

## مدل تاثیر پارامترهای رفتاری بر روی انتخاب شیوه سفر

### مقاله علمی - پژوهشی

شهریار افندیزاده\*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
امیرتبریزیان، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
نویدکلانتری، دانش آموخته دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷ - پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵

صفحه ۱۴۶-۱۳۱

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی لزوم در نظر گرفتن فرآیند شکل‌گیری تصمیم و وارد کردن متغیرهای پنهان در مدل‌های انتخاب گسسته صورت پذیرفته است. طرح وارد کردن این متغیرها در مدل‌های انتخاب، از آنجایی است که مفهوم تئوری رفتاری با ماهیت بوجود آمدن یک تصمیم سر و کار دارد درحالیکه مدل‌های انتخاب گسسته که مبتنی بر فرضیه مطلوبیت تصادفی و تئوری اقتصادی مصرف‌کننده می‌باشند با تمرکز بر متغیرهای قابل مشاهده به عنوان ورودی و خروجی قابل مشاهده که همان انتخاب باشد، ساخته می‌شوند. از طرفی، با وجود پیشینه استفاده از متغیرهای پنهان در مدل انتخاب، نوآوری این پژوهش را می‌توان در نوع متغیر پنهان به کار گرفته شده، یعنی خصوصیات رفتاری افراد دانست. روش مورد استفاده در این پژوهش، رویکردی مرحله‌ای است که ابتدا متغیرهای پنهان، با استفاده از مدلسازی معادلات ساختاری، مدل شده و از خروجی این بخش در ساخت مدل انتخاب با استفاده از مدل لجیت چندجمله‌ای، استفاده شده است. نمونه مورد مطالعه در این پژوهش، دانشجویان دانشگاه علم و صنعت ایران بوده‌اند. نتایج تحقیق، با معنی‌دار شناخته شدن ضرایب مربوط به متغیرهای پنهان در مدل با حضور این متغیرها و همچنین مقدار شاخص خوبی برازش  $\rho^2$  برابر با ۰٫۷۵، نشان داد که مدل با حضور متغیرهای پنهان، دارای آرایه واقع‌گرایانه‌تر، قدرت توصیفی بیشتر و در نتیجه برآورد بهتری نسبت به مدل بدون حضور این متغیرها، می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدل انتخاب گسسته، متغیرهای پنهان، مدلسازی معادلات ساختاری، پارامترهای رفتاری، مدل انتخاب شیوه سفر

### ۱- مقدمه

استراتژیک را تشکیل می‌دهند و در طرح‌های حمل و نقلی به کار می‌روند عبارتند از: تولید سفر، توزیع سفر، تفکیک سفر و تخصیص سفر (Wright, P.H. and N.J., 1989). مدل‌های تفکیک سفر، پیش‌بینی می‌کنند که چگونه سفرها بین شیوه‌های موجود در سیستم حمل و نقل تقسیم می‌شوند. مدل‌های تفکیک سفر معمولاً به عنوان سومین مرحله از این فرآیند، سهم وسایل نقلیه را در سفرهای شهری مشخص و اطلاعات مورد نیاز برای تخصیص سفر، به عنوان

بطور کلی، پیش‌بینی تقاضای سفر، سعی در کمی کردن میزان سفر در سیستم حمل و نقل دارد. تقاضا برای حمل و نقل به دلیل جدایی تسهیلات شهری ایجاد می‌شود. عرضه حمل و نقل جاده‌ای، به وسیله ویژگی‌های زیرساخت‌های آن و شبکه‌های حمل و نقل عمومی توصیف می‌شود. فرآیند سستی چهار مرحله‌ای بیش از ۴۰ سال برای پیش‌بینی‌های سفرهای شهری استفاده شده است (Khisty, C.J. and B.K., 2003). مدل‌های تحلیلی که اساس فرآیند برنامه‌ریزی

با توجه به اشکال مختلف تابع توزیع این مدل‌های انتخاب گوناگونی (مانند لوجیت و پروبیت) حاصل می‌شود (Walker, J.L., 2001)

#### ۲-۱- مفاهیم کیفی تئوری رفتاری

همواره بحث‌های زیادی در شاخه علوم رفتاری، در مورد اعتبار مدل‌های انتخاب گسسته وجود داشته‌است. محققان علوم رفتاری، تاکید زیادی بر اهمیت فرآیندهای شناختی در رفتار انتخاب داشته‌اند. مسائلی از قبیل تجربیات، شرایط محیطی و کلیه مفاهیم غیرشفافی که در تصمیم‌گیری تأثیرگذار هستند. همانطور که انتظار می‌رود، پی‌بردن به این مفاهیم و روند تأثیرگذاری آن‌ها با استفاده از روش‌های ریاضی، بسیار دشوار خواهد بود بنابراین تأثیر این عوامل معمولاً با استفاده از شاخص‌های روان‌سنجی که در پرسشنامه‌های مرتبط با نگرش‌ها، ادراکات و خصوصیات شخصیتی وجود دارد، بررسی می‌شوند (Walker, J.L., 2001).

#### ۳-۱- شکاف بین تئوری رفتاری و مدل‌های انتخاب گسسته

با توجه به مطالب گفته‌شده در دو بخش قبل، شکاف بزرگی مابین تئوری رفتاری و مدل‌های انتخاب گسسته وجود دارد و علت این اختلاف، آن است که، درحالی‌که مدلسازان انتخاب گسسته، تمرکزشان بر ورودی‌های یک تصمیم می‌باشد، محققان رفتاری، به دنبال یافتن ماهیت به‌وجود آمدن یک تصمیم و یا بعبارت دیگر، به دنبال پی بردن به نحوه شکل‌گیری آن تصمیم هستند. در مدل‌های انتخاب گسسته، ترجیحات، غیرقابل مشاهده بوده اما بعنوان تابعی از متغیرهای توصیف‌کننده در نظر گرفته می‌شوند. در حقیقت، انتخاب در مدل‌های انتخاب گسسته، ظهوری است از ترجیحاتی که غیرقابل مشاهده بوده‌اند و فرض رایج این است که، گزینه‌ای که بیشترین مطلوبیت را داشته باشد، دارای احتمال انتخاب بیشتری است. مدل انتخاب گسسته، اغلب با عنوان یک جعبه سیاه بهینه‌سازی مطرح می‌شود چراکه این مدل، مستقیماً ورودی‌های مشاهده‌شده را به خروجی مشاهده‌شده (انتخاب)، متصل می‌سازد و هیچ توضیحی در مورد فرآیند شکل‌گیری انتخاب نمی‌دهد در حالی‌که تلاش تئوری رفتاری بر این است که روند شکل‌گیری و به‌وجود آمدن یک تصمیم را در نظر گیرد تا ارایه واقع‌گرایانه تری از فرآیند انتخاب

آخرین مرحله از فرآیند چهار مرحله‌ای را آماده می‌نمایند. مرحله تفکیک سفر به دلیل دارا بودن متغیرهای سیاست‌پذیر، نقش مهمی را در سیاست‌گذاری‌های حمل و نقل ایفا می‌کند (de Dios Ortuzar, J. and L.G., 2011) مدل‌های انتخاب، نسبت به سایر مدل‌های تفکیک سفر، در دهه‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند و پیشرفت قابل توجهی کرده‌اند. ساختار این مدل‌ها از نوع احتمالی است و در آن، رفتار تصمیم‌گیرنده و تلاش او در بیشینه‌سازی مطلوبیت ناشی از انتخاب از طریق روابط ریاضی مدلسازی می‌شود (Ben-Akiva, M.E., S.R. Lerman, and S.R. Lerman, 1985) همچنین عواملی که انتخاب تصمیم‌گیرنده را تحت تأثیر قرار می‌دهند در سه گروه کلی ویژگی‌های مسافر، ویژگی‌های سفر و ویژگی‌های سیستم حمل و نقل عنوان می‌شوند.

#### ۱-۱- اساس مدل‌های کمی در رفتار انتخاب گسسته

ابزار متعارف برای مدلسازی رفتار انتخاب اشخاص، مدل انتخابی است که بر مبنای فرضیه مطلوبیت تصادفی بنا شده‌است. همچنین، فرضیه مطلوبیت تصادفی نیز، منتج از تئوری اقتصادی مصرف‌کننده می‌باشد. تئوری مصرف‌کننده در علم اقتصاد، بیان می‌کند که مصرف‌کنندگان، تصمیم‌گیرندگان معقولی هستند که در هنگام مواجهه با مجموعه‌ای از کالاهای مصرفی که امکان انتخاب آن‌ها را دارند، ترجیحات خود را بر هر کدام از این دسته کالاهای مد نظر قرار داده و سپس از میان کالاهایی که امکان انتخابشان را دارند، کالایی را بر می‌گزینند که دارای ترجیحات بیشتری باشد. همچنین رفتار مصرف‌کننده می‌تواند بعنوان یک مساله بهینه‌سازی مطرح شود که در آن مصرف‌کننده، آن دسته کالاهایی را انتخاب می‌کند که با توجه به محدودیت‌های مالی او، دارای بیشترین مطلوبیت هستند. روش استاندارد برای مدلسازی رفتار انتخاب افراد، مدل انتخاب گسسته‌ای است که از تئوری مطلوبیت تصادفی حاصل شده‌است. در حقیقت، متغیرهای پنهان، بطور غیرمستقیم بر مطلوبیت تأثیر می‌گذارند و این مطلوبیت‌ها، در انتخاب افراد، ظهور پیدا می‌کنند (Walker, J.L.T., 2001). آنچه که لن‌کستر ۱۹۶۶ و مک‌فادن ۱۹۷۴ (McFadden, D., 1974) به عنوان مطلوبیت در نظر گرفته‌اند، تابعی است از خصوصیات گزینه‌ها، خصوصیات تصمیم‌گیرنده و بخش آخر مطلوبیت، خطای تصادفی است که

رکر و گلوب (Recker, W.W. and T.F. Golob, 1976) در سال ۱۹۷۶، هارتجن و تنر (Hartgen, D.T. and G.H. Tanner, 1970) در سال ۱۹۷۰ و دابسون و تیسچر (Dobson, R. and M.L., 1976) در سال ۱۹۷۶، در تحقیقات خود بیان کرده‌اند که نحوه برخورد مسافران از نظر آماری، بطور معناداری با رفتار و خصوصیات اجتماعی اقتصادی آن‌ها ارتباط دارد. همچنین دابسون و همکاران (Dobson, R., et al., 1978) در این پژوهش، به موضوعی که پیش‌تر توسط گلوب (Lovelock, C.H., 1975) و لاولاک (۱۹۷۵) مطرح شده بود نیز اشاره کردند و آن تاثیر متقابل نگرش‌ها بر خصوصیات رفتاری افراد است که آیا نگرش‌ها، تعیین کننده خصوصیات رفتاری افراد هستند و یا خصوصیات رفتاری افراد، منجر به ایجاد نگرش‌ها می‌شوند. دابسون در پژوهش خود، موضوع اخیر را مهم دانسته و بیان کرده‌است که اگر نگرش‌ها در رفتار افراد، تاثیر داشته‌باشند، بنابراین انتخاب شیوه سفر و سایر تصمیمات سفرکنندگان، می‌تواند با تغییر نقطه‌نظر آن‌ها نسبت به حمل و نقل عمومی، حمل و نقل اشتراکی و وسیله نقلیه شخصی، تحت تاثیر قرار گیرد و سپس به منظور مشخص کردن نقش و جایگاه صحیح تحقیقات مرتبط با نگرش افراد، در تحلیل‌های حمل و نقلی، مشخص کردن ماهیت ارتباطات مابین نگرش‌ها و رفتار سفرکنندگان را ضروری دانسته‌است. دابسون و همکاران در این مطالعه، با حدود ۸۰۰ نفر از ساکنین لس‌آنجلس که در بخش مرکزی این شهر اشتغال داشتند بصورت تلفنی مصاحبه کرده و ارتباط بین ادراک افراد از راحتی و رضایت از اتوبوس (نگرش) و فراوانی استفاده از اتوبوس (رفتار) را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که نگرش و رفتار افراد بصورت متقابل به یکدیگر وابسته هستند. روش اصلی تحلیل در این مطالعه، استفاده از معادلات ساختاری بوده‌است.

بن‌آکیوا و همکاران در سال ۲۰۰۲ (Ben-Akiva, M., et al., 2002)، واکر و بن‌آکیوا در سال ۲۰۰۲ (Walker, J. and M. Ben-Akiva, 2002) و تم (Temme, D., 2008)، چهار فاکتور روانی نگرش، سبک و شیوه زندگی، ادراک و ارزش‌ها را در رفتار حمل و نقل فرد و جامعه و روند تصمیم‌گیری در این رفتار، موثر تشخیص دادند. در مطالعات بن‌آکیوا و همکاران در سال

داشته‌باشد (Walker, J.L., 2001). پژوهش حاضر نیز به دنبال بررسی این موضوع است که آیا استفاده از متغیرهای پنهانی که مرتبط با خصوصیات رفتاری افراد هستند، موجب ارائه واقع‌گرایانه‌تر و پی بردن به فرآیند شکل‌گیری یک تصمیم منجر به انتخاب می‌شود یا خیر؟ همانطور که در بخش قبل اشاره شد، با توجه به وجود شکاف بین مدل‌های انتخاب گسسته و تئوری رفتاری در مورد تفاوت این دو دیدگاه در لحاظ کردن ماهیت شکل‌گیری تصمیم و در نظر گرفتن متغیرهای تاثیرگذار در انتخاب که غیرقابل مشاهده نیز می‌باشند، به لزوم شکل‌دهی ساختاری به منظور ارائه واقع‌گرایانه‌تری از مدل‌های انتخاب گسسته پی برده می‌شود. در راستای ایجاد مدل‌های واقع‌گرایانه‌تری از لحاظ رفتاری، بطور ساده می‌توان گفت، این روش، ساختارهای پنهانی از قبیل نگرش‌ها، ادراکات و کلیه مفاهیمی که بر انتخاب، تاثیرگذار هستند را در نظر می‌گیرد. در این روش، از شاخص‌های روان‌سنجی (بعنوان مثال، پاسخ به سوالات یک پرسشنامه در ارتباط با نگرش‌ها، ادراکات و یا ویژگی‌های شخصیتی) استفاده می‌شود که جلوه‌هایی از متغیرهای پنهان بنیادی می‌باشند. هدف از ارائه این ساختار، توسعه یک چارچوب و متدولوژی جامع، برای جای دادن فاکتورهای پنهان، بعنوان متغیرهای توصیفی، در مدل‌های انتخاب گسسته می‌باشد. تحقیقات اخیر، در زمینه مدل‌های انتخاب گسسته، بر اهمیت در نظر گرفتن پارامترهای رفتاری (روانی) تاثیرگذار بر فرآیند تصمیم‌گیری، تاکید داشته‌اند. منظور این تلاش‌ها این است که در نظر گرفتن فاکتورهای رفتاری، ما را به سمت ارائه مدل‌های واقعی‌تری در فرآیند تصمیم و دارای قدرت توصیفی بیشتر و بهتری، هدایت می‌کند (Walker, J.L., 2001). همچنین، با وجود پیشینه استفاده از متغیرهای پنهان در مدل‌های انتخاب، نوآوری این پژوهش را می‌توان در نوع متغیر پنهان به‌کار گرفته شده، یعنی خصوصیات رفتاری افراد دانست.

#### ۱-۴- مروری بر ادبیات موضوع

از برخی مطالعات صورت‌گرفته مرتبط با این موضوع، می‌توان به موارد گفته شده، اشاره داشت.

S.M., C. Yang, and Y.-M. Yen, 1995,  
Prashker, J.N., 1979)

## ۲-۱- مدل‌سازی معادلات ساختاری

مدلسازی معادلات ساختاری یک فن تحلیل چند متغیری بسیار کلی و نیرومند از خانواده رگرسیون چند متغیری و به بیان دقیق‌تر بسط "مدل خطی کلی" است، که به پژوهشگر امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون را به گونه‌ای همزمان مورد آزمون قرار دهد (Hoe, S.L., 2008). مدل‌سازی معادله ساختاری یک رویکرد جامع برای آزمون فرضیه‌هایی درباره روابط متغیرهای مشاهده‌شده و متغیرهای نهانی است که گاه تحلیل ساختاری کواریانس و مدل‌بایی علی نیز نامیده شده‌است، اما اصطلاح غالب، مدل‌سازی معادله ساختاری است. این روش، یکی از مناسب‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل در تحقیقات علوم رفتاری و اجتماعی، به منظور تجزیه و تحلیل چندمتغیره است زیرا این گونه موضوعات، چندمتغیره بوده و نمی‌توان آن‌ها را با شیوه دو متغیری (که هر بار یک متغیر مستقل با یک متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود) حل نمود. مدل‌سازی معادلات ساختاری، یکی از اصلی‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل ساختار داده‌های پیچیده و یکی از روش‌های نو برای بررسی روابط علت و معلولی است و به معنی تجزیه و تحلیل متغیرهای مختلفی است که در یک ساختار مبتنی بر تئوری، تاثیرات همزمان متغیرها را بر هم نشان می‌دهد. آنچه مدل‌سازی معادلات ساختاری را قدرتمند ساخته، روش شناختی با دقت بالای آن و کاربردی بودن آن است که به شرایط واقعی زندگی اجتماعی بسیار نزدیک است. بنابراین به لحاظ روش‌شناسی از دقت بالایی برخوردار است چراکه با متغیرهای پنهان، واقعا به عنوان سازه‌هایی برخوردار می‌کند که در سنجش آن خطا وجود دارد و به لحاظ کاربردی به واقعیت زندگی اجتماعی نزدیک می‌شود چراکه در فضایی چندمتغیره امکان تحلیل داده‌ها را فراهم می‌آورد.

## ۲-۲- مدل انتخاب

مدل لوجیت چندگانه، ساده‌ترین و پرکاربردترین مدل انتخاب گسسته به‌شمار می‌آید. کاربرد این مدل از آنجا ناشی می‌شود که فرم بسته‌ای برای بیان احتمال انتخاب گزینه‌ها ارایه

(Ben-Akiva, M., et al, 2002) (و تم در سال ۲۰۰۸ (Temme, D., 2008)، عوامل نهانی بصورت معادلات ساختاری در توابع مطلوبیت مدل وارد شده‌اند. ژوهانسن و همکاران در سال (Johansson, M.V., 2006) به بررسی اثرات نگرش‌ها و ویژگی‌های شخصیتی بر روی انتخاب شیوه سفر افراد پرداختند و مواردی از قبیل ایمنی، ملاحظات زیست‌محیطی، انعطاف‌پذیری، راحتی و آسایش را بعنوان متغیرهای پنهان در نظر گرفتند.

کرس و پاسافارو (Carrus, G., P. Passafaro, and M. Bonnes, 2008) در مطالعه خود در سال ۲۰۰۸، به بررسی تاثیر متغیرهای پنهان احساسات و عادات افراد در موضوع بازیافت زباله‌های خانگی و همچنین استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی به جای وسیله نقلیه شخصی در سفرهای شغلی، پرداخته‌اند. جامعه نمونه در مطالعه اول به تعداد ۱۵۴ و در مطالعه دوم ۱۸۰ نفر بوده‌اند. در این مطالعه، از روش رگرسیون چندگانه و مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شده‌است و نتیجه حاصل، تاثیر معنادار نقش احساسات و عادات افراد در گذشته، بر استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی به جای وسیله نقلیه شخصی در سفرهای شغلی و همچنین توجه به مسائل زیست‌محیطی بوده‌است.

## ۲- پیشینه تحقیق

با توجه به اینکه مبنای انجام هر پژوهش علمی، داده‌ها و اطلاعاتی در مورد جامعه نمونه می‌باشد و از آنجائیکه اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای انجام این پژوهش، از پیش آماده و یا در دسترس نبودند، بنابراین از همان ابتدا، لزوم طرح پرسشنامه و انجام پرسشگری در جامعه هدف، مشخص گردید. به تناسب انتخاب روش پرسشنامه برای جمع‌آوری اطلاعات، ملاحظات ضروری در خصوص استفاده از این روش، از قبیل بررسی روائی و پایایی پرسشنامه، اجرای آزمایشی پرسشنامه، کفایت تعداد نمونه و غیره، مطرح می‌گردد. همچنین رویکرد مدل‌سازی این پژوهش، رویکردی مرحله‌ای است که ابتدا و در گام اول با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، متغیرهای نهان (خصوصیات رفتاری افراد) که توسط مقیاس لیکرت در پرسشنامه مورد سنجش قرار گرفته‌اند، مدل‌سازی شده و در گام دوم با استفاده از خروجی مرحله اول به ساخت مدل انتخاب شیوه سفر، پرداخته می‌شود (Madanat, Ben-Akiva, M., et al, 2002)

۵- شخص  $q$  گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که دارای بیشترین مطلوبیت برای او باشد. به همین دلیل یک گزینه فقط در صورتی انتخاب می‌شود که روابط (۲) و (۳) برقرار باشند.

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall A_i \in A(q) \quad (2)$$

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \quad (3)$$

مدل‌های مختلفی را می‌توان براساس اینکه خطاها دارای چه تابع توزیعی هستند، ساخت. یکی از مهم‌ترین انواع مدل‌ها، که براساس تابع توزیع گامبل ساخته شده‌است، مدل لوجیت است. این مدل از پشتوانه تئوری قوی برخوردار بوده و بسیار پرکاربرد است (Train, K.E, 2009). شکل ریاضیاتی مدل انتخاب گسسته با فرض انجام شده درباره توزیع بخش خطای تابع مطلوبیت برای هر یک از گزینه‌ها تعیین می‌شود. فرض‌هایی که نهایتاً منجر به مدل لوجیت می‌شوند، عبارتند از:

- ۱- خطا از توزیع گامبل پیروی می‌کند.
- ۲- خطا به‌طور یکسان و مستقل در گزینه‌ها توزیع شده‌است.
- ۳- خطا به‌طور یکسان و مستقل در مشاهدات/ افراد توزیع شده‌است.

رایج‌ترین فرضیه برای توزیع خطا در علم آمار و مدلسازی این است که خطاها به‌طور نرمال توزیع شده‌اند. دلایل خوب نظری و عملی برای به‌کارگیری توزیع نرمال در اکثر مدلسازی‌ها وجود دارد. اما در مورد مدل‌های انتخاب، فرض توزیع نرمال برای بخش خطا منجر به مدل انتخاب احتمالی پروبیت می‌شود که دارای خصوصیتی است که به‌کارگیری آن را در آنالیز انتخاب دشوار می‌کند. توزیع گامبل به دلیل مزایای محاسباتی آن بخصوص در زمینه‌هایی که حداکثرسازی اهمیت دارد، بکارگرفته شده‌است (Train, K.E, 2009).

اگر سه فرض گفته‌شده، باهم در نظر گرفته شود، به ساختار ریاضی منجر خواهد شد که مدل لوجیت نامیده می‌شود. مدل لوجیت احتمال انتخاب گزینه را به عنوان تابعی از بخش قطعی تابع مطلوبیت همه گزینه‌ها مشخص می‌کند. معادله عمومی برای انتخاب گزینه  $i$  از مجموعه گزینه‌های  $J$  به شرح رابطه (۴) است:

$$\Pr(i) = \frac{e^{v_i}}{\sum_{j=1}^J e^{v_j}} \quad (4)$$

که در این رابطه:

می‌دهد و به‌راحتی قابل تفسیر می‌باشد. فرمول لوجیت اولین بار در سال ۱۹۵۹ توسط لاک و بر اساس فرضیاتی درباره خصوصیات احتمالات انتخاب که استقلال از گزینه‌های غیرمرتبط نامیده می‌شود، به‌دست آمد (Train, K.E, 2003). اصلی‌ترین چارچوب تئوری، که پایه و زمینه‌ساز مدل‌های انتخاب گسسته می‌باشد تئوری بیشترین مطلوبیت است که به‌طور کلی موارد ذیل را بیان می‌دارد (Train, K.E, 2009):

۱- افرادی که در یک جامعه یکسان و همگون زندگی می‌کنند، رفتار منطقی دارند و اطلاعات آن‌ها در رابطه با محیط اطرافشان کامل است. یعنی این افراد همیشه گزینه‌هایی را انتخاب می‌نمایند که مطلوبیت فردی آنان را حداکثر نماید. این انتخاب با توجه به محدودیت‌های قانونی، اجتماعی، فیزیکی و بودجه‌ای (هم اقتصادی و هم زمانی) صورت می‌گیرد.

۲- تعداد مشخصی گزینه وجود دارد

$$A = \{A_1, \dots, A_j, \dots, A_n\}$$

۳- در ادامه فرض می‌شود که مجموعه انتخاب‌هایی (گزینه‌هایی) که فرد پیش رو دارد، مشخص باشد. این بدان معنی است که این محدودیت‌ها قبلاً مورد بررسی قرار گرفته‌است و گزینه‌هایی که به علت این محدودیت‌ها انتخابشان امکانپذیر نبوده، از مجموعه گزینه‌ها حذف شده و هر شخصی می‌تواند هر گزینه‌ای را که دوست دارد، انتخاب نماید.

۴- هر گزینه  $A_j \in A$  برای شخص  $q$  دارای مطلوبیتی به شکل  $U_{iq}$  است. که تابع مطلوبیت است، دارای دو بخش است:

یک قسمت مشخص و قابل محاسبه به نام  $V_{iq}$  که براساس مشخصات کمی افراد و گزینه‌های  $(X)$  تعیین می‌شود.

یک قسمت احتمالاتی  $\varepsilon_{iq}$  که نشان‌دهنده خطاها و سلاقی خاص افراد مورد مطالعه است. پس تابع مطلوبیت به‌صورت رابطه (۱) تشکیل می‌شود.

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

مراحل زیر، برای انجام مدلسازی این پژوهش، به ترتیب انجام شده است.

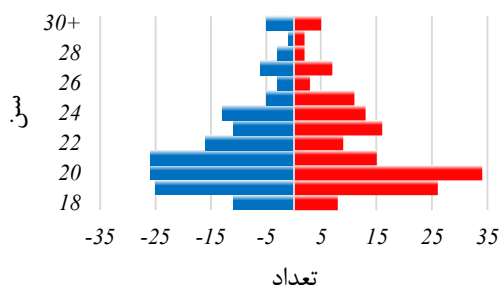
نمونه آماری این پژوهش که باید معیار حداقل حجم نمونه مورد نیاز برای مدل معادلات ساختاری و همچنین مدل انتخاب را برآورده می‌کند، ۳۰۲ نفر می‌باشد. لازم به ذکر است که حجم حداقل نمونه مورد نیاز برای مدل معادلات ساختاری، ۵ برابر تعداد شاخص‌های پرسشنامه (در این پژوهش با ۴۵ شاخص، یعنی ۲۲۵) و برای مدل انتخاب، حداقل ۵۰ تصمیم‌گیرنده به ازای هر گزینه (در این پژوهش با ۶ شیوه سفر، یعنی ۳۰۰) می‌باشد که به ترتیب در روابط (۵) و (۶) آورده شده است. (MacCallum, R.C., et al., 1999) and (Hensher, D.A., J.M. Rose, and W.H. 2005)

$$5q \leq n \leq 15q \quad (5)$$

$$50 * \text{alternatives}_{number} \leq n \quad (6)$$

۱۵۱ نفر از این تعداد را مردان و ۱۵۱ نفر را نیز زنان تشکیل داده‌اند. در زمان پرسشگری، ۷ نفر (۲٪) از این تعداد، دارای مدرک یا مشغول به تحصیل در مقطع دکتری، ۷۹ نفر (۲۶٪) دارای مدرک یا مشغول به تحصیل در مقطع فوق لیسانس و ۲۱۶ نفر (۷۲٪) نیز دارای مدرک یا مشغول به تحصیل در مقطع لیسانس بوده‌اند. همچنین محدوده سنی این افراد نیز بین ۱۸ تا ۳۰ سال می‌باشد.

شکل (۱) هرم سن جنسیت پاسخ‌دهندگان را نمایش می‌دهد که رنگ آبی نشان‌دهنده مردان و رنگ قرمز، نشان‌دهنده زنان می‌باشد.



شکل ۱. هرم سن جنسیت پاسخ‌دهندگان

$Pr(i)$ : احتمال انتخاب گزینه  $i$  توسط تصمیم‌گیرنده و

$V_j$ : جزء قطعی تابع مطلوبیت گزینه  $j$  است.

### ۳- مطالعه موردی

داده‌های مرتبط با هدف انجام این پژوهش، با طرح و اجرای پرسشنامه کتبی در میان جامعه آماری مورد مطالعه که دانشجویان دانشگاه علم و صنعت ایران بودند، تهیه شده است. این پرسشگری، با هدف عدم تاثیر قرار گرفتن سفرهای افراد در روزهای پایانی هفته و حضور آن‌ها در دانشگاه، در روزهای میانی هفته و در بهمن و اسفندماه ۱۳۹۸، صورت گرفته است. پرسشنامه مذکور در سه بخش کلی شامل اطلاعات اجتماعی اقتصادی، اطلاعات مرتبط با سفرهای روز قبل و در نهایت اطلاعات مرتبط با خصوصیات رفتاری پاسخ‌دهندگان، تنظیم شده است که این بخش از پرسشنامه توسط ۴۵ شاخص، ۹ متغیر پنهان را می‌سنجد. اسامی این متغیرها و نام اختصاری آن‌ها در مدلسازی در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. اسامی متغیرهای نهان و نامگذاری آن‌ها در مدلسازی

نامگذاری در مدلسازی	نام متغیر نهان
AP	Adaptable Personality شخصیت انعطاف‌پذیر
CP	Cautious Personality شخصیت محتاط
IP	Indolent Personality شخصیت تنبل
MP	Monotonous Personality شخصیت یکنواختی طلب
NI	Network Information آگاهی از شبکه حمل و نقل
HP	Habit in Personality نقش عادت در شخصیت
CiP	Confidence in Personality نقش اطمینان در شخصیت
EC	Environmental Considerations ملاحظات زیست‌محیطی
EP	Extro/Introverted Personality شخصیت برونگرا/ درونگرا

### ۳-۱- تحلیل عاملی اکتشافی بر روی داده‌ها

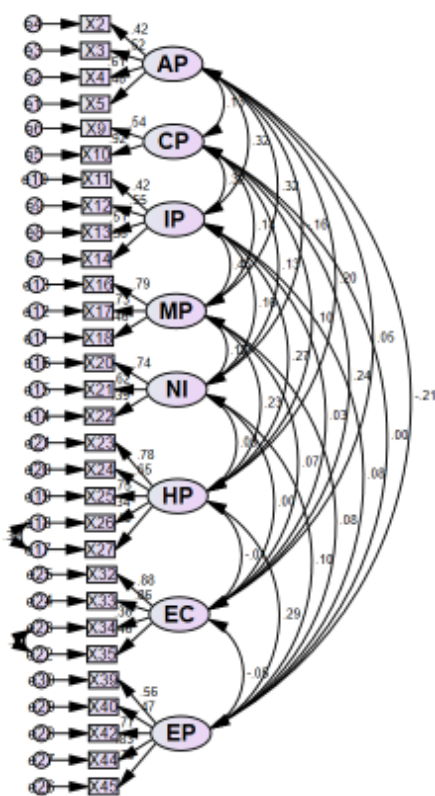
تحلیل عاملی اکتشافی تعیین می‌کند که متغیرها متعلق به کدام عامل هستند. در این مطالعه چون ساختار از پیش تعیین شده‌ای برای متغیرها و عوامل آن‌ها وجود داشت، لذا سعی شده‌است که هر متغیر در عاملی که از پیش برای آن تعیین شده‌است باقی بماند و در غیراینصورت از مدل کنار گذاشته‌شود. تحلیل عاملی اکتشافی این مطالعه توسط نرم افزار IBM SPSS Statistics Version 25 انجام شده‌است. پس از انجام تحلیل عاملی اکتشافی، کلبه متغیرها در ۸ فاکتور (با حذف عامل Confidence in Personality) طبقه‌بندی شدند. مدل EFA پیشنهاد شده دارای پایایی مناسب (آلفای کرونباخ بزرگتر از ۰,۷)، کفایت تعداد نمونه قابل قبول (شاخص KMO بزرگتر از ۰,۷) و روایی مناسب (بارهای عاملی بزرگتر از ۰,۳) می‌باشد. از ساختار بدست آمده در این بخش، در مرحله بعد و به منظور انجام تحلیل عاملی تاییدی استفاده شده‌است.

این ضریب برای هر یک از متغیرهای نهان باید بزرگتر از ۰,۶ باشد و  $\lambda_j$  در آن، نشان‌دهنده مقدار بار عاملی شاخص  $j$  برای متغیر نهان  $i$  می‌باشد. برای انجام تحلیل عاملی تاییدی (CFA) در این مطالعه، از نرم افزار IBM SPSS Amos Version 22 استفاده شده‌است. ساختار بدست آمده پس از انجام تحلیل عاملی تاییدی بر روی داده‌ها، به شکل (۲) می‌باشد. همچنین بارهای عاملی متغیرها یا همان ضرایب رگرسیونی استاندارد شده مدل بر روی شکل (۲) نمایش داده شده‌اند. از مدل بدست آمده فوق برای ادامه مدلسازی این مطالعه استفاده می‌شود و متغیرهای نهان تولید شده از این مدل به منظور استفاده در مدل انتخاب بر روی پایگاه داده، بارگذاری می‌شوند. در حقیقت، خروجی این مرحله از مدلسازی، تبدیل پاسخ‌های خام افراد (که تحت مقیاس لیکرت و به تنهایی، استنباط معنی داری بدست نمی‌داد) به امتیاز هر فرد در هر کدام از ویژگی‌های شخصیتی می‌باشد که به پایگاه داده اضافه می‌گردد.

### ۳-۲- تحلیل عاملی تاییدی بر روی داده‌ها

پس از انجام تحلیل عاملی اکتشافی، به‌منظور به تایید رساندن ساختارهای متغیر نهان در نظر گرفته‌شده برای مدل‌های معادلات ساختاری، از تحلیل عاملی تاییدی استفاده می‌شود. با اجرای تحلیل عاملی تاییدی یا CFA می‌توان مدل ارائه شده بر اساس نظریه را با مدلی که در دنیای واقعی وجود دارد، مقایسه نمود. در واقع در CFA باید به دنبال تایید نیکویی برازش مدل یا عبارتی می‌بایست دنبال تایید اینکه مدل ارائه شده مشابه مدل واقعی در جمعیت مورد مطالعه است بود. به عبارت ساده، CFA نتایج به‌دست آمده از تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) را تایید می‌کند. پس برای این منظور، می‌بایست مدل CFA را بر اساس نتایج و دسته‌بندی‌های به‌دست آمده از EFA رسم نمود. روائی تحلیل عاملی تاییدی به اینصورت است که بار عاملی هر یک از شاخص‌ها باید بزرگتر از ۰,۳ باشد. همچنین به منظور بررسی پایایی تحلیل عاملی تاییدی از رابطه (۷) که ضریب پایایی ترکیبی می‌باشد استفاده می‌گردد (Hair, J., et al, 2010).

(۷)



شکل ۲. ساختار مدل متغیرهای نهان در نرم‌افزار Amos

$$CR_i = \frac{(\sum_{j=1}^J \lambda_j)^2}{(\sum_{j=1}^J \lambda_j)^2 + (\sum_{j=1}^J 1 - \lambda_j^2)}$$

### ۳-۳- ساخت مدل انتخاب

پس از ساخت مدل مرتبط با متغیرهای نهان که در آن، پاسخ‌های افراد از مقیاس لیکرت به امتیازی در هرکدام از متغیرهای نهان برای آن‌ها تبدیل گردید و ویرایش فایل داده‌ها، نوبت به ساخت مدل انتخاب شیوه سفر پاسخ‌دهندگان و استخراج توابع مطلوبیت برای هر شیوه سفر می‌رسد. در این مرحله، هرکدام از ۸ متغیر نهان نیز، مانند سایر متغیرها (متغیرهای آشکار) بعنوان یک ستون جدید در فایل داده‌ها حضور پیدا می‌کنند که هرکدام از اشخاص در آن‌ها دارای نمره‌ای هستند. نرم‌افزار مورد استفاده در این بخش، IBM SPSS Statistics Version 25 و NLogit 6 می‌باشد. اولین کار پیش از شروع به مدلسازی، بررسی همبستگی متغیرها می‌باشد. به این گونه که متغیر وابسته با متغیر مستقل باید بیشترین همبستگی و متغیرهای مستقل با یکدیگر، کمترین همبستگی را داشته باشند. به منظور بررسی این مورد از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics Version 25 استفاده شده است. در مطالعه حاضر، متغیر وابسته، شیوه‌های سفر انتخاب شده توسط افراد می‌باشد. در مرحله اول، متغیرهایی که مقدار Sig آن‌ها از نظر SPSS معنی‌دار شناخته شده‌اند، یادداشت می‌شوند تا در تابع مطلوبیت هر شیوه سفر وارد شوند. این فرآیند برای هر ۶ شیوه سفر (وسیله نقلیه شخصی، تاکسی، تاکسی اینترنتی، مترو، اتوبوس و پیاده) انجام می‌شود. باید دقت شود که همبستگی متغیرهای مستقل با یکدیگر را نیز کنترل نمود و اگر دو متغیر مستقل با یکدیگر همبستگی بالایی داشتند نباید وارد یک تابع مطلوبیت شوند. نرم‌افزار مورد استفاده در این مطالعه برای ساخت مدل انتخاب، NLogit 6 می‌باشد. پس از آماده‌سازی فایل داده و فراخوانی به نرم‌افزار، کدهای مربوط به توابع مطلوبیت با توجه به جدول همبستگی نوشته می‌شود. در گام اول، تمام متغیرهایی که با هرکدام از شیوه‌های سفر دارای همبستگی بوده‌اند را در تابع مطلوبیت آن شیوه سفر قرار داده و Run گرفته می‌شود. پس از بررسی خروجی مدل، متغیرهایی که معنادار نشده‌اند و یا علامت آن‌ها با جدول همبستگی و شهود مطابقت ندارد، یکی یکی از توابع مطلوبیت خارج می‌شوند تا مدل نهایی، به دست آمده و تمام ضرایب معنادار شوند. در جداول (۲) و (۳)، به ترتیب، نامگذاری توابع مطلوبیت هرکدام از شیوه‌های سفر و متغیرهای به‌کار برده شده در مدل، آورده شده است.

جدول ۲. نامگذاری توابع مطلوبیت شیوه‌های سفر در مدل

شیوه سفر	تابع مطلوبیت در مدل
وسیله نقلیه شخصی (خودرو)	$U(1)$
تاکسی	$U(2)$
تاکسی اینترنتی	$U(3)$
مترو	$U(4)$
اتوبوس	$U(5)$
پیاده	$U(6)$

همچنین لازم به ذکر است که سهم هرکدام از شیوه‌های سفر فوق از مجموع سفرهای پاسخ‌دهندگان برای وسیله نقلیه شخصی ۲۲۰ سفر، تاکسی ۱۴۷ سفر، تاکسی اینترنتی ۵۴ سفر، مترو ۲۴۴ سفر، اتوبوس ۱۳۴ سفر و شیوه سفر پیاده ۶۱ سفر بوده است و در مجموع نیز ۸۶۰ سفر انجام شده است.

جدول ۳. متغیرهای به‌کار برده شده در مدل

متغیر	نامگذاری در مدلسازی
سن	AGE
جنسیت	GENDER
تعداد اعضای خانوار	NB_HOUSE
هزینه (کرایه)	COST
زمان	TIME
نسبت فرد در خانواده خودش	FAMILY_R
گواهینامه رانندگی	DRIVING_
مالکیت خودرو	CAR_OWNE
محل تولد	BORNCITY
سطح تحصیلات	EDUCATIO
وضعیت منزل مسکونی (مالک/ مستاجر)	LANDLORD
متر از منزل مسکونی	AREA_TYP
نوع منزل مسکونی (آپارتمانی/ ویلایی)	HOUSE_TY
منطقه شهرداری محل سکونت	ZONE_TYP
مالکیت پارکینگ در منزل مسکونی	PARKING
وضعیت تاهل	MARRIAGE
درآمد	REVENUE
تعداد سفرهای روزانه	NB_TRIPS



۳-۳-۱- مدل بدون حضور متغیرهای نهان

توابع مطلوبیت، برای مدل بدون حضور متغیرهای نهان بصورت زیر می‌باشد. ضرایب این مدل در جدول (۴) نمایش داده شده است.

$$\begin{aligned}
 U(1) &= C1 + C2 * COST + C4 * DRIVING\_ + C5 * CAR\_OWNE \\
 &+ C6 * LANDLORD + C7 * AREA\_TYP + C8 * ZONE\_TYP \\
 &+ C9 * PARKING + C11 * NB\_TRIPS / \\
 U(2) &= C20 + C21 * COST + C22 * TIME + C24 * CAR\_OWNE \\
 &+ C25 * EDUCATIO + C26 * NB\_TRIPS / \\
 U(3) &= C30 + C32 * GENDER + C34 * LANDLORD + C36 * PARKING \\
 &+ C39 * NB\_TRIPS / \\
 U(4) &= C40 + C41 * COST + C42 * TIME + C44 * ZONE\_TYP \\
 &+ C48 * NB\_TRIPS / \\
 U(5) &= C50 + C51 * COST + C54 * NB\_TRIPS / \\
 U(6) &= C60 * COST + C61 * TIME + C63 * BORNCITY \\
 &+ C65 * LANDLORD + C66 * AREA\_TYP\$
 \end{aligned}$$

جدول ۴. ضرایب مدل بدون حضور متغیرهای نهان

		وسیله نقلیه شخصی		متغیرهای تابع مطلوبیت	
		ضریب	آماره t		
		-47.77	-66.19	ثابت مدل	
		-833.97	-346.3	هزینه (کرایه)	
95.29	40.8			زمان	
				جنسیت	
		29.01	11.66	گواهینامه رانندگی	
		34.48	22.1	مالکیت خودرو	
		4.9	1.05	مساحت منزل مسکونی	
		-8.77	-0.33	منطقه شهرداری محل سکونت	
		12.81	7.1	مالکیت پارکینگ در منزل	
		-16.37	-8.52	وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)	
				سطح تحصیلات	
				محل تولد	
		15.79	3.58	تعداد سفرهای روزانه	
تاکسی اینترنتی		تاکسی		متغیرهای تابع مطلوبیت	
ضریب	آماره t	ضریب	آماره t		
-342.65	-485.9			ثابت مدل	
				هزینه (کرایه)	
				زمان	
-24.98	-9.93			جنسیت	
				گواهینامه رانندگی	
				مالکیت خودرو	
				مساحت منزل مسکونی	
				منطقه شهرداری محل سکونت	
-29.85	-16.71			مالکیت پارکینگ در منزل	
23.75	12.81			وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)	
				سطح تحصیلات	
				محل تولد	
55.88	13.06			تعداد سفرهای روزانه	
				جنسیت	
				گواهینامه رانندگی	
		-45.9	-31.25	مالکیت خودرو	

-33.78	-7.14	مساحت منزل مسکونی
		منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
-13.37	-6.93	وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
		سطح تحصیلات
-16.95	-8.42	محل تولد
		تعداد سفرهای روزانه

### ۳-۳-۲- مدل با حضور متغیرهای نهان

توابع مطلوبیت، برای مدل با حضور متغیرهای نهان به صورت زیر می‌باشد. ضرایب این مدل در جدول (۵) نمایش داده شده‌است.

$$U(1) =$$

$$C1 + C2 * COST + C4 * DRIVING\_ + C5 * CAR\_OWNE + C6 * LANDLORD + C7 * AREA\_TYP + C8 * ZONE\_TYP + C9 * PARKING + C10 * HP + C11 * NB\_TRIPS /$$

$$U(2) =$$

$$C20 + C21 * COST + C22 * TIME + C24 * CAR\_OWNE + C25 * EDUCATIO + C26 * NB\_TRIPS /$$

$$U(3) =$$

$$C30 + C32 * GENDER + C34 * LANDLORD + C36 * PARKING + C38 * AP + C39 * NB\_TRIPS /$$

$$U(4) =$$

$$C40 + C41 * COST + C42 * TIME + C44 * ZONE\_TYP + C46 * EP + C47 * NI + C48 * NB\_TRIPS /$$

$$U(5) =$$

$$C50 + C51 * COST + C52 * HP + C53 * NI /$$

$$U(6) =$$

$$C60 * COST + C61 * TIME + C63 * BORNCITY + C65 * LANDLORD + C66 * AREA\_TYP + C67 * HPS$$

جدول ۵. ضرایب مدل با حضور متغیرهای نهان

وسیله نقلیه شخصی		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-71.69	-136.85	ثابت مدل
-790.6	-338.13	هزینه (کرایه)
		زمان
		جنسیت
31.08	12.72	گواهینامه رانندگی
18.27	12.17	مالکیت خودرو

مترو		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-239.12	-337.9	ثابت مدل
-547.39	-233.2	هزینه (کرایه)
290.94	44.84	زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو
		مساحت منزل مسکونی
163.1	6.08	منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
		وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
		سطح تحصیلات
		محل تولد
132.14	31.18	تعداد سفرهای روزانه

اتوبوس		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-42.72	-55.85	ثابت مدل
-664.81	-278.9	هزینه (کرایه)
		زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو
		مساحت منزل مسکونی
		منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
		وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
		سطح تحصیلات
		محل تولد
-9.14	-2.11	تعداد سفرهای روزانه

پیاده		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
		ثابت مدل
-806.32	-335.4	هزینه (کرایه)
-76.7	-11.44	زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو

		منطقه شهرداری محل سکونت				مساحت منزل مسکونی	
-31.22	-17.53	مالکیت پارکینگ در منزل		-3.84	-0.15	منطقه شهرداری محل سکونت	
20.91	11.31	وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)		4.7	2.71	مالکیت پارکینگ در منزل	
		سطح تحصیلات		-36.46	-19.16	وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)	
		محل تولد				سطح تحصیلات	
68.24	13.53	تعداد سفرهای روزانه				محل تولد	
		نقش عادت در شخصیت		17.48	3.45	تعداد سفرهای روزانه	
-12.92	-6.45	شخصیت انعطاف پذیر		41.13	20.65	نقش عادت در شخصیت	
		شخصیت برونگرا/درونگرا				شخصیت انعطاف پذیر	
		آگاهی از شبکه حمل و نقل				شخصیت برونگرا/درونگرا	
						آگاهی از شبکه حمل و نقل	

مترو		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-228.1	-479.96	ثابت مدل
-524.6	-231.99	هزینه (کرایه)
280.36	43.79	زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو
		مساحت منزل مسکونی
162.23	6.15	منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
		وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
		سطح تحصیلات
		محل تولد
145.15	30.24	تعداد سفرهای روزانه
		نقش عادت در شخصیت
		شخصیت انعطاف پذیر
31.79	10.09	شخصیت برونگرا/درونگرا
92.47	57.56	آگاهی از شبکه حمل و نقل

اتوبوس		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-84.29	-153.36	ثابت مدل
-610.8	-261.27	هزینه (کرایه)
		زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو
		مساحت منزل مسکونی

تاکسی		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-92.11	-192.38	ثابت مدل
-523.4	-221.62	هزینه (کرایه)
-235.7	-35.55	زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
-45.68	-31.12	مالکیت خودرو
		مساحت منزل مسکونی
		منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
		وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
101.74	43.65	سطح تحصیلات
		محل تولد
103.81	21.11	تعداد سفرهای روزانه
		نقش عادت در شخصیت
		شخصیت انعطاف پذیر
		شخصیت برونگرا/درونگرا
		آگاهی از شبکه حمل و نقل

تاکسی اینترنتی		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
-256.1	-497.98	ثابت مدل
		هزینه (کرایه)
		زمان
-30.03	-12.01	جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو
		مساحت منزل مسکونی

جدول ۷. شاخص خوبی برازش برای مدل با حضور

متغیرهای نهان	
$LL(\beta)$	-1291.189
$LL(0)$	-3031.657
$\rho^2$	0.57

در جداول بالا  $LL(\beta)$  نشان‌دهنده مقدار لگاریتم تابع درستنمایی با حضور همه پارامترها،  $LL(0)$  نشان‌دهنده مقدار لگاریتم تابع درستنمایی در صورتی که تمامی پارامترها صفر در نظر گرفته شود،  $C_n$  تعداد گزینه‌های قابل انتخاب و  $\rho^2$  شاخص خوبی برازش مدل است که از روابط (۸) و (۹) به دست می‌آیند (Hensher, D.A., J.M. Rose, W.H, 2005 and Koppelman, F.S. Bhat, 2006)

$$LL(0) = -\sum_n \ln(C_n) \quad (۸)$$

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (۹)$$

همچنین آماره والد برای هر کدام از ضرایب و مقادیر  $P$ -Value کمتر از ۰,۰۵ در خروجی مدلسازی گزارش شده است که نشان‌دهنده معنی‌دار شدن تمام ضرایب به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. آماره والد با استفاده از رابطه (۱۰)، محاسبه می‌گردد.

$$Wald = \frac{\beta_i}{\text{Standard Error}_i} \quad (۱۰)$$

#### ۴ - مقایسه مدل‌های ساخته شده

برای مقایسه دو مدل ساخته شده در مرحله قبل، از رابطه (۱۱) استفاده می‌شود. (Hensher, D.A., J.M. Rose, W.H, 2005 and Koppelman, F.S. Bhat, 2006)

(۱۱)

$$-2(LL_{Largest} - LL_{Smallest}) \sim \chi^2_{\text{difference in the number of parameters estimated between the two models}}$$

$$= -2(-1291.189 - (-1283.637)) \sim \chi^2_{(39-33)}$$

$$15.104 > \chi^2_6 = 12.592$$

مقدار بحرانی در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۶ درجه آزادی، برای توزیع کای دو برابر با ۱۲,۵۹۲ می‌باشد و چون مقدار به دست آمده بیش از مقدار بحرانی است، لذا می‌توان فرض صفر که

		منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
		وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
		سطح تحصیلات
		محل تولد
		تعداد سفرهای روزانه
-59.21	-28.96	نقش عادت در شخصیت
		شخصیت انعطاف پذیر
		شخصیت برونگرا/دروننگرا
112.68	68.87	آگاهی از شبکه حمل و نقل

پیاده		متغیرهای تابع مطلوبیت
ضریب	آماره t	
		ثابت مدل
-784.7	-326.03	هزینه (کرایه)
-82.54	-11.92	زمان
		جنسیت
		گواهینامه رانندگی
		مالکیت خودرو
-37.78	-8.05	مساحت منزل مسکونی
		منطقه شهرداری محل سکونت
		مالکیت پارکینگ در منزل
-8.02	-4.17	وضعیت منزل مسکونی (مالک/مستاجر)
		سطح تحصیلات
-18.95	-9.59	محل تولد
		تعداد سفرهای روزانه
-30.15	-14.73	نقش عادت در شخصیت
		شخصیت انعطاف پذیر
		شخصیت برونگرا/دروننگرا
		آگاهی از شبکه حمل و نقل

شاخص‌های خوبی برازش برای دو مدل فوق به ترتیب در جداول (۸) و (۹) ارائه شده‌اند.

جدول ۶. شاخص خوبی برازش برای مدل بدون حضور

متغیرهای نهان	
$LL(\beta)$	-1283.637
$LL(0)$	-3031.657
$\rho^2$	0.57

### متغیر شخصیت برونگرا (EP (Extroverted Personality

شخصیت برونگرا، شناساگرهای این متغیر در پرسشنامه به گونه‌ای بودند که هر چه فرد دارای شخصیت برونگرا، اجتماعی و خونگرم‌تری بود، امتیاز بیشتری کسب می‌کرد. علامت مثبت این متغیر در شیوه سفر مترو که شیوه‌ای عمومی (اجتماعی) است نیز می‌تواند موید این موضوع باشد.

### متغیر آگاهی از شبکه حمل و نقل

#### NI (Network Information)

آگاهی فرد (از شبکه حمل و نقل عمومی)، از آنجایی که شناساگرهای این متغیر در پرسشنامه، گزاره‌هایی بودند که میزان اطلاع فرد از شبکه حمل و نقل عمومی را می‌سنجیدند بنابراین انتظار می‌رود افرادی که دارای آگاهی بیشتری نسبت به شبکه حمل و نقل عمومی می‌باشند، تمایل بیشتری نسبت به استفاده از این شیوه‌ها داشته‌باشند که ضریب مثبت این متغیر در شیوه سفر اتوبوس و مترو موید این موضوع می‌باشد.

### سایر متغیرهای موجود در توابع مطلوبیت

متغیر هزینه، در تابع مطلوبیت همه شیوه‌های سفر با علامت منفی ظاهر شده‌است. این موضوع کاملاً با شهود مطابق است چراکه با افزایش هزینه هر شیوه سفر، مطلوبیت آن نیز کاهش خواهد یافت. متغیر زمان، در شیوه‌های سفر تاکسی و پیاده‌روی با علامت منفی و در شیوه سفر مترو با علامت مثبت معنادار شده‌است. طبیعتاً افزایش زمان به معنای افزایش مسافت سفر است که باعث می‌شود احتمال انتخاب شیوه‌های سفر تاکسی (به دلیل گران شدن هزینه سفر) و پیاده‌روی (به دلیل عدم امکان پیاده روی در مسافت‌های طولانی) کاهش یابد. در نقطه مقابل شیوه سفر مترو به دلیل سرعت بالا و هزینه کمتر در مسافت‌های طولانی مطلوبیت بیشتری خواهد یافت.

متغیر جنسیت، با علامت منفی و تنها در شیوه سفر تاکسی اینترنتی ظاهر شده‌است و به این معناست که زنان کمتر از تاکسی‌های اینترنتی استفاده می‌کنند که شاید کمبود امنیت در این شیوه سفر نسبت به سایر شیوه‌های سفر یکی از دلایل این امر باشد. متغیر گواهینامه، با علامت مثبت در شیوه سفر سواری شخصی ظاهر شده‌است که کاملاً در تطابق با شهود است. چراکه طبعاً افرادی که دارای گواهینامه رانندگی هستند نسبت به افراد فاقد گواهینامه رانندگی با احتمال بیشتری از سواری شخصی استفاده خواهند کرد.

متغیر مالکیت خودرو، با علامت مثبت در تابع مطلوبیت وسیله نقلیه شخصی و علامت منفی در تابع مطلوبیت تاکسی ظاهر شده‌است. به این معنی که مالکیت خودروی شخصی منجر به افزایش مطلوبیت استفاده از این شیوه سفر و کاهش مطلوبیت استفاده از شیوه سفر تاکسی می‌شود.

بیان می‌دارد مدل دوم (مدل با حضور متغیرهای نهان) به لحاظ آماری نتوانسته‌است مقدار لگاریتم تابع درستنمایی را نسبت به مدل اول (مدل بدون حضور متغیرهای نهان) بهبود ببخشد، راه رد کرد و نتیجه گرفت که مدل با حضور متغیرهای نهان، دارای عملکرد بهتری می‌باشد.

## ۵ - تحلیل و تفسیر نتایج

لازم به ذکر است در فرآیند مدلسازی، بالغ بر ده‌ها مدل مختلف در بردارنده چیدمان‌های متفاوت از متغیرهای گوناگون ساخته شده‌است و در نهایت مدلی که از نظر خوبی برازش و معناداری ضرایب متغیرها بهترین وضعیت را داشت گزارش شده‌است. به بیان دیگر، اگر تغییری در هریک از مدل‌های موجود، مشاهده نمی‌شود به علت عدم معناداری ضریب آن یا خوب نبودن برازش مدل در صورت حضور متغیر در مدل است. علامت تمامی ضرایب بدست آمده در مدل‌ها با منطق و نیز علامت همبستگی آن‌ها تطبیق دارد. لازم به ذکر است در این مطالعه، دو مدل تفکیک سفر یکی بدون حضور متغیرهای نهان و دیگری با حضور آن‌ها ساخته شده است تا اثر حضور این متغیرها در مدل بررسی گردد.

### متغیر عادت در رفتار فرد (HP (Habit in Personality

نقش عادت در رفتار فرد، از آنجاییکه شناساگرهای این متغیر در پرسشنامه، گزاره‌هایی بودند که این خصوصیت را با میزان استفاده فرد از وسیله نقلیه شخصی خود می‌سنجیدند، می‌توان نتیجه گرفت که هرچه نقش عادت در رفتار فرد بیشتر باشد، بنابراین تمایل وی به استفاده از حمل و نقل شخصی نیز بیشتر است که علامت این متغیر در مدل نیز موید همین مساله است که در تابع مطلوبیت وسیله نقلیه شخصی با علامت مثبت و در توابع مطلوبیت اتوبوس و پیاده با علامت منفی ظاهر شده‌است.

### متغیر شخصیت انعطاف‌پذیر (AP (Adaptable Personality

شخصیت انعطاف‌پذیر، شناساگرهای این متغیر در پرسشنامه بطور معکوس پرسیده شده‌اند یعنی هرچه امتیاز فرد در این متغیر افزایش پیدا کند، دارای شخصیت غیرانعطاف‌پذیرتری می‌باشد و دارای تمایل کمتری به تجربه و استفاده کردن از شیوه‌ها و روش‌های جدید می‌باشد. به عبارت دیگر در مقابل تغییرات مقاومت می‌کند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که علامت منفی این متغیر در شیوه سفر تاکسی اینترنتی که شیوه نسبتاً جدیدی است، منطقی می‌باشد.

کاهش می‌یابد و دارای ارتباط معکوس است. ضریب این متغیر نیز در مدل، موید همین مساله می‌باشد. یعنی افرادی که دارای وضعیت مالی بهتری هستند، تمایلشان به استفاده از حمل و نقل شخصی بیشتر بوده و در مقابل استفاده از حمل و نقل عمومی برایشان دارای مطلوبیت کمتری است.

متغیر پارکینگ (در محل سکونت)، با علامت مثبت در در شیوه سفر سواری شخصی و علامت منفی در شیوه سفر تاکسی اینترنتی ظاهر شده است که در تطابق با شهود است. چراکه افرادی که دارای پارکینگ هستند به احتمال زیاد دارای سواری شخصی نیز بوده و از این رو احتمال انتخاب این شیوه سفر توسط این افراد بیشتر خواهد بود.

متغیر تعداد سفرهای روزانه، با علامت مثبت در شیوه‌های سفر سواری شخصی، تاکسی، تاکسی اینترنتی و مترو و با علامت منفی در شیوه اتوبوس ظاهر شده است. طبیعتاً افزایش تعداد سفر با افزایش احتمال استفاده از شیوه‌های مختلف سفر همراه خواهد بود، با این وجود شیوه سفر اتوبوس به دلیل مسافت سفر بیشتر در سفرهای زیاد مطلوبیت کمتری نسبت به سایر شیوه‌های سفر خواهد داشت.

متغیر مساحت منزل مسکونی، با علامت مثبت در شیوه سفر سواری شخصی و علامت منفی در شیوه سفر پیاده ظاهر شده است و به این معناست که با افزایش مساحت خانه افراد احتمال استفاده از سواری شخصی افزایش و احتمال پیاده‌روی کاهش می‌یابد. از آنجایی که این متغیر می‌تواند به نوعی نشانگر تمکن مالی افراد باشد، بنابراین انتظار می‌رود این افراد بیشتر از سواری شخصی که راحتی بیشتری دارد استفاده نمایند. از طرف دیگر این افراد با احتمال کمتری مسافت سفرهای خود را پیاده طی خواهند نمود.

متغیر منطقه محل سکونت، بر اساس اطلاعات شاخص درآمدی مناطق مختلف شهر تهران که در سایت مرکز آمار ایران ارائه شده است به هر منطقه در شهر ضریبی بین صفر تا صد تخصیص داده شده است. طبق این آمار، منطقه ۱ دارای بیشترین نمره و منطقه ۱۸ دارای کمترین نمره می‌باشد. سپس مناطق بر اساس نمره کسب شده بصورت نزولی مرتب شده‌اند. یعنی با افزایش شماره منطقه مسکونی، رتبه آن نیز افزایش می‌یابد (بدتر می‌شود). یعنی مناطق با نمره بیشتر، شماره کمتری در پایگاه داده اخذ کرده‌اند. از آنجا که این متغیر نیز به نوعی می‌تواند نشان‌دهنده تمکن مالی باشد، بنابراین با افزایش (بدتر شدن) رتبه منطقه مسکونی، تمکن مالی افراد،

## ۶ - نتیجه گیری

این پژوهش به دنبال بررسی این موضوع بود که آیا متغیرهای پنهان که از آن‌ها به عنوان ویژگی‌های شخصیتی افراد یاد شد، می‌توانند به ما در فهم بهتر عواملی که باعث انتخاب شیوه سفر می‌شوند کمک کنند یا خیر و در ادامه، لزوم شکل‌دهی ساختاری به منظور ارائه واقع‌گرایانه‌تری از مدل‌های انتخاب گسسته مشخص شد. دلیل شکل‌دهی این ساختار نیز، وجود شکاف بین تئوری رفتاری و مدل‌های انتخاب گسسته بود. طبق مقایسه بر اساس رابطه (۱۱)، از میان دو مدلی که در این پژوهش با هدف بررسی تاثیر حضور متغیرهای پنهان در مدل انتخاب ساخته شدند، مدل با حضور متغیرهای پنهان دارای برآورد بهتری بوده و نشان می‌دهد که این مدل نسبت به مدل بدون حضور متغیرهای پنهان می‌تواند ارائه واقع‌گرایانه‌تر، با قدرت توصیفی بیشتر نسبت به رفتار انتخاب شیوه سفر افراد، در جامعه مورد مطالعه داشته باشد. همچنین از دیگر یافته‌های این تحقیق می‌توان به این موضوع اشاره داشت که هرکدام از متغیرهای پنهانی که در شیوه‌سفرهای بخصوصی معنی‌دار شدند، به لحاظ منطقی نیز توجیه‌پذیر بوده و به ما در فهم رفتار انتخاب افراد، نه تنها با در نظر گرفتن یک سری متغیرهای آشکار بلکه با شناخت نسبت به روند شکل‌گیری یک تصمیم منجر به انتخاب، کمک می‌کند و این موضوع، لزوم وارد کردن چنین متغیرهایی را در مدل‌های انتخاب، آشکار می‌سازد.

ضروری است که برنامه‌ریزان حمل و نقل به منظور طراحی سیستم حمل و نقلی که از لحاظ اجتماعی مطلوبیت داشته و اولویت‌های انتخاب مردم یک جامعه در آن در نظر گرفته شده باشد، میزان درک، شناخت و سطح اطلاعات خود را در مورد سلسله مراتب اولویت‌هایی که استفاده‌کنندگان را به سمت انتخاب شیوه‌های مختلف سفر می‌برد، افزایش دهند. شناخت در مورد انتخاب شیوه سفر مهم است چون بر مواردی از قبیل اینکه، چقدر می‌توان موثرتر و کارا تر سفر نمود و یا اینکه چه مقدار از فضای یک شهر به عملکردهای حمل و نقلی بر اساس حیطه گزینه‌های موجود برای استفاده‌کنندگان، اختصاص داده شده است، تاثیرگذار است.

همچنین عناوین و موضوعات زیر، برای تحقیقات آتی در زمینه مورد بحث این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد.

۱- مدل تاثیر پارامترهای رفتاری بر روی تعداد سفرهای افراد. آیا میان ویژگی‌های شخصیتی افرادی که دارای شرایط مشابه در سایر جنبه‌ها می‌باشند و تعداد سفرهای روزانه آن‌ها ارتباط معنی‌داری وجود دارد یا خیر؟

۲- بررسی تاثیر پارامترهای رفتاری بر انتخاب مسیر سفر افراد. آیا ارتباط معنی‌داری بین ویژگی‌های شخصیتی افرادی که از شیوه سفر خاصی که امکان انتخاب مسیر برایشان وجود دارند استفاده می‌کنند و مسیر انتخابی آن‌ها وجود دارد یا خیر؟

-Khisty, C.J. and B.K. Lall, (2003), *Transportation Engineering, An Introduction 3<sup>rd</sup> edition*, 3rd Edition, Prentice Hall.

-Lovell, C.H., (1975), "A market Segmentation Approach to Transit Planning, Modeling and Management, In Proceedings, Transportation Research Forum.

-McFadden, D., *Analysis of Qualitative Choice Behavior*, Zarembka, P.(ed.), Frontiers in Econometrics. Academic Press. New York, NY.

-MacCallum, R.C., et al., (1999), "Sample Size in Factor Analysis. *Psychological Methods*, 4(1), pp. 84.

-Madanat, S.M., C. Yang, and Y.-M. Yen, *Analysis of Stated Route Diversion Intentions under Advanced Traveler Information Systems Using Latent Variable Modeling*. Transportation Research Record, 1995(1485).

-Prashker, J.N., (1979), "Scaling Perceptions Of Reliability Of Urban Travel Modes Using Indusial and Factor Analysis Methods, *Transportation Research Part A: General*, 13(3), pp. 203-212.

-Prashker, J.N., (1979), "Mode Choice Models With Perceived Reliability Measures. *Transportation Engineering Journal of ASCE*, 105(3), pp. 251-262.

-Recker, W.W. and T.F. Golob, (1976), "An Attitudinal Modal Choice Model", *Transportation Research*, 10(5), pp.299-310

-Temme, D., M. Paulssen, and T. (2008), "Dannewald, Incorporating Latent Variables Into Discrete Choice Models—A Simultaneous Estimation Approach Using SEM Software. *Business Research*, 2008. 1(2), pp. 220-237.

-Train, K.E., (2003), *Discrete Choice Analysis with Simulation*. Cambridge, Cambridge, UK.

-Train, K.E., (2009), "Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge University Press.

-Wright, P.H. and N.J. Ashford, (1989), "Transportation Engineering", *Planning and Design*.

-Walker, J.L., (2001), "Extended Discrete Choice Models: Integrated Framework, Flexible Error Structures, and Latent Variables, Massachusetts Institute of Technology.

-Walker, J. and M. Ben-Akiva, (2002), "Generalized Random Utility Model. *Mathematical Social Sciences*, 43(3), pp.303-343.

۳- بررسی تاثیر شیوه سفر افراد بر روی حالات آنها، به عنوان مثال آیا جابجایی با استفاده از حمل و نقل عمومی در مقایسه با وسیله نقلیه شخصی یا پیاده یا دوچرخه، تاثیری بر به وجود آمدن، افزایش و یا کاهش احساساتی از قبیل خستگی، استرس، ناراحتی و شادابی در افراد دارد یا خیر؟

#### ۷-مراجع

-Ben-Akiva, M.E., S.R. Lerman, and S.R. Lerman, (1985), "Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand. Vol. 9, MIT Press.

-Ben-Akiva, M., et al., (2002), "Integration of Choice and Latent Variable Models. *Perpetual Motion, Travel Behavior Research Opportunities and Application Challenges*, pp. 431-470

-Carrus, G., P. Passafaro, and M. Bonnes, (2008), "Emotions, Habits and Rational Choices in Ecological Behavior's: The Case of Recycling and Use of Public Transportation, *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), pp. 51-62.

-De Dios Ortuzar, J. and L.G. Willumsen, (2011), "Modelling Transport, John Wiley & Sons.

-Dobson, R. and M.L. Tischer, (1976), "Beliefs about Buses, Carpools, and Single Occupant Autos: A Market Segmentation Approach", in Proceedings of the Transportation Research Forum.

-Dobson, R., et al., (1978), "Structural Models for the Analysis of Traveler Attitude-Behavior Relationships. *Transportation*", 7(4), pp. 351-363.

Hensher, D.A., J.M. Rose, and W.H. (2005), "Greene, *Applied Choice Analysis: A Primer*", Cambridge University Press.

-Hartgen, D.T. and G.H., (1970), "Tanner, Behavioral Model of Mode Choice, New York State Department of Transportation", Planning and Research Bureau.

-Hoe, S.L., (2008), "Issues and Procedures in Adopting Structural Equation Modeling Technique", *Journal of Applied Quantitative Methods*, 3(1), pp. 76-83.

-Hair, J., et al., *Multivariate data analysis 7th Edith ed.* 2010, Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.

-Johansson, M.V., T. Heldt, and P. (2006), "Johansson, the Effects of Attitudes and Personality Traits on Mode Choice", *Transportation Research Part a: Policy and Practice*, 40(6), PP. 507-525.

-Koppelman, F.S. and C. Bhat, (2006), "A Self-Instructing Course in Mode Choice Modeling, Multinomial and Nested Logit Models.

# Modeling the Effect of Behavioral Parameters on Mode Choice

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

*Amir Tabrizian, M.Sc., Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*Navid Kalantari, Ph.D., School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*E-mail: zargari@iust.ac.ir*

Received: August 2021-Accepted: November 2021

## **ABSTRACT**

This research was done with the aim of investigating the necessity of involving the decision making process and latent variables in discrete choice models to provide a more realistic representation of these models. Entering latent variables in discrete choice models is initiated from the fact that the concept of Behavioral theory is concerned with the manner in which a decision is made, while discrete choice models which are based on random utility hypothesis and economic consumer theory, are concerned with the observatory input and output variables. Discrete choice models are often proposed as an optimizing black box since this model attaches the observable inputs directly to the observable output (choice) and does not explain anything about the process of choice formation, while behavioral theory tries to consider the process of forming and existing a decision to have a more realistic representation of the choice process. In creating more realistic behavioral models, it can be said simply that, this method, considers hidden structures such as attitudes, perceptions and all concepts that influence the choice. In this method, psychometric measures are used which are features of fundamental latent variables. The aim of the representation of this structure is developing a comprehensive framework and methodology, to incorporate latent factors, as descriptive variables in discrete choice models. The method used in this research is a staged paradigm which is modeled in the first part of the latent variables using structural equation modeling and the output of this part is used in the choice model construction. The research findings also showed that entering latent variables in vehicle choice model has a statistical significant effect and causes the model with latent variables to have a better estimate compared with the models without these variables.

**Keywords:** Discrete Choice Model, Latent Variables, Structural Equation Modeling, Behavioral Parameters, Mode Choice Model