/۳۴ درصد افراد از اتوبوس معمولی، ۱/۱۴ درصد از تاکسی و ۸/۲۸ درصد از اتوبوس تندرو استفاده می کنند. که از این بین، ۵۶/۸ درصد از افراد به اتوبوس تندرو دسترسی ندارند و ۴۳/۲ درصد از آن‌ها به اتوبوس تندرو دسترسی دارند.

همچنین در این نمونه ۲۶/۸ درصد از افراد دارای خودروی شخصی هستند و ۷۳/۲ درصد از افراد، خودروی شخصی ندارند. بر اساس نتایج جدول ۲ و مقادیر آزمون حداکثر درستنمایی و سطوح معناداری آن، مشخص شد که متغیرهای دسترسی به اتوبوس تندرو، هزینه سفر، زمان پیاده روی، زمان انتظار، زمان سفر، و متغیر مالکیت خودرو شخصی در سطح ۹۹٪ معنادار هستند. یعنی وجود این متغیرها در مدل اثر گذار است.

جدول ۲. عوامل مؤثر بر انتخاب حالت سفر

logLikelihood - 2	آماره χ^2	متغیر
۶۳/۸۱۳	۰	مقدار ثابت
۶۵/۴۲۱	۱/۶۰۸	سن
۶۷/۶۸۵	۳/۸۷۲	درآمد
۷۷/۲۸۳	*۱۳/۴۷۰	زمان سفر
۲۲۷/۰۹۲	*۱۶۳/۲۷۹	هزینه

بر اساس نتایج حاصل از الگوی حاضر و مقادیر R^2 برآورد شده ی الگوی فوق، می توان این طور استنباط کرد که الگوی لاجیت فوق از نکویی خوبی برخوردار است و متغیرهای مستقل استفاده شده در الگو، میزان بالایی از تغییرات مربوط به متغیر وابسته را نشان می دهند. در این مدل به دلیل وجود متغیرهای گسسته، معیار های دویانس و پیرسون قابل اعتماد نیستند. درصد پیش بینی صحیح (دقت طبقه بندی) از دیگر معیارهای مناسب جهت ارزیابی کاربردپذیری و سودمندی الگوی مورد مطالعه و به عنوان جایگزینی برای مقادیر R^2 های برآورد شده در الگو است. بر این اساس دقت طبقه بندی در الگوی حاضر ۹۷/۷٪ است که نشان دهنده ی دقت بالای الگوی ارائه شده است، که نشان می دهد الگوی لاجیت میزان ۹۷/۷٪ تغییرات مربوط به متغیر وابسته را به درستی پیش بینی می کند.

الگوی لاجیت اول احتمال انتخاب بین جایگزین اول (خودرو شخصی) و جایگزین دوم (اتوبوس معمولی) را مورد بررسی قرار می دهد. با توجه به مقادیر آزمون والد و سطح معناداری آن مشخص است که در مدل لاجیت بین خودرو شخصی و اتوبوس معمولی، هزینه سفر، زمان پیاده روی و زمان انتظار رابطه منفی و معنادار و عدم مالکیت خودرو شخصی، رابطه مثبت و معناداری بر احتمال انتخاب اتوبوس نسبت به خودرو دارند.

با افزایش یک دقیقه به زمان انتظار و زمان پیاده روی احتمال انتخاب اتوبوس نسبت به خودرو شخصی به ترتیب ۲/۱۹۶٪ و ۶۴/۴۹٪ کاهش می یابد. همچنین با افزایش یک واحد به هزینه احتمال انتخاب اتوبوس نسبت به خودرو شخصی ۰/۰۱۱٪ کاهش می یابد. عدم داشتن خودرو شخصی احتمال انتخاب اتوبوس نسبت به خودرو شخصی را ۶۸/۳۱٪ افزایش می دهد.

۱-۳ مدل اول: مرجع در مقابل اتوبوس معمولی

جدول ۵. طبقه بندی افراد نمونه در الگو

جایگزین ها	پیش بینی				درصد پیش بینی صحیح
	خودرو شخصی	اتوبوس	تاکسی	اتوبوس تندرو	
خودرو شخصی	۷۷	۰	۱	۱	۹۷/۵٪
اتوبوس معمولی	۰	۱۳۰	۰	۱	۹۹/۲٪
تاکسی	۲	۰	۴۷	۱	۹۴٪
اتوبوس تندرو	۱	۲	۰	۱۲۱	۹۷/۶٪
درصد کلی	۲۰/۸٪	۳۴/۴٪	۱۲/۵٪	۳۲/۳٪	۹۷/۷٪

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

جدول ۶. مدل لاجیت بین اتومبیل شخصی و اتوبوس معمولی

فاصله اعتماد ۹۵٪ برای exp

متغیر	β	انحراف معیار	آماره والد	$\exp(\beta)$	حد پایین	حد بالا
ثابت	-۱۵/۲۱۹	۶/۷۲۴	۴/۴۴			
زمان پیاده روی	-۰/۷۸۷	۰/۳۶۵	۱/۴۹۵			۴/۴۸۸
زمان انتظار	-۴/۱۶۷	۱/۹۸	۴/۶۵۸			۳۱۸۰/۲
زمان سفر	۰/۰۸۹	۰/۱۲۸	۱/۰۹۳			۱/۳۸
مسافت	-۰/۰۶۹	۰/۳۰۹	۳/۲۸۷			۱/۷۱۰
سن	۰/۱۱۳	۰/۱۰۵	۵/۱۲۳			۱/۳۷۵
درآمد	.	.	۱/۱۷۰			۱
هزینه	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۴۸۱			۱/۰۰۱
[جنسیت=۰]	۰/۹۹۹	۲/۴۷۳	۰/۹۹۰			۰/۹۷۹
[جنسیت=۱]	.	.	۲/۷۱۵			۰/۰۲۱
[مالکیت خودرو=۰]	۹/۵۹۶	۲/۷۴۱	۱۴۷۰۴/۲			۳۱۶۵۱۸۲/۲
[مالکیت خودرو=۱]	.	.	.			۶۸/۳۱۰
[دسترسی به اتوبوس تندرو=۰]	۴/۷۷۶	۳/۳۵۸	۱۱۸/۶۸۷			۰/۱۶۴
[عدم دسترسی به اتوبوس تندرو=۱]	.	.	۲/۰۲۳			۸۵۶۵۳/۱
	.	.	.			.

۲-۳ مدل دوم: مرجع در مقابل تاکسی

استفاده از تاکسی ترجیح می دهند. همچنین با افزایش هر واحد هزینه (برای خودرو: پارکینگ، سوخت) احتمال انتخاب تاکسی نسبت به خودرو شخصی ۱/۰۰۳٪ افزایش می یابد. با افزایش یک دقیقه به زمان انتظار و زمان پیاده روی، احتمال انتخاب تاکسی نسبت به خودرو شخصی به ترتیب ۲۹/۴۶٪ و ۱/۹۱۰٪ کاهش می یابد. که این نتیجه نشان می دهد که مردم وسیله نقلیه با زمان دسترسی کمتر را ترجیح می دهند. یعنی هرچه زمان پیاده روی و انتظار بیشتر شود مردم به نسبت کمتری از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده می کنند. همچنین عدم داشتن مالکیت خودرو،

در الگوی لاجیت دوم به بررسی عوامل مؤثر بر احتمال انتخاب تاکسی نسبت به خودرو شخصی می پردازیم. با توجه به آزمون والد و سطح معناداری آن برای این الگوی لاجیت، مشخص شد که زمان سفر و زمان پیاده روی و زمان انتظار رابطه منفی و هزینه و عدم مالکیت خودرو رابطه مثبت و معناداری بر احتمال انتخاب تاکسی نسبت به خودرو شخصی دارند. بر اساس جدول نتایج مشخص است که افزایش یک دقیقه به زمان سفر، احتمال انتخاب تاکسی نسبت به خودرو شخصی را ۰/۸۰۳٪ کاهش می دهد. یعنی با افزایش زمان سفر مردم استفاده از خودرو شخصی را نسبت به

احتمال انتخاب تاکسی نسبت به خودرو شخصی را ۱۴۶/۵۲٪

افزایش می‌دهد.

جدول ۷. مدل لاجیت بین اتومبیل شخصی و تاکسی

فاصله اعتماد ۹۵٪ برای $\exp(\beta)$		$\exp(\beta)$	آماره والد	انحراف معیار	β	متغیر
حد بالا	حد پایین					
			۲/۸۳			ثابت
		۱/۹۱۰	۳/۸۵۸	۴/۵۲	-۷/۶۱۴	زمان پیاده روی
۳/۲۸۲	۱/۹۱	۲۹/۴۶	۳/۰۴۲	۰/۳۲۹	-۰/۶۴۷	زمان انتظار
۷۱۶/۱۵۵	۱/۲۱۲	۰/۸۰۳	۴/۳۸۷	۱/۹۴	-۳/۳۸	زمان سفر
۰/۹۵۴	۰/۶۷۵	۰/۹۴۳	۰/۸۰۷	۰/۱۰۵	-۰/۲۲۰	مسافت
۱/۰۵۰	۰/۸۴۶	۱/۰۴۹	۰/۱۲۱	۰/۰۶۶	-۰/۰۵۹	سن
۱/۲۰۲	۰/۸۸۷	۱	۰/۹۶۲	۰/۰۹۲	۰/۰۴۸	درآمد
۱	۱	۱	۰	۰	۰	هزینه
۱/۰۰۶	۱/۰۰۱	۱/۰۰۴	۷/۵۳۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	[۰=جنسیت]
۲/۳۹۲	۰/۰۰۶	۰/۱۲۱	۱/۸۱۸	۱/۳۵۶	-۲/۱۱۵	[۱=جنسیت]
۰	۰	۰	۰	۰	۰	[مالکیت خودرو=۰]
۱۹۶۹/۸۸	۶/۹۱۱	۱۱۶/۶۸	۷/۶۷۲	۱/۷۱۸	۴/۷۵۹	[مالکیت خودرو=۱]
۰	۰	۰	۰	۰	۰	[دسترسی به اتوبوس تندرو=۰]
۱۹/۱۲	۰/۰۲۱	۰/۶۳۸	۰/۰۴۷	۲/۰۶۷	۰/۴۴۹	[عدم دسترسی به اتوبوس تندرو=۱]
۰	۰	۰	۰	۰	۰	

۳-۳ مدل سوم: مرجع در مقابل اتوبوس تندرو

در این الگوی لاجیت به بررسی عوامل مؤثر بر احتمال انتخاب جایگزین چهارم یعنی اتوبوس تندرو نسبت به خودرو شخصی پرداخته شده است. در این مدل با توجه به آزمون والد و سطح معناداری آن مشخص شد که زمان سفر، عدم مالکیت خودرو و همچنین دسترسی به اتوبوس تندرو تأثیر مثبت و معنادار و زمان پیاده روی و انتظار، هزینه، عدم دسترسی به اتوبوس تندرو و همچنین مالکیت خودرو رابطه منفی و معناداری بر احتمال انتخاب اتوبوس تندرو نسبت به خودرو شخصی دارد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش یک دقیقه زمان سفر احتمال استفاده از اتوبوس

تندرو نسبت به خودرو شخصی ۱/۱۰۳٪ افزایش می‌یابد. یعنی افرادی که امکان استفاده از اتوبوس تندرو را دارند هنگامی که زمان سفر زیاد شود، استفاده از اتوبوس تندرو را به استفاده از خودروی شخصی ترجیح می‌دهند. یکی از مهم‌ترین عوامل آن ترافیک می‌باشد. زیرا اتوبوس تندرو مسیر مشخصی دارد و در ترافیک نمی‌ماند. افزایش هزینه سفر، احتمال انتخاب اتوبوس تندرو را نسبت به احتمال انتخاب خودرو شخصی ۸۹۹/۰٪ کاهش می‌دهد. که این نشان دهنده تأثیر افزایش کرایه بر کاهش استقبال مردم از اتوبوس تندرو می‌باشد.

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

پژوهش را به سه خوشه (اختیاری) طبقه بندی می کند. در این -

۴-۱ نتایج حاصل از خوشه اول

در خوشه ۱ از نظر جنسیت صددرصد زن هستند. که هیچ یک از آن‌ها خودرو شخصی ندارند. نتایج نشان می دهد که ۹۹/۸۰٪ از افراد این گروه از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده می کنند و تنها ۱/۲۰ درصد از آن‌ها از خودرو شخصی (دیگر اعضای خانواده) استفاده می کنند. که این نتیجه با درصد مالکیت خودرو رابطه مستقیم دارد. در این خوشه ۴۶/۷٪ از اتوبوس معمولی، ۱۵/۸ درصد تاکسی و ۳۶/۴ درصد از آن‌ها از اتوبوس تندرو استفاده می کنند. همچنین از افراد این گروه ۵۸/۲ درصد به اتوبوس تندرو دسترسی ندارند و ۴۱/۸ درصد از آن‌ها به اتوبوس تندرو دسترسی دارند. پژوهش ۳۸۴ داده به این صورت خوشه بندی شده اند که: در خوشه اول ۱۶۵، در خوشه دوم ۱۰۳ و در خوشه سوم ۱۱۶ داده قرار گرفت. سپس مدل لاجیت چندجمله ای برای هر سه خوشه به صورت جداگانه تخمین زده شده و دقت پیش بینی مدل بین گروه‌ها با حالت بدون گروه بندی مقایسه می شود. قابل ذکر است ضرایب مدل لاجیت در حالت خوشه بندی برای هدف پژوهش اهمیت چندانی ندارد و تنها دقت پیش بینی مدل اهمیت دارد. همچنین ۱۰۱ نفر از آن‌ها یعنی حدود ۶۰/۶ درصد از آن‌ها درآمد زیر ۵ میلیون ریال دارند. ۳۳/۳ درصد از آن‌ها درآمد ۵-۱۰ میلیون ریال، ۵/۵ درصد از آن‌ها درآمد ۱۰-۲۰ میلیون ریال، ۰/۶ درصد از آن‌ها درآمد ۲۰-۳۰ میلیون ریال دارند. با توجه به نتایج در این خوشه هیچ کدام از افراد درآمد بالای ۳۰ میلیون ریال ندارند.

همچنین با افزایش زمان پیاده روی و زمان انتظار، احتمال انتخاب اتوبوس تندرو نسبت به خودروی شخصی ۲/۱۱۵٪ به ترتیب و ۵۶/۴۸٪ کاهش می یابد. این به دلیل زمان دسترسی کم برای خودروی شخصی است و کاملاً منطقی است که افراد زمان پیاده روی و زمان انتظار کمتر را ترجیح می دهند. همچنین نتایج نشان می دهد که عدم مالکیت خودرو شخصی، احتمال انتخاب اتوبوس تندرو نسبت به خودروی شخصی را ۴۵۴٪ افزایش می دهد. از طرفی مشخص است که داشتن خودرو شخصی احتمال انتخاب اتوبوس تندرو نسبت به خودروی شخصی را کاهش می دهد. این نتیجه نشان دهنده این واقعیت است که افرادی که خودروی شخصی ندارند به ناچار بیشتر از افرادی که خودروی شخصی دارند از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده می کنند.

متغیر عدم دسترسی به اتوبوس تندرو، احتمال انتخاب اتوبوس تندرو را نسبت به خودروی شخصی ۱۱۰/۰٪ کاهش می دهد. که نشانگر آنست که در جایی که دسترسی به اتوبوس تندرو نباشد، امکان استفاده از اتوبوس تندرو نیز وجود ندارد و افراد بین اتوبوس تندرو و خودروی شخصی ناچار به استفاده از خودرو هستند.

۴. تحلیل خوشه بندی داده ها

اکنون به منظور بررسی این هدف تحقیق که آیا خوشه بندی دقت پیش بینی مدل را افزایش می دهد یا خیر، نیاز به خوشه بندی است. خوشه بندی به وسیله نرم افزار SPSS و با روش خوشه بندی دو مرحله ای و بر اساس ویژگی های فردی (سن، درآمد، مالکیت خودرو و جنسیت) انجام شده است. به این صورت که داده ها در نرم افزار وارد شده اند و سپس تجزیه و تحلیل خوشه ای دو مرحله ای انتخاب شده است و در نهایت خروجی نرم افزار داده های

جدول ۸. مدل لاجیت بین اتومبیل شخصی و اتوبوس تندرو

متغیر	β	انحراف معیار	آماره والد	$\exp(\beta)$	فاصله اعتماد ۹۵٪ برای $\exp(\beta)$
ثابت	-۴/۶۶۷	۵/۲۴	۰/۷۹۲		حد پایین حد بالا

زمان پیاده روی	۰/۷۴۹	۰/۳۴۸	۴/۶۳	۲/۱۱۵	۱/۱۹	۳/۷۴۸
زمان انتظار	-۴/۰۳۴	۱/۹۸	۴/۱۲۵	۵۶/۴۸	۲/۱۵۴	۱۴۸۱/۵۸
زمان سفر	۰/۰۹۸	۰/۱۲۳	۰/۶۳۶	۱/۱۰۳	۰/۹۰۱	۱/۳۵
مسافت	-۰/۰۷۰	۰/۲۸۰	۰/۰۶۲	۰/۹۳۳	۰/۵۸۹	۱/۴۷۷
سن	۰/۱۰	۰/۰۸۹	۱/۲۶۴	۱/۱۰۵	۰/۹۵۵	۱/۲۷۸
درآمد	.	.	۲/۶۸۰	۱	۱	۱
هزینه	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۵/۵۷۵	۰/۹۸۹	۰/۹۸۱	۰/۹۹۷
[جنسیت=]	۱/۵۷۵	۲/۱۶۶	۰/۵۲۹	۴/۸۳۳	۰/۱۳۷	۱۷۰/۳۳
[۱جنسیت=]	.	.	.	.	.	.
[مالکیت خودرو=]	۶/۱۱۸	۱/۹۵	۹/۸۴۳	۴۵۴/۰۰۷	۱۸/۳۶۷	۱۱۲۲۲/۱۹
[مالکیت خودرو=۱]	.	.	.	.	.	.
[دسترسی به اتوبوس تندرو =]	-۴/۴۶۹	۳/۲۲	۱/۹۲۴	۰/۰۱۱	۲/۲۹۵	۵/۷۱۸
عدم دسترسی به اتوبوس تندرو=۱]	.	.	.	.	.	.

۲-۴ نتایج حاصل از خوشه دوم

در این خوشه ۷۱/۸ درصد (۷۴ نفر) مرد و ۲۸/۲ درصد (۲۹ نفر) زن وجود دارد که همه ی آنها خودرو شخصی دارند. در این گروه ۷۳/۸ درصد از افراد از خودرو شخصی، ۹/۷ درصد از افراد از اتوبوس معمولی، ۷/۸ درصد از تاکسی و ۸/۷ درصد از اتوبوس تندرو استفاده می کنند. در این خوشه ۲۶/۲ از افراد از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده می کنند و ۷۳/۸ درصد از خودرو شخصی استفاده می کنند. همچنین در این خوشه ۱۲/۶ درصد از افراد درآمد کمتر از ۵ میلیون ریال، ۲۶/۲ درصد درآمد بین ۵-۱۰ میلیون ریال، ۳۳ درصد درآمد بین ۱۰-۲۰ میلیون ریال، ۱۵/۵ درصد درآمد ۲۰-۳۰ میلیون ریال و ۱۲/۶ درصد از افراد درآمد بالای ۳۰ میلیون ریال دارند.

به طور کلی در این خوشه تنها جنسیت زن وجود دارد، که هیچ کدام خودروی شخصی ندارند و از لحاظ درآمدی در سطح پایینی قرار دارند. یعنی حدود ۶۰ درصد از آنها یا درآمد ندارند یا درآمد زیر ۵ میلیون ریال دارند. از لحاظ توزیع سنی، در این خوشه ۶/۱ درصد زیر ۱۸ سال سن دارند، ۲۶/۱ درصد سن ۱۸-۲۴ سال، ۲۱/۸ درصد سن ۲۴-۳۰ سال، ۱۳/۳ درصد سن ۳۰-۳۶ سال، ۹/۷ درصد سن ۳۶-۴۲ سال، ۴۲/۷ درصد سن ۴۲-۵۰ سال، ۸/۵ درصد سن ۵۰-۶۰ سال و ۴/۸ درصد بالای ۶۰ سال سن دارند. با توجه به آماره آزمون حداکثر درستنمایی (۱۴/۷۳) و سطح معناداری آنها مدل لاجیت در این خوشه معنادار است. نتایج حاصل از دقت پیش بینی مدل نشان می دهد که دقت پیش بینی مدل نسبت به حالت بدون گروه بندی افزایش یافته است. یعنی از حدود ۹۷/۷ درصد به ۹۸/۸ درصد رسیده است. این نتیجه نشان می دهد که گروه بندی باعث بهبود دقت پیش بینی مدل شده است.

جدول ۹. دقت پیش بینی مدل در خوشه اول

خودرو شخصی	اتوبوس معمولی	تاکسی	اتوبوس تندرو	درصد پیش بینی
۲	۰	۰	۰	۱۰۰

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

۹۸/۷	۱	۰	۷۶	۰	اتوبوس معمولی
۱۰۰	۰	۲۷	۰	۰	تاکسی
۹۸/۴	۶۱	۰	۱	۰	اتوبوس تندرو

جدول ۱۰. دقت پیش‌بینی مدل در خوشه دوم

خودرو شخصی	اتوبوس معمولی	تاکسی	اتوبوس تندرو	درصد پیش‌بینی
۷۸	۰	۰	۰	۱۰۰
۰	۱۰	۰	۰	۱۰۰
۰	۰	۸	۰	۱۰۰
۰	۰	۰	۹	۱۰۰
۷۴/۳	۹/۵	۷/۶	۸/۶	۱۰۰

خوشه از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده می‌کنند. در این خوشه ۴۵/۷ درصد از افراد به سیستم اتوبوس تندرو دسترسی ندارند و ۵۴/۳ درصد به اتوبوس تندرو دسترسی دارند. از نظر درآمدی ۶۰/۳ درصد از افراد این خوشه کمتر از ۵ میلیون ریال درآمد دارند، ۲۶/۷ درصد درآمد ۵-۱۰ میلیون ریال، ۱۱/۲ درصد درآمد ۱-۲ میلیون ریال، ۱/۷ درصد درآمد ۲-۳ میلیون ریال دارند و هیچ یک از افراد این خوشه درآمد بالای ۳ میلیون ریال ندارند.

از نظر توزیع سنی، در این خوشه ۱۲/۱ درصد از افراد کمتر از ۱۸ سال سن دارند، ۲۶/۷ درصد سن ۱۸-۲۴ سال، ۲۰/۷ درصد سن ۲۴-۳۰ سال، ۱۵/۵ درصد سن ۳۰-۳۶ سال، ۱۳/۸ درصد سن ۳۶-۴۲ سال، ۶/۹ درصد سن ۴۲-۵۰ سال، ۱/۷ درصد ۵۰-۶۰ سال و ۲/۶ درصد بالای ۶۰ سال سن دارند. آماره آزمون حداکثر درست‌نمایی و سطح معناداری آن حاکی از معنادار بودن مدل لاجیت در این خوشه است. دقت پیش‌بینی مدل نشان می‌دهد، دقت پیش‌بینی مدل در این خوشه برابر با ۹۹ درصد است که نسبت به مدل کلی بدون خوشه بندی افزایش یافته است. دقت پیش‌بینی مدل در حالت بدون گروه بندی ۹۷/۷ درصد است. این نتیجه نشان می‌دهد که خوشه بندی باعث بهبود نتایج مدل می‌شود.

از لحاظ وضعیت سنی در این خوشه افراد کمتر از ۱۸ سال وجود ندارند، ۸/۷ درصد از افراد سن ۱۸-۲۴ سال، ۳۲ درصد ۲۴-۳۰ سال، ۱۵/۵ درصد ۳۰-۳۶ سال، ۱۱/۷ درصد ۳۶-۴۲ سال، ۹/۷ درصد ۴۲-۵۰ سال، ۱۲/۶ درصد ۵۰-۶۰ سال و ۹/۷ درصد بالای ۶۰ سال سن دارند. اطلاعات مدل کلی در خوشه دوم را نشان می‌دهد، با توجه به آماره ی آزمون حداکثر درست‌نمایی و سطح معناداری آن مدل لاجیت در این خوشه معنادار است. نتایج حاصل از دقت پیش‌بینی مدل نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی مدل در خوشه دوم نسبت به دقت پیش‌بینی مدل کلی که بدون خوشه بندی است افزایش یافته است. یعنی از ۹۷/۷ درصد به ۱۰۰ درصد رسیده است. که نشان می‌دهد خوشه بندی دقت پیش‌بینی مدل را افزایش داده است.

۳-۴ نتایج حاصل از خوشه سوم

در خوشه سوم طبق خروجی نرم‌افزار ۱۱۶ داده وجود دارد. در این خوشه جنسیت زن وجود ندارد و صد در صد افراد این خوشه مرد هستند. هیچ کدام از افراد این خوشه خودروی شخصی ندارند. همچنین در این خوشه ۳۷/۹ درصد از افراد از اتوبوس معمولی، ۱۳/۸ درصد از تاکسی، ۴۷/۴ درصد از اتوبوس تندرو برای سفرهای درون شهری خود استفاده می‌کنند. یعنی ۹۹/۱ درصد از افراد این

جدول ۱۱. دقت پیش‌بینی مدل در خوشه سوم

خودرو شخصی	اتوبوس معمولی	تاکسی	اتوبوس تندرو	درصد پیش‌بینی
خودرو شخصی	۱	۴	۰	۱۶/۷
اتوبوس معمولی	۰	۴۴	۰	۱۰۰
تاکسی	۰	۰	۱۳	۸۶/۷
اتوبوس تندرو	۰	۰	۵۵	۱۰۰
درصد کلی	۰/۸	۴۰	۱۱	۵۰/۳
				۹۹

۵. جمع‌بندی و پیشنهادها

آگاهی داشتن از عوامل مؤثر بر انتخاب حالت سفر مسافران کمک بسیاری به متمایل کردن افراد به وسایل حمل و نقل عمومی می‌کند. به عبارت دیگر با شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب حالت سفر می‌توان عواملی که افراد را به سمت حمل و نقل عمومی سوق می‌دهد مورد توجه قرار داد و با اعمال سیاست‌های مناسب زمینه‌های آن را فراهم کرد. در مطالعه حاضر با استفاده از مدل لاجیت چندجمله‌ای عوامل مؤثر بر انتخاب سفر شناسایی شدند. نتایج نشان داد که متغیرهای زمان پیاده روی، زمان انتظار، هزینه، مالکیت خودرو شخصی و دسترسی داشتن به سیستم اتوبوس تندرو در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر انتخاب حالت سفر مسافران تأثیرگذار هستند. در مطالعات مشابه با استفاده از مدل مشابه نتایج همسویی به دست آمده است. در متغیر زمان پیاده روی، زمان انتظار و هزینه سفر، بات^{۱۷} (۱۹۹۸) نشان داد این سه متغیر تأثیر معناداری بر انتخاب شیوه سفر دارند. در رابطه با مالکیت خودرو، عبدالسلام بین مسکین^{۱۸} و همکاران (۲۰۱۳) برای سفرهای درون شهری نشان دادند در اختیار بودن خودرو که

شامل مالکیت خودرو نیز می‌شود تأثیر مثبت و معناداری بر انتخاب سفر با خودرو شخصی است و برای سفرهای برون شهری دارای تأثیر منفی بر انتخاب سفر هوایی و با اتوبوس است. نتایج نشان داد که زمان انتظار و زمان پیاده روی رابطه منفی با انتخاب حالت‌های سفر عمومی (تاکسی، اتوبوس معمولی و اتوبوس تندرو) دارند. یعنی با افزایش زمان دسترسی احتمال اینکه افراد وسایل نقلیه عمومی را نسبت به اتومبیل شخصی انتخاب کنند کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان با کاهش زمان دسترسی از طریق ایجاد ایستگاه‌های جدید و ایجاد زمان بندی مناسب برای عبور و مرور وسایل نقلیه عمومی احتمال انتخاب وسایل حمل و نقل عمومی را افزایش داد.

همچنین با توجه به اینکه مالکیت خودرو شخصی احتمال انتخاب اتومبیل شخصی را نسبت به وسایل حمل و نقل عمومی افزایش می‌دهد، می‌توان با سیاست‌هایی مانند طرح‌های زوج و فرد، افزایش هزینه سوخت، ایجاد محدودیت در برخی خیابان‌ها مانند پرداخت عوارض و ... مردم را تشویق به استفاده از حمل و نقل عمومی به جای اتومبیل شخصی کرد.

همچنین با توجه به نتایج دسترسی داشتن به سیستم اتوبوس تندرو یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب حالت سفر است که می‌توان با گسترش کمی و کیفی آن، افراد را با استفاده بیشتر از آن ترغیب کرد.

هزینه نیز یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب حالت سفر است که می‌توان با مدیریت صحیح و عواملی مانند یارانه، هزینه استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی را کاهش داد.

نتایج حاصل از خوشه بندی نیز نشان می‌دهد که می‌توان با گروه بندی نمونه بر اساس ویژگی‌های مشابه دقت پیش‌بینی مدل را افزایش داد.

۶. پی نوشت ها

-صفار زاده، محمود و فامیلی، سینا وبرزگر ملا یوسفی، علی (۱۳۹۲) "ساخت و پرداخت مدل های لوجیت چندگانه تغییر مسیر رانندگان در سفرهای دانشگاهی به تفکیک هدف سفر: مطالعه موردی شهر تهران"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال پنجم، شماره ۴، ص. ۵۲۱-۵۳۲.

-صفارزاده، محمود و ملک زاده فر، علی (۱۳۸۴) "کاربرد آنالیز هزینه-فایده در انتخاب سیستم حمل و نقل عمومی مناسب برای یک کریدور شهری"، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، شماره ۳، ص. ۳۶-۱۷

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)

- 1- Kraft and Wohl
- 2- Fisher, Swanson, and Gunning
- 3- Danaf
- 4- Ordered Logit Model
- 5- Conditional Logit Model
- 6- Nested Logit Model
- 7- Multinomial Probit
- 8- Heteroscedastic Extreme Value (HEV)
- 9- Multinomial logit
- 10- Binary Logit Model
- 11- Maximum Likelihood Stimulation
- 12- Likelihood Ratio Tests
- 13- Wald Test
- 14- Final Model
- 15- Intercept Only Model
- 16- Pearson and Deviance
- 17- Bhat
- 18- Abdulsalam Bin Miskeen

-Abdulsalam Bin Miskeen, M. A., Alhodairi, M. A. and Rahmat, R. A.T.I.Q. (2013) "Modeling a multinomial logit model of intercity travel mode choice behavior for all trips in libya", International Conference on Civil And Urban Engineering, (ICCUE 2013), At: London, United Kingdom (UK) Vol.: 7: 9

-Bhat, C. R. and Steed, J. L. (1998) "Analysis of travel mode and departure time choice for urban shopping trips", Transportation Research: Methodological, Vol. 32, Issue 6, August 1998, pp. 361-371

-Ben Akiva M. and Lerman S. (1985) "Discussion choice analysis: theory and Applications Travel Demand", MIT press, Cambridge, MA.

-Danaf, M. Abou Zeid, M. and Kaysi, I. (2014) "Modeling travel choices of students at a private, urban university: Insights and policy implications", Case Studies on Transport Policy, Vol. 2, No. 3, PP.142-152.

-Ding, L. and Zhang, N. (2016) "A travel mode choice model individual grouping based on cluster analysis", Procedia Engineering, Vol. 137, pp.786-795.

۷. مراجع

- پوراحمد، احمد، رهنمایی، محمدتقی، فرهودی، رحمت اله، سالاروندیان، فاطمه و دی جست، مارتین (۱۳۹۳) "تأثیر شرایط اقتصادی - اجتماعی و مدیریت ترافیک بر تعداد سفرهای درون شهری تهران"، فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، شماره ۱۰، ص. ۷۷-۹۳

-رحیمی، کامران، زنگنه رنجبر، پوریا، آل نوری فروشانی، هومن و شرافتی پور، سعید (۱۳۹۳) "ارائه مدل محاسبه مالیات سالیانه وسایل نقلیه شخصی با رویکرد افزایش درآمدهای پایدار مدیریت شهری"، فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، شماره ۱۰، ص. ۱-۱۹

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال یازدهم / شماره سوم / بهار ۱۳۹۹

- Maddala, G. S. (1983) "Introduction to Econometrics", Third Edition, Formerly Ohio State University
- Mc Fadden, D. (1974) "Conditional logit analysis of qualitative choice behavior frontiers in econometrics", Zarembka, P. (ed.) New York: Academic Press, pp. 105-142.
- Kraft, G. and Wohl, M., (1967) "New Directions for Passenger Demand Analysis and Forecasting", Journal of Transportation Research, Vol. 1, Issue 3, pp. 205-230.
- McFadden, D. (1987) "Regression-based specification tests for the multinomial logit model", Journal of Econometrics, Vol. No. 1-2, pp. 63-82.
- Lee, J. K., Yoo, K. E., and Song, K. H. (2016) "A study on travelers' transport mode choice behavior using the mixed logit model: A case study of the Seoul- Jeju route", Journal of Air Transport Management, Vol. 56, Part B, pp.131-137
- Richards, M. (1982) "Disaggregate demand models-promises and prospects", Transportation Research, Vol. 16 No. 5-6, pp. 339-344.
- Small, K. and Verhoef, E. (2007) "The Economics of Urban Transportation", First published, Routledge
- Ding, L. and Zhang, N. (2016) "Dynamics in mode decisions: A case study in Nanjing, China", Procedia Engineering, Vol. 137, pp. 31-40.
- Everitt, B.S., Landau, S. and Leese, M. (2001) "Cluster analysis", Fourth Edition: Arnold.
- Fisher, D. B. Swanson, C. A. and Gunning, B. E. S. (1976) "Long distance transport-Summary and discussion", Transport and Transfer Process, Book Chapter, pp. 369-371. doi.org/10.1016/B978-0-12-734850-6.50038-1
- Koppelman, F. S. and Bhat, C. (2006) "A self instructing course in mode choice modeling: multinomial and nested logit model", Prepared for US Department of Transportation Federal Transit Administration.
- Gujarati, D. (2011) "Econometrics by examples", Palgrave Macmillan, UK
- Green, W. H. and Hensher, D. A. (2002) "Econometric analysis", Prentice Hall, Fifth edition, New York University
- Hausman, J. and Mc Fadden, D. (1984) "Specification tests for the multinomial logit model", Econometrica, Vol. 52, No. 5, pp. 1219-1240
- Heij, C., Boer, P. D., Franses Ph. H., Kloek T. and Dijk, H. K. (2004) "Econometric methods with application in business and economics", Oxford University, Press Inc, New York.

انتخاب حالت سفر و عوامل موثر بر آن با استفاده از مدل لاجیت چند جمله‌ای در شهر اصفهان

ناصر یارمحمدیان، درجه کارشناسی در رشته اقتصاد را در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه شهید بهشتی و درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم اقتصادی را در سال ۱۳۸۹ را از دانشگاه اصفهان اخذ نمود. در سال ۱۳۹۳ موفق به کسب درجه دکتری در رشته اقتصاد از دانشگاه اصفهان گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان اقتصاد فضایی، اقتصاد حمل و نقل، اقتصاد و تامین مالی شهری بوده و در حال حاضر استادیار دانشگاه هنر اصفهان است.



بابک صفاری، درجه کارشناسی در رشته برق الکترونیک را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته اقتصاد در سال ۱۳۸۷ را از دانشگاه اصفهان اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته اقتصاد از دانشگاه اصفهان گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان اقتصاد حمل و نقل، اقتصاد انرژی، اقتصاد شهری بوده و در حال حاضر استادیار در دانشگاه اصفهان است.



منیره مرادی، درجه کارشناسی در رشته علوم اقتصادی را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته اقتصاد شهری در سال ۱۳۹۵ را از دانشگاه هنر اصفهان اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان اقتصاد شهری و اقتصاد حمل و نقل بوده است.

