

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در

ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

مرضیه گوگردچیان، دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

حسین حق‌شناس (مسئول مکاتبات)، استادیار دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

E-mail: ho_hagh@iut.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰

دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳

چکیده

در دهه‌های اخیر افزایش رشد شهرنشینی همراه با رشد سریع مالکیت خودروهای شخصی، سیاستگذاری در حوزه حمل و نقل را به یکی از معضلات بزرگ کلان شهرها تبدیل کرده است. لذا تشخیص عوامل تاثیرگذار بر تصمیم‌های انتخاب وسیله نقلیه توسط افراد سفرکننده به ویژه در ساعت اوج تردد نقش ویژه‌ای در برنامه‌ریزی حمل و نقل و مدیریت تقاضای سفر دارد. هدف این مقاله تعیین عوامل تاثیرگذار بر انتخاب وسیله نقلیه سفرهای کاری-تحصیلی در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان با استفاده از مدل لوجیت آشیانه‌ای است. نتایج ناشی از تخمین مدل انتخاب وسیله نقلیه توسط این مدل نشان می‌دهد تقاضا برای اتوبوس تنها به کرایه و زمان بستگی دارد و دیگر عوامل تأثیری بر انتخاب اتوبوس برای سفر در ساعت اوج تردد صبح ندارد. ولی کشش پایین قیمت نشان دهنده اجبار افراد در استفاده از اتوبوس به عنوان وسیله نقلیه است. این در حالی است که تقاضا برای تاکسی علاوه بر زمان و هزینه سفر به عواملی چون درآمد، راحتی وسیله نقلیه و سرپرست خانوار بودن فرد بستگی دارد ولی کشش قیمتی بالای این وسیله بیانگر این مطلب است که سیاست‌گذار می‌تواند از طریق کاهش کرایه افراد و اعمال سوبسید بر استفاده از تاکسی افراد را به استفاده از تاکسی ترغیب کند. مهمترین عامل تاثیرگذار بر انتخاب خودرو شخصی راحتی وسیله نقلیه و سرپرست خانوار بودن است از طرف دیگر تقاضا برای خودرو شخصی نسبت به قیمت بی‌کشش بوده و سیاست‌گذار امکان تغییر تقاضای افراد را با استفاده از افزایش قیمت ندارند. لذا سیاست‌های قیمت گذاری تنها می‌تواند سبب ایجاد درآمد برای سیاست‌گذار شود.

واژگان کلیدی: انتخاب وسیله، انتخاب گسسته، لوجیت آشیانه‌ای طبقه بندی D62, D12, D1: JEL

۱. مقدمه

دارای تعدادی محدودیت است که مهمترین آن استقلال گزینه‌های نامرتبط است. این محدودیت غالباً سبب تورش‌دار شدن مدل‌های تجربی می‌شود. یکی از روش‌های موجود برای برطرف کردن این محدودیت در مدل‌های تجربی استفاده از روش لوجیت آشیانه‌ای^۲ است.

در این مقاله برای تخمین مدل انتخاب وسیله از مدل لوجیت آشیانه‌ای استفاده می‌شود. برای نیل به این هدف ابتدا اشاره مختصری به مدل‌های انتخاب گسسته داشته و در ادامه مدل لوجیت تعمیم یافته و لوجیت آشیانه‌ای که یکی از مدل‌های لوجیت تعمیم یافته است، معرفی می‌شود. سپس مروری بر پیشینه تحقیق داشته و در نهایت نیز مدل لوجیت آشیانه‌ای برای تخمین تقاضای سفرهای کاری-تحصیلی با وسایل نقلیه مختلف در شهر اصفهان در ساعت اوج تردد صبح مورد استفاده قرار گرفت.

۲. مدل‌سازی

در تحلیل‌های اقتصادی، رفتار مصرف‌کننده بر اساس حداکثرسازی مطلوبیت با در نظر گرفتن قید بودجه مدل‌سازی می‌شود، لذا تابع تقاضا از طریق حل این مسئله بهینه‌یابی ایجاد می‌شود. این تابع تقاضا بیانگر مقادیر کالاها و خدمات مصرف شده با توجه سطح قیمت و درآمد مصرف‌کننده است.

مدل‌های تقاضا شامل دو دسته از مدل‌های پیوسته و گسسته است. مدل‌های تقاضای پیوسته بر اساس تئوری نئوکلاسیک رفتار مصرف‌کننده ایجاد شده و مطلوبیت تابعی از مقدار کالاهای مصرف شده است، در حالیکه مدل‌های تقاضای گسسته از مدل مطلوبیت تصادفی استخراج و مطلوبیت تابعی از خصوصیات کالاها است. تئوری انتخاب گسسته و مطلوبیت تصادفی برخواسته از تئوری لنکستر^۳ ۱۹۶۰ است. در این تئوری لنکستر بیان می‌کند که خصوصیات یک کالا است که تعیین‌کننده مطلوبیت آن است. از آنجا که در مدل‌های انتخاب گسسته افراد به انتخاب بین مجموعه‌ای معین از گزینه‌ها می‌پردازند، لذا

در دهه‌های گذشته مدل‌های غیر جمعی^۱ تقاضای سفر (انتخاب وسیله) به طور وسیعی در حوزه حمل و نقل مورد استفاده بوده است. این نوع از مدل‌ها بر خلاف مدل‌های فرم جمعی بر اساس تحلیل رفتار فردی ایجاد شده و شامل طیف وسیعی از تمایلات غیر قابل مشاهده است که مطلوبیت فرد و در نتیجه تصمیم‌های انتخاب وسیله فرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد [McFadden, 1976].

مدل‌سازی انتخاب وسیله غیر جمعی بر اساس مدل‌های انتخاب، مطلوبیت محور یا انتخاب محور انجام می‌شود. در حقیقت این نوع از مدل‌ها بر اساس مطلوبیت نسبی گزینه‌های رقیب در یک مجموعه انحصاری از گزینه‌ها که وضعیت انتخاب گسسته نامیده می‌شود، ایجاد می‌شود [Henser and Green, 2002]. به عبارت دیگر پایه و اساس مدل انتخاب وسیله بر مدل‌های انتخاب گسسته قرار دارد.

مدل‌های انتخاب گسسته سعی در کیفی‌کردن تجربی تاثیر مشخصات مربوط به شخص انتخاب‌کننده و خصوصیات مربوط به گزینه‌های مورد انتخاب، بر انتخاب افراد دارد.

در این مدل مطلوبیت تصادفی پایه و اساس مدل‌سازی آن بوده و فرض بر این است که یک فرد گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که دارای بالاترین مطلوبیت است و مطلوبیت تابعی از خصوصیات مربوط به فرد و خصوصیات مربوط به گزینه مورد انتخاب است. اما از آنجا که تعداد زیادی از خصوصیات که بر مطلوبیت مصرف‌کننده تاثیرگذار است قابل مشاهده نیست و به عنوان یک جزء تصادفی عمل می‌کند، لذا مطلوبیت به طور مستقیم، قابل مشاهده و اندازه‌گیری نبوده و تصادفی است. بنابراین هدف از تحلیل انتخاب گسسته، تخمین پارامترهای تابع مطلوبیت گزینه‌های مورد انتخاب و احتمال انتخاب هر گزینه است.

مدل‌سازی انتخاب گسسته در چهارچوب مطلوبیت تصادفی غالباً توسط مدل لوجیت چندگانه انجام می‌شود. مدل لوجیت چندگانه که ساده‌ترین روش تخمین مدل‌های انتخاب گسسته است،

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

ناشناخته یا غیر قابل اندازه‌گیری است [and Lou,2013]. این موضوع سبب می‌شود تا مدل‌های انتخاب گسسته فقط قادر به مدل‌سازی احتمال انتخاب گزینه‌ها و نه انتخاب به خودی خود باشند. لذا مطلوبیت فرد به وسیله فرم زیر قابل بیان است:

$$U_{in} = v_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

در این شرایط احتمال انتخاب گزینه i ام توسط فرد n ام به صورت زیر است:

$$P_{in} = \Pr \left[\begin{array}{l} (V_{in} + \varepsilon_{in}) > (V_{jn} + \varepsilon_{jn}), \forall i \\ i \neq j, i, j \in C_n \end{array} \right] \quad (2)$$

$$= \Pr \left[\begin{array}{l} (\varepsilon_{jn}) < (V_{in} - V_{jn} + \varepsilon_{in}) \\ \forall i \neq j, i, j \in C_n \end{array} \right]$$

اگر ε_{in} داده شده در نظر گرفته شود ε_{jn} دارای توزیع تجمعی برای هر ε_{in} در مقدار $(\varepsilon_{in} + V_{in} - V_{jn})$ است. در مدل لوجیت فرض بر این است که ε_{jn} داری توزیع مستقل مشابه گامبل^۵ و توزیع احتمال و توزیع احتمال تجمعی آن به صورت:

$$f(\varepsilon_{nj}) = e^{-e^{-\varepsilon_{jn}}} e^{-\varepsilon_{jn}} \quad (3)$$

$$F(\varepsilon_{nj}) = e^{-e^{\varepsilon_{jn}}} \quad (4)$$

بنابراین مقدار توزیع تجمعی ε_{nj} به صورت زیر است:

$$\exp(-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}))) \quad (5)$$

لذا از آنجا که ε_{ni} دارای توزیع مستقل است، پس:

$$(P_{ni} | \varepsilon_{ni}) = \prod_{i \neq j} e^{-e^{-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})}} \quad (6)$$

از آنجا که ε_{ni} دارای مقادیر معین نیست، پس احتمال انتخاب گزینه i ام برابر با انتگرال $P_{ni} | \varepsilon_{ni}$ در تابع چگالی روی همه مقادیر ε_{in} است. به عبارت دیگر:

$$P_{ni} = \int \prod_{i \neq j} e^{-e^{-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})}} e^{-\varepsilon_{ni}} \cdot d\varepsilon_{ni} \quad (7)$$

تکنیک‌های متفاوتی برای مدل‌سازی آن نیاز است [Adhikari,2011].

۲-۱ انتخاب گسسته و مطلوبیت تصادفی

در مدل‌های اقتصادسنجی، تحلیل‌های انتخاب گسسته سعی در کمی‌کردن تجربی تاثیر خصوصیات افراد و خصوصیات گزینه‌های مورد انتخاب توسط یک فرد بر روی انتخاب فرد را داشته و تابع مطلوبیت تصادفی^۶ پایه و اساس مدل‌سازی انتخاب گسسته است.

در چهارچوب مطلوبیت تصادفی فرض بر این است که انتخاب افراد از وسایل نقلیه انعکاس دهنده مطلوبیت غیرمستقیم مربوط به هر یک از وسایل نقلیه در دسترس بوده و افراد گزینه‌ای را انتخاب می‌کنند که بیشترین سطح مطلوبیت را ایجاد کند.

برای مدل‌سازی مدل‌های انتخاب گسسته فرض می‌شود که فرد تصمیم‌گیرنده دارای میزانی از مطلوبیت نسبت گزینه‌های مختلف در مجموعه انتخاب خود است، لذا فرد عقلایی گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که مطلوبیت فرد را حداکثر نماید. در حقیقت هنگامی که یک فرد با یک موقعیت انتخاب روبرو جذابیت یا مطلوبیت مربوط به هرگزینه بیان می‌شود. این تابع مطلوبیت شامل خصوصیات مربوط به هرگزینه و خصوصیات مربوط به فرد تصمیم‌گیرنده است.

به دلیل پیچیدگی فرآیند تصمیم‌گیری، یک مدل خارجی قادر به در نظر گرفتن دقیق همه عوامل تاثیرگذار یا اندازه‌گیری همه عوامل تاثیرگذار بر مطلوبیت نیست. برای مثال عواملی مانند جنسیت، سن، تحصیلات، درآمد، زمان، مسافت، هزینه و ... بر انتخاب وسیله افراد تاثیرگذار است، لذا چنانچه عواملی غیر از این عوامل بر انتخاب افراد تاثیرگذار باشد که امکان محاسبه آن وجود نداشته باشد، نیاز به افزودن یک عامل تصادفی برای در نظر گرفتن تاثیر عوامل غیر قابل مشاهده است. بنابراین یک تابع مطلوبیت شامل دو دسته از عوامل است. یک دسته از عوامل که به طور مستقیم قابل مشاهده و قابل اندازه‌گیری است و دسته دوم که شامل جزء خطای تصادفی بوده و در برگیرنده عوامل

در این راستا در قسمت بعد ابتدا مدل مقادیر حدی تعمیم یافته استاندارد معرفی می‌شود تا امکان معرفی مدل لوجیت آشیانه‌ای ایجاد شود.

۲-۳ لوجیت تعمیم یافته

همانطور که بیان شد مدل لوجیت استاندارد دارای خاصیت استقلال گزینه‌های نامرتب است. فرض استقلال و تشابه موجود در مدل‌های لوجیت چندگانه شرط بسیار ایده‌آلی است. زیرا در شرایط واقعی عوامل غیر قابل مشاهده یا ناشناخته سبب می‌شود تا شرط استقلال گزینه‌های موجود برقرار نباشد، خصوصیت استقلال گزینه‌های نامرتب در دو حالت امکان‌پذیر است:

- ۱- محدودیت ایجاد شده توسط مدل
- ۲- تصریح کامل مدل به گونه‌ای که در آن هر نوع وابستگی بین گزینه‌ها در یک تابع مطلوب نماینده در نظر گرفته شود به طوری که فقط بخش نوفه سفید جزو خطا باقی بماند. به عبارت دیگر هیچ عامل مشترکی که مطلوبیت گزینه‌های مختلف را تحت تاثیر قرار دهد، وجود نداشته باشد. این فرض برای مثال در مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه زمانی نقض می‌شود که یک فرد مطلوبیت بیشتری به وسایل نقلیه عمومی به دلیل اجتماعی بودن آن اختصاص دهد، در حالی که فرد دیگر مطلوبیت کمتری به حمل و نقل عمومی به دلیل عدم وجود محیط خصوصی نسبت می‌دهد. در این شرایط عامل بنیادی غیر قابل مشاهده‌ای چون (در اجتماع بودن یا فقدان محیط خصوصی) بر مطلوبیت ناشی از همه وسایل نقلیه عمومی تاثیرگذار است. از آنجا که عملاً امکان در نظر گرفتن همه منابع ایجاد کننده وابستگی وجود ندارد، بنابراین بخش غیر قابل مشاهده تابع مطلوبیت دارای وابستگی بوده و خصوصیت استقلال گزینه‌های نامرتب هم نمی‌تواند برقرار باشد. در این شرایط یک مدل عمومی‌تر نسبت به مدل لوجیت نیاز است [Train, 2009].

مدل‌های مقادیر حدی تعمیم یافته، توسط مک فادن در سال ۱۹۷۸ معرفی شد. این نوع از مدل‌ها ایجاد کننده یک مجموعه

با کمی تغییرات جبری مقدار این انتگرال برابر با رابطه زیر است [Train, 2009]:

$$P_{ni} = \frac{e^{v_{ni}}}{\sum_j e^{v_{nj}}} \quad (8)$$

۲-۲ مدل با مقادیر حدی تعمیم یافته^۱

برای تخمین احتمال انتخاب در مدل‌های انتخاب گسسته روش‌هایی مانند روش لوجیت چندگانه، روش لوجیت تعمیم یافته و روش لوجیت مرکب وجود دارد. مدل لوجیت چندگانه، که اولیه‌ترین روش تخمین در این نوع از مدل‌ها است، دارای تعدادی محدودیت مشخص است. این مدل که غالباً به دلیل سادگی تخمین مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر اساس یک فرض غیر واقعی الگوی جانشینی نسبی یا استقلال گزینه‌ای نامرتب مورد انتخاب، ایجاد شده است. به عبارت دیگر این مدل بر اساس این فرض ایجاد می‌شود که وجود یا عدم وجود یک گزینه، نسبت احتمال سایر گزینه‌ها در مجموعه، انتخاب را تغییر نمی‌دهد. برای مثال فرض استقلال گزینه‌های نامرتب در مدل‌های انتخاب وسیله، بیانگر این مطلب است که برای یک فرد سفرکننده با وسایل نقلیه مختلف، نسبت احتمال انتخاب دو وسیله به طور کامل تحت تاثیر هیچ کدام از گزینه‌های دیگر قرار ندارد [Louviere, Hensher and Swait, 2006].

این خصوصیت که به وضوح در مدل‌های لوجیت چندگانه استاندارد قابل مشاهده است نتیجه فرض استقلال دو جانبه اجزای خطا است و در اغلب موارد یک فرض غیر واقعی است، زیرا با معرفی گزینه‌های جدید یا تغییر این گزینه‌ها، احتمال انتخاب سایر گزینه‌ها تغییر می‌کند. در این شرایط زمانی که نسبت احتمال برای دو گزینه با تغییر و معرفی گزینه‌های دیگر تغییر کند یک پیش‌بینی نادرست از طریق مدل لوجیت ایجاد می‌شود [Koppelman & Wen, 1998].

از روش‌های غلبه بر این فرض محدود کننده استفاده از مدل با مقادیر حدی تعمیم یافته است که یکی از نمونه‌های پرکاربرد آن لوجیت آشیانه‌ای است [Carrasco & Ortuazar, 2002].

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

امکان بهره برداری کامل از قابلیت این نوع از مدل‌ها هنوز به طور کامل ایجاد نشده و پتانسیل مدل‌های قوی‌تر از مدل‌هایی که در این گروه مورد استفاده قرار می‌گیرد، وجود دارد. یکی از مدل‌های پرکاربرد این گروه مدل لوجیت آشیانه‌ای است.

۲-۳-۱ مدل لوجیت آشیانه‌ای

مدل لوجیت آشیانه‌ای یک مدل گسترش یافته نسبت به مدل لوجیت ساده است. خصوصیت این مدل در توانایی اصلاح درجات متفاوت از وابستگی (تشابه) در زیر مجموعه‌ای از گزینه‌ها در مجموعه انتخاب است. این مدل زمانی کاربرد دارد که مجموعه گزینه‌هایی که فرد تصمیم‌گیرنده با آن روبرو است، قابلیت تقسیم به تعداد زیرمجموعه را داشته باشد به گونه‌ای که:

۱- برای هر دو گزینه که در یک مجموعه قرار دارند نسبت احتمال انتخاب، مستقل از صفات موجود در سایر گزینه‌ها -ی موجود باشد. به عبارت دیگر شرط استقلال گزینه‌های نامرتب در این آشیانه برقرار باشد.

۲- برای هر دو مجموعه متفاوت، نسبت احتمال‌ها بستگی به خصوصیات دیگر گزینه‌ها در این دو آشیانه داشته باشد، به عبارت دیگر شرایط استقلال گزینه‌های نامرتب در دو آشیانه متفاوت برقرار نباشد. در این مدل چنانچه گزینه‌های موجود به k زیر مجموعه $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ که دارای همپوشانی نبوده و به آن آشیانه گفته می‌شود، تقسیم شود، مطلوبیتی که شخص n از انتخاب گزینه j در آشیانه β_k بدست می‌آورد، برابر با عبارت زیر است:

$$u_{nj} = v_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (10)$$

در این رابطه ε_{nj} یک متغیر تصادفی غیرقابل مشاهده است و فرض می‌شود که $[\varepsilon_{n1}, \varepsilon_{n2}, \dots, \varepsilon_{nj}]$ دارای توزیع مشترک به صورت زیر است:

$$\exp\left(-\sum_{k=1}^K \left(\sum_{j \in \beta_k} e^{\frac{-\varepsilon_{nj}}{\lambda_k}}\right)^{\lambda_k}\right) \quad (11)$$

لذا چنانچه فرض شود که ε_{nj} داخل هر آشیانه دارای وابستگی است، برای هر دو گزینه j, m در مجموعه β_k ، ε_{nj} و ε_{nm}

وسیع از مدل‌هایی است که نشان دهنده الگوهای متنوعی از جانمایی بوده و نقطه مشترک همه این مدل‌ها در این مطلب است که بخش غیرقابل مشاهده تابع مطلوبیت برای همه گزینه‌های مورد انتخاب دارای یک توزیع مشترک به عنوان یک مدل با مقادیر حدی تعمیم یافته است. این توزیع امکان ایجاد وابستگی بین گزینه‌ها را ایجاد کرده و همانطور که از نام آن مشخص است یک مدل تعمیم یافته از توزیع تک متغیره با مقادیر حدی بدون تغییر در مدل لوجیت استاندارد است، و لذا زمانیکه وابستگی بین اجزای خطا صفر باشد این مدل به یک مدل لوجیت معمولی تبدیل می‌شود.

در این گروه از مدل‌ها فرض می‌شود که یک تابع $G(y_1, y_2, \dots, y_n)$ برای مقادیر $y_1, y_2, \dots, y_n \geq 0$ وجود دارد که دارای خصوصیات زیر است:

۱- غیر منفی بودن

۲- همگن از درجه صفر

$$G(y_1, y_2, \dots, y_n) = \infty \quad (3)$$

$$y_i \rightarrow \infty \quad i = 1 \dots n$$

$$\frac{\partial G}{\partial y_i} = G_i \geq 0 \quad (4)$$

$$G_{ij} \leq 0 \quad i \neq j$$

$$G_{ijk} \geq 0 \quad i \neq j = k$$

لذا اگر تابع G شرایط بالا را برقرار کند در این صورت:

$$p_{ni} = \frac{e^{v_{in}} \cdot G_i(e^{v_{1n}}, e^{v_{2n}}, \dots, e^{v_{inn}})}{\mu \cdot G(e^{v_{1n}}, e^{v_{2n}}, \dots, e^{v_{inn}})} \quad (9)$$

در این حالت در نظر گرفتن فرم‌های تابعی متفاوت برای G منجر به به شکل‌گیری مدل‌های متفاوتی می‌شود. برای مثال چنانچه $G = \sum_{j=1}^n y_j$ باشد در این صورت p_{ni} برابر با احتمال بدست آمده از طریق مدل لوجیت استاندارد است. از طرف دیگر این نوع از مدل دارای فواید ناشی از این است که احتمال انتخاب دارای یک فرم بسته است به طوری که بدون وابستگی به شبیه سازی قابل تخمین است [Train, 2009].

در بین مدل‌های امکان‌پذیر در دسته مدل‌ها با مقادیر حدی تعمیم یافته، تنها تعداد کمی از آن‌ها قابل اجرا است. به عبارت دیگر

که توصیف کننده آشیانه k هستند. بنابراین در داخل هر آشیانه ثابت ولی در داخل آشیانه‌های مختلف متفاوت هستند.

Y_{in} : بخشی از تابع مطلوبیت است و بستگی به متغیرهایی دارد که گزینه i را توصیف می‌کند. لذا برای گزینه‌های مختلف در داخل آشیانه k متفاوت است.

ε_{in} : بخش غیر قابل مشاهده تابع مطلوبیت است. با توجه به رابطه بالا می‌توان احتمال انتخاب یک گزینه را با استفاده از دو احتمال لوجیت نوشت. به عبارت دیگر احتمال انتخاب یک گزینه برابر با حاصلضرب احتمال انتخاب یک آشیانه در احتمال اینکه یک گزینه در داخل آشیانه انتخاب شود، است [Danaher & Dagger, 2012].

لذا:

$$p_{in} = P_{in|B_k} \cdot P_{nB_k} \quad (15)$$

که در آن:

$$P_{in|B_k} = \frac{e^{\frac{y_{ni}}{\lambda_k}}}{\sum_{j \in B_k} e^{\frac{y_{nj}}{\lambda_k}}} \quad (16)$$

$$P_{nB_k} = \frac{e^{W_{nk} + \lambda_k \cdot IV_{nk}}}{\sum_{l=1}^k e^{W_{nl} + \lambda_l \cdot IV_{nl}}} \quad (17)$$

$$IV_{nk} = \ln \sum_{i \in B_k} e^{\frac{v_{in}}{\lambda_k}} \quad (18)$$

در این رابطه IV_{nk} بخش بالایی (احتمال نهایی انتخاب یک گزینه) را به بخش پایینی (احتمال شرطی) از طریق انتقال اطلاعات از بخش پایین به بخش بالا متصل می‌کند [Wittink, 2011]. همچنین $\lambda_k \cdot IV_{nk}$ مطلوبیت انتظاری است که فرد از انتخاب‌ها در مجموعه B_k بدست می‌آورد.

۳. پیشینه تحقیق

۳-۱ مطالعات داخلی

دارای وابستگی است، ولی چنانچه $m \in \beta_1$ و $j \in \beta_k$ و $\beta_1 \neq \beta_k$ باشد، آنگاه:

$$\text{cov}(\varepsilon_{nm}, \varepsilon_{nj}) = 0 \quad (12)$$

پارامتر λ_k در این رابطه نشان‌دهنده درجه استقلال بخش غیر قابل مشاهده مطلوبیت بین گزینه‌ها در آشیانه k است. لذا هرچه λ_k بزرگتر باشد استقلال بیشتر و وابستگی کمتر است. چنانچه آماره $\lambda_k - 1$ به عنوان معیاری برای میزان همبستگی باشد، و برای همه مقادیر k ، $\lambda_k = 1$ (عدم وابستگی بین همه گزینه‌ها در آشیانه) باشد، مدل GEV به یک مدل لوجیت چندگانه استاندارد تبدیل می‌شود. ولی در صورتیکه $\lambda_k \neq 1$ این نوع از توزیع برای بخش غیر قابل مشاهده منجر به احتمال انتخاب برای گزینه i در مجموعه β_k به صورت زیر خواهد شد [Wittink, 2011]:

$$P_{ni} = \frac{e^{\frac{y_{ni}}{\lambda_k}} \left(\sum_{j \in \beta_k} e^{\frac{y_{nj}}{\lambda_k}} \right)^{\lambda_k - 1}}{\sum_{k=1}^l \left(\sum_{j \in \beta_1} e^{\frac{y_{nj}}{\lambda_1}} \right)^{\lambda_1}} \quad (13)$$

با استفاده از این احتمال می‌توان نشان داد که خصوصیت استقلال گزینه‌های نامرتب در داخل هر کدام از زیرمجموعه‌ها (ولی نه در بین زیرمجموعه‌ها) برقرار است.

۲-۳-۲ تجزیه به دو مدل لوجیت

از آنجا که بدست آوردن احتمال انتخاب توسط رابطه (۱۲) دشوار است، بدون کم شدن از کلیت مساله احتمال انتخاب، یک گزینه را می‌توان از طریق متفاوتی استخراج کرد. در این روش فرض می‌شود که بخش قابل مشاهده مطلوبیت شامل دو بخش مجزا از یکدیگر است. به عبارت دیگر:

$$U_{in} = W_{nk} + Y_{in} + \varepsilon_{in} \quad (14)$$

در این رابطه:

W_{nk} : بخشی از تابع مطلوبیت است که برای همه گزینه‌ها در داخل یک آشیانه ثابت است، زیرا فقط بستگی به متغیرهایی دارد

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

شده در این مطالعه برای سفرهای کاری اوج تردد ۷-۱۱ و زمان عزیمت در ساعات غیر از اوج تردد ۵-۷ و ۱۷-۱۱ است. این زمان برای سفرهای تفریحی اوج تردد ۱۸-۱۳ و زمان غیر از اوج تردد ۱۳-۵ است. وسایل نقلیه در نظر گرفته شده برای سفرهای درون استانی شامل اتوبوس، تاکسی، خودرو شخصی و مترو و برای سفر به شهرهای همجوار اتوبوس و خودرو شخصی است.

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که زنان تمایل بیشتری به استفاده از خودرو در سفرهای بین استانی در مقایسه با دیگر سفرها دارند. از طرف دیگر اولویت زنان برای استفاده از اتوبوس ابتدا در سفرهای بین استانی تفریحی و سپس سفرهای بین استانی روزانه کاری یا داخل استانی تفریحی است و در نهایت نیز سفرهای داخل شهری کاری روزانه در اولویت کمتری برای آنها قرار دارد. تاکسی به عنوان وسیله نقلیه مطلوب زنان، به جز برای سفرهای کاری داخل شهری روزانه است.

زمان یک عامل برجسته برای همه سفرها به جز سفرهای تفریحی داخل شهری است، به طوریکه افزایش زمان دارای تاثیر منفی بر استفاده از خودرو شخصی است، همچنین زمان سفر دارای تاثیر کمتری بر سفرهای کاری روزانه در مقایسه با سفرهای تفریحی چه در خارج و چه در داخل تهران دارد. از طرف دیگر هزینه خودرو شخصی یک متغییر تاثیرگذار با علامت غیر قابل انتظار مثبت در سفرهای روزانه کاری است. این علامت بیانگر این است که فرد سفر کننده بدون توجه به هزینه تمایل به استفاده از خودرو شخصی دارد. سن در فرم لگاریتمی آن دارای تاثیر مثبت بر سفرهای کاری برون شهری روزانه و دارای تاثیر منفی بر سفرهای تفریحی است. در نهایت نیز مالکیت خودرو شخصی عامل مهمی برای سفرکنندگان خارج شهری است به طوریکه افرادی که دارای بیش از یک خودرو هستند تمایل به استفاده از آن برای این نوع از سفر را دارند. درحالیکه افراد بدون خودرو یا با یک عدد خودرو ترجیح به استفاده از تاکسی و اتوبوس برای رفتن به سرکار و یا حتی استفاده از اتوبوس برای سفرهای تفریحی دارند.

شاهی‌خانه و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان "مدل‌سازی رفتار انتخاب وسیله موتور سیکلت سواران" به بررسی عوامل موثر بر رفتار انتخاب وسیله موتور سواران در منطقه مرکزی شهر مشهد پرداختند. هدف از این مطالعه تعیین عوامل انتقال موتور سواران به سمت حمل و نقل عمومی در راستای کاهش مرگ و میر، تصادفات و زیان‌های اقتصادی با استفاده از لوجیت آشیانه‌ای و با استفاده از رجحان‌های بیان شده است.

در این مطالعه وسایل نقلیه در نظر گرفته شده شامل سه وسیله اتوبوس، موتور سیکلت و قطار سبک شهری است.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که زمان و هزینه دو عامل مهم تاثیرگذار بر انتخاب وسیله موتور سواران است. ولی تاثیر زمان بسیار بیشتر از تاثیر هزینه است. همچنین افزایش سن، افزایش درآمد ماهانه و مالکیت خودرو شخصی سبب انتقال موتورسواران به سمت سایر وسایل نقلیه می‌شود. همچنین قطار سبک شهری به دلیل زمان سفر کمتر نسبت به اتوبوس کاراترین وسیله نقلیه در جهت ترغیب موتورسواران به حمل و نقل عمومی است. از طرف دیگر گسترش شبکه حمل و نقل عمومی در سایر نقاط شهر، همراه با افزایش ساعت کاری قطار سبک شهری برای سفرهای کاری- تجاری سبب ترغیب بیشتر موتورسواران به حمل و نقل عمومی می‌شود.

ناظری سید ابریشمی و ممدوح (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان "یک مدل تقاضای مستقیم زمان عزیمت و انتخاب وسیله برای سفرهای مسافری بین شهری" به پیش‌بینی همزمان، زمان حرکت و انتخاب وسیله شهر تهران تحت تاثیر منطقه (میدان، مقصد و محل سکونت)، مشخصات فردی و خانوادگی و متغیرهای در ارتباط با سفر، با استفاده از مدل لوجیت چندگانه و آشیانه‌ای پرداختند. اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه از طریق سفرهای انجام شده کاری و تفریحی از مبدا شهر تهران به سایر نقاط استان تهران (به جز خود شهر تهران) و سفرهای کاری- تفریحی از مبدا استان تهران به سمت استان‌های همجوار تهران (البرز، قم، سمنان، مرکزی و مازندران) استخراج شد. زمان عزیمت در نظر گرفته

تابع مطلوبیت" به بررسی رابطه بین انتخاب وسیله و رفتار افراد در شهر بوداپست با استفاده از مدل لجیت چندگانه و آشیانه‌ای و بر اساس یک تابع مطلوبیت پرداختند. عوامل تشکیل دهنده این تابع مطلوبیت شامل مشخصات فعالیت، مشخصات مربوط به سفر و خصوصیات مربوط به فرد سفرکننده است. این متغیرها شامل سن، جنسیت، تعداد اعضای خانواده، تعداد خودرو در خانواده، متوسط زمان، فاصله، هزینه، هدف سفر، درآمد، تحصیلات و نوع شغل فرد سفرکننده است. وسایل نقلیه در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل، پیاده‌روی، خودرو شخصی و وسیله نقلیه عمومی است.

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که همه متغیرهای توضیحی در نظر گرفته شده در این مطالعه معنی‌دار هستند اما دارای میزان تاثیر متفاوتی هستند. مهمترین عوامل تاثیرگذار به ترتیب شامل مسافت سفر، زمان سفر، هدف فعالیت، درآمد خانوار، هزینه سفر، تعداد خودروها در خانواده، تعداد انتقال‌ها در حمل و نقل عمومی، اندازه خانواده، سن، جنسیت، شغل و در نهایت نیز تحصیلات است. به عبارت دیگر مسافت و زمان سفر مهمترین عوامل موثر بر انتخاب وسیله هستند.

کیم^۹ و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای تحت عنوان "نقش ساختار محیطی مقصد در رفتار سفرهای غیر موتوری: مطالعه موردی خلیج لانگ در کالیفرنیا" به بررسی تاثیر عوامل محیطی تاثیر گذار بر انتخاب وسایل نقلیه غیرموتوری مانند پیاده روی و دوچرخه سواری در شهر خلیج لانگ در کالیفرنیا، به منظور سیاست‌گذاری در جهت افزایش سطح سفرهای غیر موتوری با استفاده از روش لجیت آشیانه‌ای پرداختند.

در این مطالعه متغیرهای در نظر گرفته شده شامل متغیرهای مربوط به ساختار محیطی مانند چگالی، تنوع، طراحی و دسترسی به مقصد، متغیرهای مربوط به فرد سفرکننده و زمان سفر است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که عوامل محیطی در مقصد مانند امکان پیاده‌روی، چگالی جمعیتی، نوع کاربری اراضی و امکانات

ارمگان و صمیمی (۲۰۱۵) در مقاله‌ای تحت عنوان "ایجاد انگیزه برای حمل و نقل فعال در سفرهای دانش‌آموزان مدرسه‌ای" به بررسی عوامل موثر بر انتخاب وسیله دانش‌آموزان مدرسه‌ای ۱۷-۱۲ ساله در شهر تهران و با استفاده از یک مدل لجیت آشیانه‌ای پرداختند. هدف از این مطالعه سیاست‌گذاری در جهت ایجاد انگیزه برای پیاده‌روی در سنین پایین برای حفظ سلامت دانش‌آموزان مدرسه‌ای است.

وسایل نقلیه در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل چهار وسیله نقلیه پیاده‌روی، خودرو شخصی، اتوبوس مدارس و حمل و نقل عمومی است. متغیرهای مورد نظر در این مطالعه شامل متغیرهای اقتصادی-اجتماعی خانواده، شخصیت دانش‌آموز، متغیرهای مربوط به محیط شهری و خصوصیات مربوط به مناطق مسکونی اطراف، مانند سن، جنسیت، تعداد اتومبیل در خانواده، درآمد، امنیت، به موقع رسیدن و نرسیدن به مدرسه، راحتی و آسایش، محدودیت‌های طرح ترافیکی، زمان سفر با اتومبیل، زمان سفر با اتوبوس، سطح تحصیلات خانواده، فاصله بین خانه و نزدیک‌ترین ایستگاه، چگالی جمعیتی در مناطق مسکونی، همراهی و عدم همراهی خانواده با کودکان است.

نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که همه عوامل در نظر گرفته شده به جز زمان سفر با اتوبوس در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار هستند. همچنین کشش‌های بدست آمده در این مطالعه بیانگر این مطلب هستند که ۰/۰۴ درصد افزایش زمان سفر با خودرو شخصی، ۰/۰۷ درصد افزایش هزینه نرمال شده با درآمد، ۰/۰۸ درصد کاهش مالکیت خودرو شخصی، ۰/۰۳ درصد افزایش فاصله تا ایستگاه اتوبوس و ۲/۳۷ درصد کاهش فاصله سفر، سبب ۱ درصد افزایش پیاده‌روی است. همچنین امنیت یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر سفر فعال است، به طوری که امنیت سبب ۶۰ درصد افزایش انتظاری در سفر فعال می‌شود.

۲-۳ مطالعات خارجی

الصالح و استرگر-کیس^۸ (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان "ارتباط انتخاب وسیله با رفتار سفر با استفاده از مدل‌های لجیت بر پایه

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

ساختار محیطی و فرم شهری مانند چگالی خیابان‌ها و پیاده‌روها و متغیرهای مربوط به مدیریت تقاضای سفر مانند هزینه پارکینگ است. نتایج این مطالعه که با استفاده از نمونه استخراج شده توسط دانشجویان کارشناسی در همیلتون کانادا و با استفاده از مدل لوجیت آشیانه‌ای انجام شده، نشان می‌دهد که عوامل تاثیرگذار بر انتخاب وسیله شامل هزینه، خصوصیات فرد و متغیرهای مربوط به چگالی خیابان‌ها و پیاده‌روها است.

۴. تخمین تجربی مدل

مدل لوجیت آشیانه‌ای و مدل لوجیت معمولی می‌تواند توسط درخت گزینه‌های مورد انتخاب نمایش داده شود. در مدل‌های لوجیت معمولی همه گزینه‌های مورد انتخاب به صورت مشابه در یک سطح قرار می‌گیرد، در حالیکه مدل‌های لوجیت آشیانه‌ای شامل شاخه‌های واسطه‌ای است که گزینه‌ها را دسته‌بندی می‌کند. گروه بندی گزینه‌ها بیانگر درجه وابستگی بین گزینه‌ها بوده و لذا گزینه‌ها در یک آشیانه دارای درجه وابستگی بیشتری نسبت به گزینه‌هایی هستند که در یک آشیانه قرار ندارند. مدل‌های لوجیت آشیانه‌ای می‌تواند دو سطحی، سه سطحی و حتی چهار سطحی باشد، ولی غالب مدل‌های مورد بررسی توسط لوجیت آشیانه‌ای دوسطحی است [Hensher, rose and greene, 2005].

در این مطالعه برای تخمین مدل لوجیت آشیانه‌ای انتخاب وسیله نقلیه، از مدل لوجیت آشیانه‌ای دو سطحی استفاده شد. تخمین بهترین مدل لوجیت آشیانه‌ای شامل دو بخش، تعیین بهترین آشیانه و تخمین ضرایب مدل با استفاده از این مدل است [Mehta and Lou, 2013].

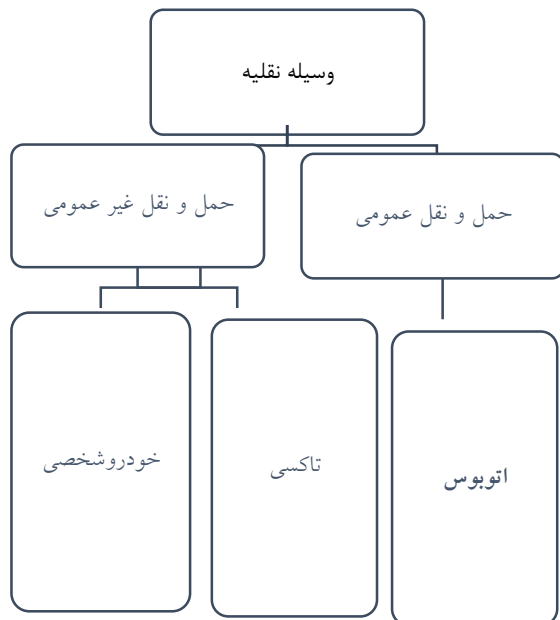
برای تعیین بهترین آشیانه از معیار Iv_{nk} استفاده می‌شود. این شرایط توسط ویلیام و اورتوزار^{۱۲} (۱۹۸۹) نشان داده شد. [Hunt and Teply, 1993] در این مدل یک تحلیل‌گر به منظور تعیین بهترین ساختار آشیانه‌ای باید به تخمین چند مدل پرداخته سپس مدلی را انتخاب کند که این شرط را برقرار می‌کند. این شرط با استفاده از دو آزمون والد معنی‌داری Iv_{nk}

دوچرخه سواری از عوامل تاثیرگذار بر انتخاب وسیله نقلیه غیر موتوری است.

لو^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای تحت عنوان " قیمت‌گذاری و انتخاب وسیله بر اساس مدل لوجیت آشیانه‌ای با هزینه سفرهای متوالی " به منظور استخراج سیاست بهینه قیمت‌گذاری مترو و پارکینگ تحت چهار سناریواریه پارکینگ و مترو توسط دولت و بخش خصوصی به استخراج تقاضا برای وسایل نقلیه مترو به تنهایی، رانندگی به تنهایی و پارک و رانندگی برای یک کریدور گلوگاهی در سلسله سفرهای خانه-کار-خانه پرداختند. در این مطالعه عوامل تاثیرگذار بر انتخاب وسایل شامل درآمد و هزینه تعمیم یافته سفر با هر یک از وسایل نقلیه است. نتایج این مطالعه بیانگر این مطلب است که کرایه مترو و هزینه پارکینگ بر خلاف نتایج بدست آمده توسط مدل لوجیت چندگانه دارای تاثیر مشابهی بر انتخاب وسیله نقلیه نیستند و نتایج آن نسبت به مدل لوجیت چندگانه به واقعیت نزدیکتر است. همچنین چنانچه مترو توسط بخش دولتی ارایه شود تفاوتی در ارایه پارکینگ توسط بخش خصوصی و بخش دولتی وجود نداشته و استفاده از حمل و نقل عمومی ترغیب و رفاه اجتماعی افزایش می‌یابد این درحالی است که چنانچه مترو توسط بخش خصوصی ارایه شود رفاه اجتماعی، علی‌رغم افزایش سود پارکینگ و مترو به شدت کاهش می‌یابد.

والن^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای با عنوان " انتخاب وسیله دانشجویان دانشگاهی برای رفتن به مدرسه و نقش سفر فعال "، به بررسی رفتار سفر دانشجویان آموزان با سطح تحصیلی بالاتر می‌پردازد. در حقیقت این مطالعه با بررسی رفتار انتخاب وسیله سفر دانش‌آموزان دانشگاهی به بررسی رفتار سهم بزرگی از سفرکنندگان فعال می‌پردازند. متغیرهای در نظر گرفته شده در این مطالعه عبارتند از متغیرهای مربوط به شخص سفرکننده، متغیرهای مربوط به خصوصیات فیزیولوژیکی مانند تمایلات فرد، متغیرهای مربوط به وسیله نقلیه مانند راحتی، متغیرهای مربوط به خصوصیات سفر مانند هزینه و متغیرهای مربوط به

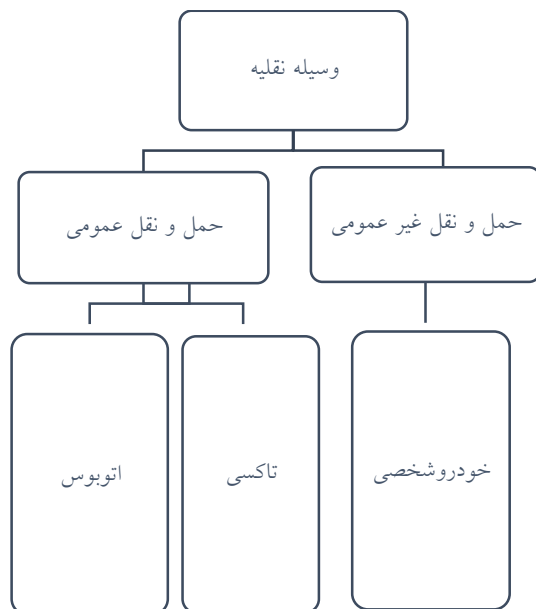
شخصی است، در حالی که در نمودار (۲) شاخه حمل و نقل عمومی شامل اتوبوس و شاخه حمل و نقل غیر عمومی شامل خودروشنخصی و تاکسی است. در حقیقت ساختار در نظر گرفته شده در نمودار(الف) به بررسی این موضوع می‌پردازد که آیا اتوبوس و تاکسی دارای عناصر مشترکی در جزء خطا هستند. این درحالی است که در نمودار(۲) هدف بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین عناصر جزء خطا در خودرو و شخصی و تاکسی است.



شکل ۲

(مخالف صفر بودن) و آزمون قرار گرفتن Iv_{nk} در خارج از محدوده (1-0) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در این مطالعه برای تعیین بهترین ترکیب، دو مدل در نظر گرفته شد. این مدل‌ها توسط دو نمودار (۱) و (۲) نمایش داده شده است. ساختار در نظر گرفته شده برای این دو نمودار به این صورت است که در سطح بالایی درخت در هر دو نمودار دو شاخه حمل و نقل عمومی و حمل و نقل غیر عمومی قرار دارد. در سطح دوم در نمودار (۱) بخش حمل و نقل عمومی شامل اتوبوس و تاکسی و حمل و نقل غیر عمومی شامل خودرو



شکل ۱

۴-۱ نمونه‌گیری و طراحی پرسشنامه

همانطور که در بخش (۲) بیان شد، عوامل تاثیرگذار بر انتخاب وسیله نقلیه توسط افراد شامل دو دسته متغیرهای اقتصادی-اجتماعی و متغیرهای مربوط به وسایل نقلیه مورد انتخاب است. اطلاعات مورد نیاز برای تخمین این مدل از طریق جمع‌آوری پرسشنامه از افراد سفر کننده برای سفرهای کاری-تحصیلی در ساعت اوج تردد صبح استخراج شد. این متغیرها عبارتند از زمان سفر، کرایه (برای وسایل نقلیه تاکسی و اتوبوس) و هزینه سفر برای خودروشنخصی، راحتی وسیله نقلیه، درآمد، سن،

جنسیت، تحصیلات، سرپرست خانوار بودن، تعداد خودرو در خانواده، مسافت سفر و تعداد اعضای خانواده. این متغیرها از طریق بررسی تعداد زیادی از مطالعات پیشین انجام شده در کشورهای مختلف و مصاحبه با تعدادی از سفرکنندگان با این وسایل نقلیه استخراج شد. به این منظور به هر یک از افراد پرسش‌نامه‌ای اختصاص یافت که در آن از افراد خواسته شد تا به سوالات مربوط به خصوصیات مربوط به سفر با وسایل نقلیه مختلف و خصوصیات خود پاسخ دهند.

در این مطالعه میزان هزینه برای وسیله نقلیه عمومی برابر با میزان کرایه و برای وسایل نقلیه شخصی شامل هزینه بنزین، هزینه

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

راحت، تهویه مناسب، دمای مناسب و وجود فضای کافی بر اساس نمره اختصاص داده شده به هر وسیله نقلیه تعیین نمایند.

۴-۲ تخمین مدل

برای تخمین بهترین مدل لوجیت آشیانه‌ای (انتخاب بین مدل (۱) و (۲)) هر یک از مدل‌ها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده توسط تخمین مدل‌ها بیانگر این است که هر دو مدل دارای سازگاری تئوریکی است. زیرا بر طبق جدول (۱) فرض صفر بودن و بزرگتر از یک بودن مقدار IV در سطح اطمینان ۹۵ درصد در هر دو مدل رد می‌شود، به عبارت دیگر مدل مرتبط با نمودار (۱) و (۲) در هر دو مدل سازگار با حداکثرسازی مطلوبیت است. لذا برای انتخاب بین مدل فرم (۱) و (۲) از R^2 سدو^{۱۳} استفاده شد^{۱۴}. مقدار این متغیر در مدل (۱) برابر با ۰/۳۸۸۰۲ و در مدل (۲) برابر با ۰/۳۲۷۶۶ است. لذا مدل فرم (الف) به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. رابوبابو^{۱۵} (۲۰۱۳) از این روش برای انتخاب بین سه ساختار آشیانه‌ای استفاده کرد. نتایج بدست آمده برای سه وسیله نقلیه تاکسی، اتوبوس و خودروشنخصی برای نمودار فرم (۱) به صورت زیر است:

جدول ۱. مقادیر ارزش افزوده

IV	ضریب	انحراف معیار
مدل ۱	۰/۰۹۶۵۷۴	۲/۳۹
مدل ۲	۱/۰۲۹۷۵۱	۰/۱۸۳۱۳

تعمیر و نگهداری (شامل هزینه تعویض لاستیک، باطری، دیسک و صفحه و روغن) است. به عبارت دیگر هزینه در نظر گرفته شده برای خودروشنخصی فقط شامل هزینه‌های متغیر است و هزینه‌های ثابت مانند هزینه بیمه، هزینه استهلاک و هزینه سرمایه در نظر گرفته نمی‌شود، زیرا فرض بر این است که فرد در صورت داشتن خودروشنخصی فقط هزینه متغیر را مورد توجه قرار می‌دهد. برای تعیین هزینه سوخت از افراد خواسته شده تا میزان مصرف بنزین خودروشنخصی خود در هر کیلومتر را معین کند و در صورت عدم اطلاع از میزان مصرف نوع خودرو خود و سال تولید آن را معین کرده تا با استفاده از آن میزان مصرف بنزین خودرو در هر کیلومتر تعیین شود. مسافت سفر (فاصله بین مبدا و مقصد سفر) از طریق نرم افزار google earth استخراج شد. زمان سفر برای وسایل نقلیه عمومی از مجموع چهار بخش، زمان پیاده‌روی و انتظار در ایستگاه، زمان سفر با وسیله نقلیه عمومی و زمان پیاده‌روی تا مقصد و برای خودروشنخصی شامل زمان سفر با وسیله نقلیه شخصی است.

از آنجا که یکی از جنبه‌های مغفول مانده در مطالعات انجام شده در زمینه انتخاب وسیله و تاثیر کیفیت وسیله نقلیه در انتخاب است (در مصاحبه‌های انجام شده راحتی و کیفیت وسیله نقلیه از مهمترین عوامل موثر بر انتخاب افراد بود)، لذا یکی از متغیرهای در نظر گرفته شده در این مطالعه آسایش و راحتی وسیله نقلیه است، لذا در این مطالعه از افراد خواسته شد تا ارزیابی خود از راحتی و کیفیت هریک از وسایل نقلیه را بر اساس جای نشستن

جدول ۲. تخمین ضرایب تابع مطلوبیت تاکسی و اتوبوس با استفاده از مدل لوجیت آشیانه‌ای

وسيله	متغیر	نماد	ضریب	آماره t	احتمال عدم معنی داری	سطح معنی داری
تاکسی	زمان سفر	time	-۰/۰۱۸۷۸	-۲/۰۴	۰/۰۴۱۵	۹۵ درصد
	کرایه	Fright	-۰/۰۰۶۳۵	-۲/۲۶	۰/۰۲۳۸	۹۵ درصد
	درآمد	Income	۰/۳۰۲۰۳	-۲/۲۶	۰/۰۰۸۳	۹۹ درصد
	آسایش	Comfort	۰/۰۱۵۲۴	-۲/۵۳	۰/۰۱۱۴	۹۹ درصد
	سرپرست	warden	-۰/۰۷۵۸۵۱	-۲/۷۱	۰/۰۰۶۷	۹۹ درصد
	مسافت	Distance	۰/۰۳۷۵۲	-۲/۱	۰/۳۱۵۷	عدم معنی داری

وسیله	متغیر	نماد	ضریب	آماره t	احتمال عدم معنی داری	سطح معنی داری
اتوبوس	تحصیلات	Education	۰/۰۲۲۳۴	۰/۸۴۱۷	-۰/۲	عدم معنی داری
	زمان سفر	time	-۰/۰۲۱۸۹	-۳/۰۳	۰/۰۰۲۵	۹۹ درصد
	هزینه	fright	-۰/۰۱۱۷۶	-۳/۰۷	-۰/۰۰۲۱	۹۵ درصد
	آسایش	comfort	۰/۰۰۵۰۵	۱/۲۲	۰/۲۲۲۷	عدم معنی داری
	ضریب ثابت	constant	-۰/۲۰۸۳۰	-۰/۱۴	۰/۸۸۸۷	عدم معنی داری
	تعداد اعضای خانواده	Household member	۰/۱۵۸۶۵	۱/۲۳	۰/۲۲	عدم معنی داری

جدول ۳. ضرایب تابع مطلوبیت خودروشنخصی با استفاده از مدل لجیت آشیانه‌ای

وسیله	متغیر	نماد	ضریب	آماره t	احتمال عدم معنی داری	سطح معنی داری
خودرو شخصی	ضریب ثابت	constant	-۳/۵۶۶۴۰	-۲/۳۷	۰/۰۱۸۰	۹۵ درصد
	آسایش	comfort	۰/۰۱۶۴۹	۳/۱۸	۰/۰۰۱۵	۹۹ درصد
	سرپرست	warden	۰/۷۸۵۹۱	۲/۸۲	۰/۰۰۴۸	۹۹ درصد
	تحصیلات	education	-۰/۱۷۷۳۰	-۱/۸۰	۰/۰۷۱۷	۹۰ درصد
	کرایه	fright	۰/۰۰۹۵۱	۰/۴۶۸۴	۰/۷۳	عدم معنی داری
	زمان	time	-۰/۰۲۳۳۸	-۰/۱۱۵۶	۱/۵۷	عدم معنی داری

۴-۳ کشش نقطه‌ای

در مدل لجیت چندگانه کشش‌های مستقیم نقطه‌ای به محاسبه تغییر در احتمال انتخاب یک گزینه (در مجموعه انتخاب) به ازای یک درصد تغییر در خصوصیات مربوط به گزینه‌ها می‌پردازد (هنشر و همکاران ۲۰۰۰). این کشش از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{X_{ikt}}^{P_{iq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{ikq}} \cdot \frac{X_{ikq}}{P_{iq}} \quad (19)$$

این رابطه نشان‌دهنده میزان تغییر در احتمال انتخاب گزینه i ام توسط فرد t زمانیکه که k امین خصوصیت مربوط به گزینه i ام به اندازه یک درصد تغییر می‌کند، است.

با ساده سازی رابطه (۲۰) کشش مستقیم گزینه i ام نسبت به خصوصیت K ام همین گزینه برای فرد t از طریق رابطه بدست می‌آید:

$$E_{X_{ikq}}^{P_{iq}} = -X_{ikq} \cdot \beta_{ik} [1 - P_{iq}] \quad (20)$$

[Louviere, Hensher and swait, 2000]

کشش قیمتی اتوبوس، تاکسی و خودروشنخصی بیانگر این است که یک درصد افزایش کرایه یا هزینه سفر با خودروشنخصی چه میزان احتمال انتخاب این گزینه‌ها را تغییر می‌دهد. نتایج بدست آمده برای کشش این سه وسیله به صورت زیر است:

جدول ۴. کشش قیمتی تقاضا برای وسایل نقلیه مختلف

کشش قیمتی خودروشنخصی	کشش قیمتی تاکسی	کشش قیمتی اتوبوس
	۰	-۱/۶۰۱

ماخذ: محاسبات محقق

۴-۴ تفسیر نتایج

نتایج بدست آمده بیانگر این مطلب است که: راحتی و سرپرست خانوار بودن تنها عوامل تاثیرگذار بر انتخاب خودروشنخصی برای سفر در ساعت اوج تردد صبح است و متغیرهایی مانند هزینه سفر با وسیله نقلیه شخصی، زمان سفر و درآمد بر انتخاب خودروشنخصی بدون تاثیر است. به عبارت

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

است) با استفاده از اتوبوس‌های تندرو می‌تواند تا اندازه‌ای بر انتخاب اتوبوس به عنوان وسیله نقلیه برای سفرهای کاری-تحصیلی تاثیرگذار باشد، ولی کشش پایین تقاضای این کالا بیانگر این است که، کاهش قیمت اتوبوس تاثیر چندانی بر افزایش استفاده از اتوبوس ندارد. معنی دار نبودن سایر عوامل همراه با پایین بودن ضریب تاثیر این دو متغیر بیانگر این مطلب است که استفاده‌کنندگان از اتوبوس ناگزیر به استفاده از این وسیله هستند. درآمد و سرپرست خانوار بودن عوامل تاثیرگذار بر انتخاب تاکسی در سطح اطمینان ۹۹ درصد است. درآمد به عنوان یک عامل مثبت و سرپرست خانوار بودن به عنوان یک عامل منفی بر انتخاب این وسیله موثر است. معنی داری این ضرایب نشان می‌دهد که افراد تحت تکفل مانند دانش آموزان و دانشجویان بیشتر متمایل به انتخاب تاکسی به عنوان وسیله نقلیه هستند. مقایسه مقادیر ضرایب این دو متغیر با سایر متغیرها نشان دهنده تفاوت قابل توجه تاثیر هر دو این متغیرها نسبت به سایر متغیرها است.

آسایش عنوان یک عامل مثبت در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر انتخاب تاکسی تاثیرگذارند. علامت این ضریب نیز سازگار با مبانی تئوریک است

زمان و هزینه یک عامل منفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد در انتخاب وسیله نقلیه تاکسی است و همانند اتوبوس ضریب زمان سفر با تاکسی تقریباً سه برابر ضریب هزینه است. همچنین با کشش بودن تقاضای تاکسی نسبت به قیمت نشان می‌دهد که سیاست‌گذار می‌تواند از طریق کاهش کرایه تاکسی و پرداخت سوبسید بر انتخاب تاکسی به عنوان وسیله نقلیه برای سفر در ساعت اوج تردد صبح تاثیرگذار باشد.

۴-۵ تابع مطلوبیت انتخاب وسیله

با توجه به نتایج بدست آمده توسط مدل لوجیت آشیانه‌ای تابع مطلوبیت انتخاب هر یک از وسایل نقلیه به صورت زیر است:

$$U(car) = -3/56640 + 0/1649comfort + 0/78591$$

warden

دیگر سیاست‌گذار امکان تغییر وسیله نقلیه افراد از وسیله نقلیه شخصی به وسایل نقلیه عمومی را از طریق سیاست‌های قیمتی ندارد. لذا با دریافت عوارض، مالیات بر سوخت و یا سایر سیاست‌های قیمت‌گذاری مربوط به مدیریت تقاضای استفاده از خودرو شخصی، فقط قادر به افزایش درآمد خود می‌باشد ولی قادر به کاهش سایر پیامدهای خارجی مرتبط به خودرو شخصی مانند آلودگی زیست محیطی و ازدحام نیست. این نتیجه می‌تواند ناشی از عوامل فرهنگی، سیاست‌های مربوط به کاربری اراضی و سیاست‌گذاری‌هایی حمل و نقل عمومی مانند نبود خط مستقیم، تعویض خطوط متوالی برای رسیدن به مقصد و... باشد. مشابه این نتایج در کشورهای دیگر نیز قابل مشاهده است. برای مثال بوهلر^{۱۵} (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که در آن به بررسی مقایسه‌ای عوامل موثر بر انتخاب وسیله در آلمان و آمریکا می‌پردازد به این نتیجه می‌رسد که تفاوت موجود در دو کشور از نظر میزان تاثیر متغیرهای توضیحی و جهت تاثیرگذاری آن در انتخاب وسیله تا حد زیادی به سیاست‌ها در حوزه حمل و نقل وابسته است. برای مثال در آمریکا حتی افراد با فاصله بسیار کم تا ایستگاه اتوبوس و در مناطق با چگالی جمعیتی بالا نیز تمایل بیشتری به استفاده از خودرو شخصی دارند زیرا بسیاری از مقصد ها بدون خودرو شخصی قابل دسترسی نیست، یا در خارج از شهرهای بزرگ، گستردگی شبکه‌های حمل و نقل عمومی به گستردگی شبکه‌های موجود در آلمان نیست.

زمان و هزینه تنها عوامل تاثیرگذار بر انتخاب اتوبوس به عنوان وسیله نقلیه برای سفرهای کاری-تحصیلی افراد در ساعت اوج تردد صبح است. علامت ضرایب این متغیرها سازگار با مباحث تئوریک است. همچنین مقادیر ضرایب بیانگر این هستند که زمان تاثیر قابل توجه‌تری بر انتخاب اتوبوس نسبت به هزینه دارد.

تاثیرگذاری این متغیرها بیانگر این مطلب است که سیاست‌گذار فقط از طریق کاهش کرایه سفر و زمان سفر با اتوبوس به ویژه کاهش زمان سفر (ضریب زمان سفر تقریباً دو برابر ضریب کرایه

آسایش وسیله نقلیه، سرپرست خانوار بودن و تحصیلات عوامل مهم تاثیرگذار بر انتخاب تاکسی هستند. سرپرست خانوار و راحتی وسیله نقلیه نیز عوامل تاثیر گذار بر انتخاب خودروشنخصی هستند.

۶. پی نوشت ها

1. Independence of irrelevant alternatives
2. Nested logit
3. Lancaster
4. Rand
- om utility
5. Gambel
6. Generalized extreme value
7. Inclusive value
8. Al-salih &, Esztergar-kiss
9. Kim
10. Lu
11. Whalen
12. Williams & Ortuzar
13. pesdo

۱۴. برای اندازه گیری قدرت برازش مدل در مدل های لوجیت چند گانه از R^2 سدو استفاده می شود که محاسبه آن متفاوت از R^2 در مدل های خطی است. در این نوع از مدل ها ضریب تعیین مدل تقریباً معادل با دو برابر ضریب تعیین در مدل های دیگر است.

15. Ravibabu
16. Buehler

۷. مراجع

- Adhikari, R.S. (2011) "A Methodological Review of Demand Analysis: An Example of Health Care Services" *Economic Journal of Development Issues*, VOL.13, NO.2, 119-130.
- Al-salih, W.Q and Esztergar-kiss, D. (2021) "Linking Mode Choice with Travel Behavior by Using Logit Model Based on Utility Function" *Sustainability*, vol.13, NO.8, 4332.

$$U(\text{taxi}) = 0.1524 \text{comfort} + 0.3020 \text{income} - 0.1878 \text{time} - 0.0635 \text{fright} - 0.75851 \text{warden}$$

$$U(\text{bus}) = -0.2189 \text{time} - 0.1176 \text{fright}$$

احتمال انتخاب هریک از وسایل نقلیه از طریق روابط زیر استخراج می شود:

$$p_{\text{bus}} = p(\text{bus} | \text{public mod}). p(\text{public mod})$$

$$p_{\text{taxi}} = p(\text{taxi} | \text{public mod}). p(\text{public mod})$$

$$p_{\text{car}} = p(\text{car} | \text{personal mod}). p(\text{personal mod})$$

لذا برای محاسبه احتمال انتخاب هریک از وسایل نقلیه نیاز به محاسبه هر یک از اجزا در رابطه بالا به صورت جداگانه است، بنابراین ابتدا باید احتمال انتخاب هر یک از زیربخش ها به صورت جداگانه محاسبه تا در نهایت امکان محاسبه احتمال انتخاب هر یک از وسایل نقلیه ایجاد شود (برای مشاهده مراحل محاسبه احتمال انتخاب به ضمیمه الف مراجعه کنید).

۵. جمع بندی و نتیجه گیری

در مدل سازی انتخاب وسیله غالباً از مدل لوجیت چندگانه استفاده می شود. این مدل دارای محدودیت هایی است. مدل لوجیت آشیانه ای یک ابزار مهم برای تحلیل های تجربی مدل های انتخاب گسسته بوده و جذابیت این مدل به دلیل برطرف کردن فرض استقلال گزینه های نامرتب در مدل لوجیت چندگانه است. در این مطالعه برای تخمین تقاضای سفرهای کاری-تحصیلی برای وسیله نقلیه اتوبوس، تاکسی و خودروشنخصی در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان از مدل لوجیت آشیانه ای استفاده شد. داده های مورد نیاز برای تخمین این مدل از طریق جمع آوری پرسش نامه استخراج شد.

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان می دهد که زمان و هزینه تنها عامل تاثیر گذار بر انتخاب اتوبوس برای سفر در ساعت اوج تردد صبح هستند. این در حالی است که زمان، کرایه، درآمد،

- Non-motorized Travel Behavior: A Case of Long Beach, California”, *Journal of Planning Education and Research*, pp.1-15.
- Kopelman, F.S and WEN, C.H. (1998) “Alternative Nested logit models: structure reports and estimation”, *Transpiration research*, part B, vol.32, NO.5, PP.289-298.
- LLouviere, J., Hensher, D. A. & Swait, J. D. (2000). *Stated Choice methods: Analysis and Applications*; Cambridge University Press.
- Lu,x.s., Liu ,T.L and Huang , H.J.(2015) “Pricing and mode choice based on nested logit model with trip-chain costs”, *TransportPolicy*, vol.44, pp.76-88.
- McFadden. D. (1976). "Quantal Choice Analysis a Survey", *Annals of Economic and Social Measurement*, VOL.5, NO.7 PP. 363-390.
- Mehta,G and Lou,Y.(2013) “Modeling school bus seat belt usage: Nested and mixed logit approaches; Accident Analysis and Prevention”, VOL.51,PP.56-67.
- Nazari,F., Seyedabrishami,S.H and Mamdooh,A.R.(2016) “A Direct Demand Model of Departure Time and Mode for Intercity Passenger Trips”, *International Journal of Transportation Engineering*,VOL.3,NO.2,PP.125-141.
- Ravibabu, m. (2013) “A nested logit model of mode choice for inland movement of export shipments: A case study of containerized export cargo from India”, *Research in transportation Economic*, VOL.38, PP.91-100.
- Train, K. (2009) “Discrete Choice Methods with Simulation”, Cambridge university Press.
- Whalen, K.E., Paze, A, & Carrasco, J. A. (2013) “Mode choice of university students
- Ben-Akiva, M. (1973) “Structure of Passenger Travel Demand Model”, Ph.D. thesis Massachusetts Institute of Technology.
- Buehler,R.(2011), "Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA." *Journal of Transport Geography*, vol.19, pp.644-57.
- CARRASCO, J.A and ORTUÂZAR.J.D.D. (2002) “Review and assessment of the nested logit model”, *TRANSPORT REVIEWS*, VOL.22, NO.4, PP.197-218.
- Danaher, P and Dagger, T. (2012) “Using a nested logit model to forecast television ratings”, *International Journal of forecasting*, vol.28, p.607–622.
- Domanski, A. (2009) “Estimation mixed logit recreation demand models with large choice sets”, Selected Paper prepared for presentation at the Agricultural & Applied Economics Association’s, Annual Meeting, Milwaukee,1-46.
- Ermagun, A and Samim, A. (2015) “Promoting active transportation modes in school trips”, *Transport Policy*, vol.37,pp.203-211.
- Hensher, D and Greene.W. (2002) "Specification and Estimation of nested logit model: Alternative normalization”, *Transpiration Research*, part B, vol.36, pp.1-17.
- Hensher, D. A and Rose,J.M. & Greene,W. (2005) “Applied Choice Analysis: A Primer”, Cambridge University Press.
- Hunt, j.d and Tpely,S,(1993) “A Nested logit of parking location Choice” ,*Transportation research part B*,Vol.27, NO. 4, PP.253-265.
- Kim, D., Park, J, and Hong, A. (2015) “The Role of Destination’s Built Environment on

commuting to school and the role of active travel”VOL.31, PP.132-142.

- Wittink,L.T.(2011)”Choice modelling, An overview of theory and development in Individual choice behavior modelling” BMI Paper,PP,1-40.

- Shahikaneh, A.,Ahmadi Azari,K and Aghayan.I. (2019)” Modeling the Transport Mode Choice Behavior of Motorcyclists. Iranian journal of Science and Technology, transaction of Civil Engineering,vol. 44,pp.175-184.

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

ضمیمه ۸

محاسبه احتمال انتخاب اتوبوس و تاکسی

برای محاسبه انتخاب تاکسی و اتوبوس ابتدا $p(\text{bus}|\text{public mod})$ و $p(\text{taxi}|\text{public mod})$ را محاسبه سپس با استفاده از $P_{\text{public mod}}$ مقدار احتمال انتخاب اتوبوس و تاکسی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$p(\text{bus}|\text{public mod})=$

$$\frac{e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B}}{e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}}$$

$p(\text{taxi}|\text{public mod})=$

$$\frac{e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}}{e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}}$$

$P_{\text{public mod}} =$

$$\frac{.096574 \times \ln[e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}]}{.096574 \times \ln[(e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}})] + 1.2 \times \ln(e^{-3/56640+0/01649.\text{comfort}_c+0/78591.\text{warden}_c})}$$

بنابراین احتمال انتخاب وسایل نقلیه اتوبوس و تاکسی به صورت زیر است:

$$P(\text{bus})= \frac{e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B}}{e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}} \times \frac{.096574 \times \ln[e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}]}{.096574 \times \ln[(e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}})] + 1.2 \times \ln(e^{-3/56640+0/01649.\text{comfort}_c+0/78591.\text{warden}_c})}$$

$P(\text{taxi}) =$

$$\frac{e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}}{e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}} \times \frac{.096574 \times \ln[e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}}]}{.096574 \times \ln[(e^{-.01176*\text{fright}_B-.02189*\text{totaltime}_B} + e^{-.00635*\text{fright}_T-.01878*\text{totaltime}_T+0/30203*\text{INCOME}_T+0/01524*\text{COMFORT}_T-.0/75851\text{warden}})] + 1.2 \times \ln(e^{-3/56640+0/01649.\text{comfort}_c+0/78591.\text{warden}_c})}$$

- محاسبه احتمال انتخاب خودرو شخصی

برای بدست آوردن احتمال انتخاب خودرو شخصی ابتدا $p(\text{car}|\text{personal mod})$ را بدست می آوریم. سپس با استفاده از $P_{\text{personal mod}}$ مقدر احتمال انتخاب خودرو شخصی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$p(\text{car}|\text{personal mod}) = \frac{e^{-3/56640 - +0/01649 \cdot \text{comfort} + 0/78591 \cdot \text{guardian} - \cdot /017730 \cdot \text{education}}}{e^{-3/56640 - +0/01649 \cdot \text{comfort} + 0/78591 \cdot \text{guardian} - \cdot /017730 \cdot \text{education}}} = 1$$

$$P_{\text{personal mod}} = \frac{1.2 \times e^{-3/56640 - +0/01649 \cdot \text{comfort} + 0/78591 \cdot \text{guardian} - \cdot /017730 \cdot \text{education}}}{.096574 \times \ln[(e^{-/01176 \cdot \text{fright}_B - /02189 \cdot \text{totaltime}_B}) + e^{-/00635 \cdot \text{fright}_T - /01878 \cdot \text{totaltime}_T + 0/30203 \cdot \text{INCOME}_T + /01524 \cdot \text{COMFORT}_T - .0/75851 \cdot \text{warden}_T}] + 1.2 \times \ln(e^{-3/56640 + 0/01649 \cdot \text{comfort}_C + 0/78591 \cdot \text{warden}_C})}$$

پس احتمال انتخاب خودرو شخصی به صورت زیر است:

$$P(\text{car}) = 1 \times \frac{1.2 \times e^{-3/56640 - +0/01649 \cdot \text{comfort} + 0/78591 \cdot \text{guardian} - \cdot /017730 \cdot \text{education}}}{.096574 \times \ln[(e^{-/01176 \cdot \text{fright}_B - /02189 \cdot \text{totaltime}_B}) + e^{-/00635 \cdot \text{fright}_T - /01878 \cdot \text{totaltime}_T + 0/30203 \cdot \text{INCOME}_T + /01524 \cdot \text{COMFORT}_T - .0/75851 \cdot \text{warden}_T}] + 1.2 \times \ln(e^{-3/56640 + 0/01649 \cdot \text{comfort}_C + 0/78591 \cdot \text{warden}_C})}$$

تعیین عوامل موثر بر تقاضای سفر کاری-تحصیلی (انتخاب وسیله نقلیه) در ساعت اوج تردد صبح در شهر اصفهان: رهیافت لوجیت آشیانه‌ای

مرضیه گوگردچیان درجه کارشناسی در رشته ریاضیات کاربردی را در سال ۱۳۸۰۱ از دانشگاه اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته اقتصاد را در سال ۱۳۸۶ از دانشگاه آزاد واحد خوراسگان اخذ نمود. در سال ۱۳۹۵ موفق به کسب مدرک دکتری در رشته اقتصاد از دانشگاه اصفهان گردید. زمینه مورد علاقه ایشان اقتصاد خرد، اقتصاد منابع طبیعی، اقتصاد حمل و نقل و اقتصاد شهری است.



حسین حق شناس، در سال ۱۳۹۱ مدرک دکتری در رشته برنامه ریزی حمل و نقل را از دانشگاه صنعتی شریف را کسب نمود. و در حال حاضر عضو هیات علمی دانشکده مهندسی حمل و نقل در دانشگاه صنعتی اصفهان است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، تقاضا در حمل و نقل و ایمنی است.

