تحلیل ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه (نمونه موردی: سفرهای خرید شهر قزوین)

ایمان فرزین، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

امیررضا ممدوحی*، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:armamdoohi@modares.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۶/۱۸- پذیرش: ۹۷/۰۱۱/۰۵

صفحه ۴۳-۲۹

چکیده

انتخاب مقصد و شیوه نقش مهمی در تحلیل تقاضای سفر و در پی آن ارزیابی سیاست‌ها ایفا می‌کند. اکثر محققان به‌منظور بررسی این دو انتخاب از مدل لوجیت چندجمله‌ای استفاده نموده‌اند که از ضعف در نظرگیری توزیع مستقل و یکسان کامبل برای تمامی عبارت‌های خطای تابع مطلوبیت رنج می‌برد. به این سبب این مدل قادر به بررسی ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها نیست. مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس با فرض توزیع مستقل و غیر یکسان کامبل قادر به تحلیل گزینه‌هایی با مطلوبیت ناهمگون غیر سیستماتیک است. هدف از این مقاله تحلیل ناهمگونی و مقایسه مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه است که برای نمونه موردی سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین اجرا می‌شود. در این مقاله سه گزینه انتخاب مقصد بر اساس فاصله محل خرید تا محل سکونت و سه گزینه پیاده‌روی، اتومبیل شخصی و اتوبوس برای شیوه سفر (جمعاً ۹ گزینه در انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه سفر) منظور می‌شود. نتایج مقایسه مدل‌های پرداخت‌شده برای ۱۵۷۰ نفر- سفر بر اساس ضوابط گوناگون (مانند مقدار لگاریتم احتمال و ضریب نیکویی برازش)، حاکی از برتری مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در انتخاب مقصد و انتخاب شیوه و برتری مدل لوجیت چندجمله‌ای در انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه است. مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد گزینه‌ها، فرض توزیع مستقل و غیر یکسان عبارت خطا باعث افزایش قدرت توضیح‌دهندگی مدل نمی‌گردد و سفر کنندگان در طی فرآیند تصمیم‌گیری عوامل مشاهده نشده در توابع مطلوبیت را مستقل و با توزیع یکسان در نظر می‌گیرند. نتایج این مقاله از محدودیت‌های روی گزینه‌ها کاسته و محقق را قادر به در نظر گرفتن گزینه‌های متفاوت‌تر و به‌تبع آن نزدیک‌تر به واقعیت می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب مقصد، انتخاب شیوه، انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه،مدل لوجیت چندجمله‌ای، مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس

۱- مقدمه

مدل‌سازی یکی از مهم‌ترین اجزای فرآیند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل به شمار می‌آید. با توجه به در نظرگیری ارتباط تصمیم‌ها، تقاضای سفر به‌صورت مرحله‌ای[1] یا هم‌زمان[2] مدل می‌گردد. در مدل‌های مرحله‌ای برای هرکدام از مراحل ایجاد، توزیع، تفکیک و تخصیص مدل جداگانه‌ای پرداخت‌شده و خروجی هر مرحله به‌صورت ورودی مرحله بعد مورداستفاده قرار می‌گیرد. برای در نظر گرفتن بازخورد مراحل بعدی، می‌توان خروجی‌های مرحله تخصیص را به‌صورت ورودی مرحله توزیع سفر استفاده و ساخت مدل را تا رسیدن به همگرایی موردنظر تکرار کرد (Ortúzar and Willumsen, 2011). در رویکرد هم‌زمان، سطوح مختلفی از فرآیند تصمیم‌گیری سفر در غالب یک مدل واحد تجمیع می‌گردد.

در این ساختار فرض آن است که واحد تصمیم‌گیرنده (فرد یا خانوار) گزینه‌هایی مانند مقصد و شیوه سفر را به‌طور هم‌زمان انتخاب می‌کند (Vovsha et al., 2005). در مورد اینکه گزینه‌های انتخاب سفر مانند مقصد، شیوه و مسیر سفر به چه میزان با یکدیگر وابستگی دارند، نظرات متفاوتی ارائه شده است. عده‌ای بر این عقیده هستند که این گزینه‌ها مستقل از یکدیگر است. این گروه طرفدار ساختار مرحله‌ای در مدل‌سازی هستند (Nicolau and Más, 2008). در مقابل گروهی دیگر معتقدند فرض استقلال گزینه‌ها از کار آیی مدل می‌کاهد و علاوه بر ایجاد خطای بیشتر، ساختار را غیرواقعی و غیر رفتاری خواهد کرد. این گروه معتقد است تصمیم‌گیری در مورد گزینه‌های انتخاب سفر به‌صورت مرحله‌ای و مجزا نمی‌تواند یک فرض کاملاً منطقی باشد و رویکرد هم‌زمان برتری دارد. تعدد گزینه‌ها فرآیند مدل‌سازی هم‌زمان را پیچیده می‌سازد که از جمله معایب رویکرد هم‌زمان است (Suel and Polak, 2017). سفرهای خرید یکی از منعطف‌ترین فعالیت‌های اختیاری در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است. مدل‌سازی گزینه‌های این هدف سفر پیچیده‌تر از فعالیت‌های اجباری مانند کار و تحصیل است. انتخاب مقصد و شیوه در سفرهای خرید نقش مهمی در تحلیل تقاضای سفر و در پی آن ارزیابی سیاست‌ها ایفا می‌کند. در نتیجه شناسایی و فهم عوامل مؤثر بر این دو انتخاب به‌منظور بررسی کار آیی بالقوه سیاست‌گذاری‌ها ضروری است (Suel and Polak, 2017). مدل‌سازی انتخاب مقصد و شیوه در سفرهای خرید باعث افزایش بینش در مورد این دو بعد انتخاب و پیش‌نیازی برای مدیریت تقاضای حمل‌ونقل و فرآیند برنامه‌ریزی شهری می‌باشد (Kristoffersson, Daly and Algers, 2017). ناهمگونی در گزینه‌ها و ترجیحات افراد از سه منظر قابل‌بررسی است. ناهمگونی مطلوبیت گزینه‌ها، اختلاف‌سلیقه میان تصمیم گیران و ناهمگونی در مجموعه انتخاب (Kunhikrishnan and Srinivasan, 2017). در نظرگیری ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها گرچه باعث پیچیدگی مدل می‌گردد ولی منجر به ارزیابی مطمئن‌تری از سیاست‌ها و نتایج نزدیک‌تر به واقعیت می‌گردد. با توجه به پژوهش‌های اندک در بررسی این نوع ناهمگونی، این مقاله به بررسی آن در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه می‌پردازد. هدف از انجام این پژوهش یافتن پاسخی به این پرسش است که سفر کنندگان در قزوین به‌منظور انجام سفر خرید خود تا چه حد در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد و شیوه ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها را لحاظ می‌کنند و آیا مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس[3] (منظور کردن ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌های مختلف با لحاظ کردن واریانس‌های متفاوت برای عبارت خطای تابع مطلوبیت) باعث برازش بهتر مدل پرداخت‌شده به نتایج آمارگیری می‌شود؟ بخش دوم این مقاله به مروری بر مطالعات پیشین کاربرد مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل می‌پردازد. در بخش سوم ساختار مدل‌های مورداستفاده در این مقاله ارائه می‌شود. بخش چهارم و پنجم به ترتیب به توصیف اطلاعات استفاده شده و نتایج مدل‌سازی اختصاص دارد و در بخش نهایی نتیجه‌گیری و پیشنهادها به‌منظور مطالعات آتی ارائه بیان می‌گردد.

۲- پیشینه تحقیق

سه نوع مدل نمایی منفی[4]، گزینه متفاوت[5] و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس، ناهمگونی غیر سیستماتیک در گزینه‌ها را در نظر می‌گیرند (Castillo, 2016). داگانزو از توزیع نمایی منفی مستقل با واریانس‌های گوناگون برای توسعه یک مدل انتخاب گسسته استفاده نمود (Daganzo,2014). به دلیل فرض عدم تجاوز مطلوبیت از یک حد بالا، در عمل این مدل قابل‌استفاده نیست (Castillo, 2016).

رکر مدل گزینه متفاوت را پیشنهاد نمود. در این مدل واریانس مطلوبیت یک گزینه بیشتر از دیگر گزینه‌ها منظور گردیده است. این موقعیت زمانی رخ می‌دهد که برخی از ویژگی‌های تأثیرگذار در مطلوبیت، تنها برای یک گزینه تعریف شده باشد. به‌عنوان‌مثال متغیر زمان‌بندی عملکردی تنها برای گزینه حمل‌ونقل همگانی منظور می‌گردد (Recker, 1995). محدودیت این مدل پیشنهادی در نظرگیری واریانس یکسان برای تمامی گزینه‌ها (به‌جز گزینه متفاوت) است (Castillo, 2016). باهات مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس را فرمول‌بندی نمود. در این مدل عبارت خطای مطلوبیت گزینه‌ها دارای توزیع مقدار حدی نوع یک و واریانس‌های متفاوت برای گزینه‌ها است. در نتیجه جز مدل‌های گزینه متفاوت دسته‌بندی می‌گردد. وی در

این مطالعه به بررسی انتخاب وسیله در سفرهای بین‌شهری پرداخته و اثر بهبود سرویس‌دهی در حمل‌ونقل ریلی را در انتخاب شیوه سفرهای کاری میان مونترال و تورنتو ارزیابی نموده است. نتیجه حاصل از این مطالعه برتری مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس نسبت به لوجیت چندجمله‌ای بود (Bhat, 1995). هنشر با استفاده از مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس به تخمین انتخاب شیوه در سفرهای برون‌شهری پرداخت. او در این مطالعه از اطلاعات رجحان آشکارشده[۶] و بیان‌شده[۷] استفاده کرد. هدف از این پژوهش تخمین سهم وسیله جدید (قطار سریع‌السیر) در کریدور سیدنی- کانبرا است. مجموعه انتخاب در پرسشنامه رجحان آشکارشده شامل ٤ شیوه هواپیما، اتومبیل شخصی، اتوبوس و قطار معمولی و در پرسشنامه رجحان بیان‌شده علاوه بر موارد ذکرشده شامل قطار سریع‌السیر بود. هنشر مقیاس‌های متفاوتی هم میان اطلاعات رجحان آشکارشده و بیان‌شده و هم میان شیوه‌های سفر منظور نمود. مقیاس برای وسایل مختلف در دو پرسشنامه رجحان آشکارشده و بیان‌شده تقریباً یکسان حاصل گردید. این امر بیانگر طراحی مناسب پرسشنامه رجحان بیان‌شده است. از سویی دیگر مقیاس برای وسایل غیر اتومبیل شخصی تقریباً یکسان و کمتر از مقیاس برای اتومبیل شخصی حاصل گردیده است. این امر بیانگر عدم قطعیت بیشتر در ارزیابی وسایل غیر اتومبیل شخصی نسبت به اتومبیل شخصی است (Hensher, 1997). در تلاشی دیگر وی با استفاده از مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس به ارزیابی ارزش ذخیره زمان سفر پرداخته است. نتیجه این مطالعه آن بود که مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس ارزش ذخیره زمان سفر کمتری را نسبت به لوجیت چندجمله‌ای برآورد می‌کند. علت این امر تأثیر مقیاس در بزرگی پارامتر ویژگی‌ها است (Hensher, 2000). مونیزاگا و همکاران به بررسی پاسخ افراد در مواجه با تغییرات سیاست‌گذاری‌ها پرداخته‌اند. آن‌ها در این مطالعه دو نوع مختلف ناهمگونی (یکی در میان گزینه‌ها و دیگری در میان مجموعه انتخاب) را تحلیل نموده‌اند. نتایج بیانگر این است که در حالت اول مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس بهتر از دیگر ساختارها (لوجیت چندجمله‌ای، لوجیت آشیانه‌ای و پروبیت چندجمله‌ای) پاسخ به تغییرات سیاست‌گذاری‌ها را توصیف می‌کند و در حالت دوم مدل لوجیت چندجمله‌ای بهترین برازش به اطلاعات را دارد (Munizaga, Heydecker and Ortúzar, 2000). چن و همکاران به بررسی انتخاب شیوه افراد به‌منظور سفر میان سیدنی و ملبورن در استرالیا با استفاده از مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای، لوجیت ترکیبی، مقدار حدی با ناهمسانی واریانس و لوجیت آشیانه‌ای پرداخته‌اند. در این مطالعه لوجیت ترکیبی بهترین مدل برای توصیف انتخاب وسیله افراد حاصل گردیده است (Chen, Liu and Li, 2013). همچنین در مطالعه دیگری چن تأثیر هم‌زمان پیچیدگی وظیفه و فشار زمانی بر انتخاب فعالیت سفر را موردمطالعه قرار داده است. وی با استفاده از مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس، اثر بالقوه این دو شاخص در انتخاب فعالیت افراد را از طریق اعمال مقیاس‌های متفاوت برای مطلوبیت گزینه‌های انتخاب منظور نموده است (Chen et al., 2016). با توجه به مطالعات پیشین مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در انتخاب شیوه سفر منظور گردیده و انتخاب مقصد و هم‌زمان مقصد- وسیله مغفول مانده است. این مقاله به دنبال مدل‌سازی انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه سفرهای خرید ساکنان شهر قزوین با در نظر گرفتن ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها است. بدین منظور علاوه بر مدل مرسوم در مطالعات پیشین (لوجیت چندجمله‌ای)، مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس نیز پرداخت گردیده و قدرت توضیح‌دهندگی این دو مدل در انتخاب‌های بیان‌شده با یکدیگر مقایسه می‌گردد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

انتخاب یکی از عنصرهای اساسی در فرآیند تصمیم‌گیری سفر است. سفر کننده، همیشه در انجام سفر با انتخاب‌های گوناگونی مانند انجام یا عدم انجام سفر، انتخاب مقصد، شیوه و مسیر مواجه است. بنابراین مدل کردن اجزاء سفر یکی از مهم‌ترین عوامل در تجزیه‌وتحلیل تقاضای سفر است (Ortúzar and Willumsen, 2011). مدل‌های انتخاب گسسته، انتخاب تصمیم‌گیرنده‌ها را از بین تمام گزینه‌های موجود توصیف می‌کنند. تصمیم‌گیرنده می‌تواند فرد، خانوار، شرکت یا هر واحد تصمیم‌گیرنده‌ای باشد و گزینه‌های انتخاب می‌توانند محصولاتی باشند که با هم در رقابت هستند یا گزینه‌ها یا اقلامی که انتخاب از بین آن‌ها صورت

می‌گیرد. فرض اساسی مدل‌های انتخاب گسسته آن است که تصمیم‌گیرنده زمانی که با یک انتخاب مواجه می‌شود، ترجیح فردی او نسبت به هر گزینه می‌تواند با یک معیار مطلوبیت یا جذابیت۸ بیان گردد. این مطلوبیت تابعی از ویژگی‌های گزینه‌ها و نیز مشخصات تصمیم‌گیرنده است. فرض می‌شود که تصمیم‌گیرنده گزینه‌ای را انتخاب می‌نماید که بیشترین مطلوبیت را از آن دریافت کند (Teodorovic and Janic, 2016). تابع مطلوبیت گزینه j برای فرد q به صورت U_{jq} بیان می‌شود. این مطلوبیت دارای دو بخش معین و تصادفی است و در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \qquad (۱)$$

که در آن:

U_{jq} مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q؛ V_{jq} جزء معین مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q و ε_{jq} جزء تصادفی مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q است.

احتمال اینکه فرد q گزینه j را انتخاب کند از روابط (۲) و (۳) تعیین می‌شود.

$$f(\varepsilon_{jq}) = \lambda e^{-\lambda(\varepsilon_{jq}-\eta_{jq})} \exp(e^{-\lambda(\varepsilon_{jq}-\eta_{jq})}) \qquad (۲)$$

$$P_{jq} = \frac{e^{V_{jq}}}{\sum_{m \neq j \subset C_q} e^{V_{mq}}} \qquad (۳)$$

در مدل لوجیت چندجمله‌ای فرض می‌گردد، ε_{mq} دارای توزیع مستقل و یکسان مقدار محدود نوع یک۹ است. تابع توزیع مقدار محدود نوع یک برای ε_{mq} در رابطه (٤) بیان گردیده است.

(٤)

$$f(\varepsilon_{mq}) = \lambda e^{-\lambda(\varepsilon_{mq}-\eta_{mq})} \exp(e^{-\lambda(\varepsilon_{mq}-\eta_{mq})})$$

در این رابطه η_{mq} و λ به ترتیب پارامتر مقیاس و مکان نامیده می‌شود. مقدار واریانس این توزیع برابر $\frac{\pi^2}{6\lambda^2}$ است. با فرض $\eta_{mq} = 0$ و $\lambda = 1$ مدل لوجیت چندجمله‌ای حاصل می‌گردد (Train, 2009).

مدل لوجیت چندجمله‌ای ساده‌ترین، ابتدایی‌ترین و پرکاربردترین مدل انتخاب گسسته و به صورت خاص مدل‌های مقدار حدی تعمیم‌یافته۱۰ به شمار می‌آید. محبوبیت این مدل از آنجا ناشی می‌شود که فرم بسته‌ای برای بیان احتمال انتخاب گزینه‌ها ارائه می‌دهد که با سادگی قابل تفسیر است (Teodorovic and Janic, 2016).

رابطه مدل لوجیت چندجمله‌ای به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود.

$$P_{jq} = \frac{e^{V_{jq}}}{\sum_{m \neq j \subset C_q} e^{V_{mq}}} \qquad (۵)$$

که در آن P_{jq} احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q است.

با در نظرگیری توزیع مستقل و نابرابر مقدار حدی نوع یک برای قسمت احتمالی تابع مطلوبیت، می‌توان فرض توزیع مستقل و یکسان لوجیت چندجمله‌ای را تا حدی برطرف نمود. این آزادسازی منجر به ایجاد تابع مقدار حدی با ناهمسانی واریانس می‌گردد. این فرض باعث ایجاد واریانس‌های متفاوت و کوواریانس صفر در گزینه‌های مختلف می‌شود. بر اساس مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q از رابطه (٦) حاصل می‌گردد.

(٦)

$$P_{jq} = \int_{w=-\infty}^{w=+\infty} \prod_{m \subseteq C, m \neq j} \Psi[\frac{V_{jq} - V_{mq} + \theta_j w}{\theta_m}] \psi(w) dw$$

در این رابطه $\Psi(.)$ و $\psi(.)$ به ترتیب تابع توزیع تجمعی و تابع چگالی احتمال توزیع مقدار حدی نوع یک؛ $w = \frac{\varepsilon_{jq}}{\theta_j}$ و θ_j بیانگر پارامتر ناهمگونی گزینه j است. در این مدل واریانس عبارت خطای تابع مطلوبیت گزینه j به صورت $\frac{\pi^2 \theta_j^2}{6}$ است (Chen et al., 2016).

٤- داده‌های پژوهش

جهت مقایسه و ارزیابی مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه، شهر قزوین با توجه به غنای اطلاعاتی آن به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. شهر قزوین با جمعیتی در حدود ۵۹۷ هزار نفر (بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵) در نیمه شمالی استان قزوین در ایران قرار گرفته است. بیش از ٤٦ درصد جمعیت استان قزوین، در شهر قزوین ساکن است. لذا از ویژگی‌های بارز آن سهم بالای جمعیت آن نسبت به سایر شهرهای استان است (درگاه ملی مرکز ملی آمار، ۱۳۹۷). اطلاعات مورداستفاده در این پژوهش حاصل از پرسشگری اطلاعات سفر ساکنان شهر قزوین است. پرسشنامه‌ها در این مطالعه به روش رجحان آشکارشده طراحی گردیده و به بررسی انتخاب واقعی مسافران در شرایط حقیقی پرداخته است. اطلاعات مورداستفاده شامل ۹۹۳۸ خانوار و ۲۹۸٤۰ فرد در ۱۱۳ ناحیه ترافیکی جمع‌آوری گردیده است. این اطلاعات شامل ۱۰ هدف سفر است (جدول (۱)). بر اساس تحلیل آماری صورت گرفته سفر خرید بیشترین فراوانی (۲۲۹۷) را در میان سفرهای غیراجباری دارد (مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل شهر قزوین، ۱۳۹۰).

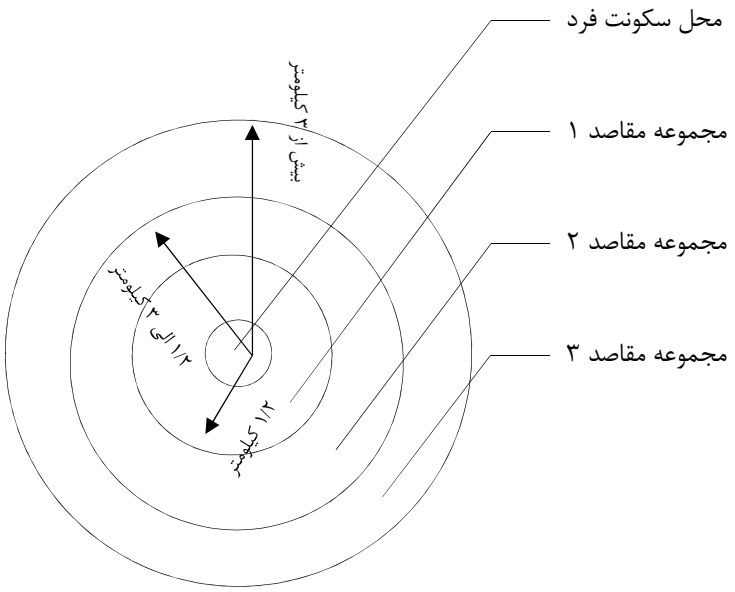
جدول ۱. تحلیل فراوانی سفرهای ساکنین شهر قزوین به تفکیک هدف سفر

ردیف	هدف سفر	فراوانی	فراوانی نسبی (٪)
۱	کاری	٤۵۲۲	۱۵/۱۵
۲	تحصیلی	٤۹۰٤	۱٦/٤۳
۳	خرید	۲۲۹۷	۷/۷۰
٤	مراجعه به ادارات	۵۷٤	۱/۹۲
۵	دیدار نزدیکان	۱۲۵۲	٤/۲۰
٦	تفریح یا زیارت	۹۱٤	۳/۰٦
۷	رساندن	۵۱۳	۱/۷۲
۸	بازگشت به منزل	۱٤٤۰۵	٤۸/۲۷
۹	موارد پزشکی	۲۹۸	۱/۰۰
۱۰	سایر	۱٦۱	۰/۵٤
	مجموع	**۲۹۸٤۰**	**۱۰۰**

به‌منظور جلوگیری از افزایش تعداد گزینه‌های پیشروی فرد، نواحی انتخاب مقصد طبق تحلیل‌های آماری صورت گرفته (فرزین، ۱۳۹٤) به سه منطقه بر اساس فاصله از محل سکونت تقسیم‌بندی شده است (شکل (۱)).

در این مقاله اطلاعات مربوط به افرادی که سفر خود را با یکی از شیوه‌های پیاده‌روی، اتومبیل شخصی و اتوبوس انجام داده‌اند، مورداستفاده قرار گرفته است. بنابراین انتخاب هم‌زمان مقصد و شیوه سفر فرد از میان ۹ گزینه صورت می‌گیرد.به‌منظور ساخت مدل‌های گوناگون در این مقاله از سه دسته متغیر مشخصات فردی (شامل سن، تحصیلات، شغل، وضعیت گواهینامه و جنسیت)، مشخصات خانوار (شامل بعد خانوار، تعداد مردان و زنان خانوار و تعداد اتومبیل تحت تملک خانواده) و اطلاعات سفر (شامل زمان عزیمت، فاصله هوایی، فاصله زمینی، نسبت مساحت تجاری مجموعه مقاصد به مساحت کل، زمان سفر با اتومبیل شخصی، زمان پیاده‌روی از/ به ایستگاه‌های اتوبوس، زمان

داخل و خارج از اتوبوس، زمان انتظار اولیه و کل زمان انتظار برای استفاده از اتوبوس و تعداد ایستگاه‌های آن) استفاده گردیده است. در جدول (۲) توصیف متغیرهای مورد استفاده به‌منظور بررسی سفرهای خرید بیان گردیده است و در جدول (۳) نتایج تحلیل آماری متغیرهای غیر مجازی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مجموعه انتخاب‌های مقصد فرد

جدول ۲. توصیف متغیرهای مدل‌سازی انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه در سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین

دسته	گروه	نماد متغیر	توصیف
مشخصات فردی	سن	Tee	اگر سن فرد کمتر از ۱۸ سال باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		You	اگر سن فرد بین ۱۹ الی ۲۵ سال باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Mat	اگر سن فرد بین ۲۶ الی ۵۵ سال باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Old	اگر سن فرد بیش از ۵۶ سال باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
	تحصیلات	Low	اگر تحصیلات فرد دیپلم و کمتر از آن باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Uni	اگر تحصیلات فرد بین دیپلم و لیسانس از آن باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Mas	اگر تحصیلات فرد بیش از لیسانس از آن باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
	شغل	Std	اگر فرد محصل باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Emp	اگر شغل فرد کارمند باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Hou	اگر شغل فرد خانه‌دار باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Ret	اگر شغل فرد بازنشسته باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Oth	اگر شغل فرد آزاد باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
	وضعیت گواهینامه	Yce	اگر فرد دارای گواهینامه باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
	جنسیت	Fem	اگر فرد زن باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)

دسته	گروه	نماد متغیر	توصیف
مشخصات فردی	مشخصات خانوار	Hsi	بعد خانوار فرد سفر کننده
		Nme	تعداد مردان خانوار فرد سفر کننده
		Nwo	تعداد زنان خانوار فرد سفر کننده
		Co	مالکیت خودرو در خانواده فرد سفر کننده
مشخصات سفر	زمان عزیمت	Mor	اگر زمان عزیمت فرد بین ۵ الی ۱۱:۵۹ باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Noo	اگر زمان عزیمت فرد بین ۱۲ الی ۱۴:۵۹ باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Aft	اگر زمان عزیمت فرد بین ۱۵ الی ۱۷:۵۹ باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Eve	اگر زمان عزیمت فرد بین ۱۸ الی ۱۹:۵۹ باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
		Nig	اگر زمان عزیمت فرد بین ۲۰ الی ۲۲ باشد (۱= بله، ۰= در غیر این صورت)
	متغیرهای شبکه	Adi	میانگین فاصله هوایی مبدأ تا مجموعه مقاصد
		Ldi	میانگین فاصله زمینی مبدأ تا مجموعه مقاصد
		Rct	نسبت مساحت تجاری مجموعه مقاصد به مساحت کل
		Trt	زمان سفر با اتومبیل شخصی
		Wal	زمان پیاده‌روی از/ به ایستگاه اتوبوس
		Out	زمان سفر خارج از اتوبوس
		Int	زمان انتظار اولیه به‌منظور سوارشدن به اتوبوس
		Inb	زمان سفر داخل اتوبوس
		Tot	کل زمان انتظار برای استفاده از اتوبوس
		Nbu	تعداد ایستگاه‌های اتوبوس از مبدأ تا مقصد

جدول ۳. تحلیل آماری متغیرهای غیرمجازی*

نماد متغیر	میانگین	انحراف معیار	نماد متغیر	میانگین	انحراف معیار
Adi	۲۶۳۶/۲٤	۱۵۸۱/۲۹	Inb	۹/۸۳	۵/۹۰
Ldi	۳۵٤۰/۷۸	۱۹۸۹/۵۰	Tot	۳/۸٤	۱/۷۱
Rct	۰/۰٦	۰/۰٤	Nbu	۱/۸۱	۰/۷۵
Trt	۸/۰٦	٤/۳٤	Hsi	۳/۹۳	۱/۱٦
Wal	۸/۳۰	۲/٤۱	Nme	۲/۱۷	۰/۹۵
Out	۱۲/۱٤	۳/۳۷	Nwo	۱/۷٦	۰/۸۲
Int	۱/٦۹	۰/۸۰	Co	۱/۱۱	۰/۳۵

***تعداد نمونه ۱۵۷۰ نفر- سفر**

در جدول (٤) تواتر گروه‌های مختلف در انتخاب مقصد و شیوه بیان گردیده است. همان‌گونه که از این جدول مشخص است، افراد با سن ۱۸ الی ۵۵ سال، دارای شغل آزاد و زمان عزیمت ۱۸-۱۹:۵۹ مجموعه مقاصد با فاصله ۱/۲ الی ۳ کیلومتری از محل سکونت خود را انتخاب می‌کنند و بیشترین فراوانی انتخاب مقاصد در فاصله‌ای بیش از ۳ کیلومتر از محل سکونت مربوط به افراد با سن بیش از ۵۵ سال، کارمندان، افراد دارای گواهینامه، زمان عزیمت بین

۱۲– ۱۷:۵۹ و افراد با تحصیلات عالی است. همچنین افـراد دارای گواهینامه، کارمندان، افراد با شغل آزاد و زمان عزیمت بین ۲۰ الی ۲۲ اتومبیـل شخصـی و افـراد دارای تحصـیلات عالی و زمان عزیمت ۱۲–۱٤:۵۹ اتوبوس را برای انجام سـفر خرید خود ترجیح می‌دهند.

جدول ٤. نتایج تحلیل فراوانی انتخاب مقصد و وسیله گروه‌های مختلف جمعیتی در قزوین به‌منظور انجام سفر خرید

فراوانی نسبی (٪)		انتخاب مقصد			انتخاب وسیله		
		مجموعه مقاصد ۱	مجموعه مقاصد ۲	مجموعه مقاصد ۳	پیاده‌روی	اتومبیل شخصی	اتوبوس
سن	نوجوان	٦۱/٦٤	۲۱/۹۲	۱٦/٤٤	۸۰/۸۲	۱۰/۲۷	۸/۹۱
	جوان	۲٦/٤۵	۳۸/۸٤	۳٤/۷۱	٤۷/۹۳	۲۳/۱٤	۲۸/۹۳
	میان‌سال	۳۳/۹٤	۳۵/٤۱	۳۰/٦۵	۵۰/۸۲	۲٦/۸٤	۲۲/۳٤
	مسن	۳۱/۰۸	۳۱/۰۸	۳۷/۸٤	٤۳/۲٤	۱۷/۵۷	۳۹/۱۹
تحصیلات	زیر دیپلم	۳٦/۵۵	۳۳/۸۰	۲۹/٦۵	۵۵/۷٤	۱۹/۷۹	۲٤/٤۷
	دیپلم تا کارشناسی	٤۰/۵٤	۲۱/٦۲	۳۷/۸٤	٤۸/۵۹	۱۰/۵٦	٤۰/۸۵
	تحصیلات عالیه	۷/۳۷	۳۳/٦۸	۵۸/۹۵	۷/۵۹	۱۸/۹۹	۷۳/٤۲
شغل	محصل	۵۳/۱٦	۲۲/۱۰	۲٤/۷٤	۷۳/۱٦	۱۵/۷۹	۱۱/۰۵
	کارمند	۲۱/۳۷	۳۷/٤۱	٤۱/۲۲	۲۲/۱٤	٦۲/۵۹	۱۵/۲۷
	خانه‌دار	۳۵/۵٦	۳۵/۲۳	۲۹/۲۱	۵۷/٦٤	۱۰/٤۸	۳۱/۸۸
	بازنشسته	۳۵/۷٦	۳۱/۱۳	۳۳/۱۱	٤۵/۷۰	٤۱/۰۵	۱۳/۲۵
	آزاد	۲۸/۸٦	۳۹/۸۰	۳۱/۳٤	۳٦/۳۲	۵۵/۲۲	۸/٤٦
زمان عزیمت	صبح	٤۲/٤۲	۳٤/۰۱	۲۳/۵۷	٦۱/۹۱	۱۸/٤۷	۱۹/٦۲
	ظهر	۲۳/۸۱	۳۳/۳۳	٤۲/۸٦	٤۱/۹۰	۱٦/۱۹	٤۱/۹۱
	عصر	۲۵/۹۱	۳٤/۱٤	۳۹/۹۵	۳۹/۲۳	۲٤/٤۵	۳٦/۳۲
	غروب	۳٤/۱۳	۳٤/۱۲	۳۱/۷۵	۵۱/٦٦	٤۲/۱۸	٦/۱٦
	شب	٤۱/۰۷	۳۳/۹۳	۲۵/۰۰	٤٦/٤۳	٤۸/۲۱	۵/۳٦
جنسیت	مرد	۳٦/۵۳	۳۲/۷۳	۳۰/۷٤	٤۵/۹۳	٤٤/٤۹	۹/۵۸
	زن	۳۵/۲۰	۳٤/۷۱	۳۰/۰۹	۵٦/۳٤	۱۳/۰۸	۳۰/۵۸

فراوانی نسبی (٪)		انتخاب مقصد			انتخاب وسیله		
		مجموعه مقاصد ۱	مجموعه مقاصد ۲	مجموعه مقاصد ۳	پیاده‌روی	اتومبیل شخصی	اتوبوس
وضعیت گواهینامه	دارای گواهینامه	۲۷/۰۵	۳٤/٤۲	۳۸/۵۳	۳٦/۲٦	٤٤/۷٦	۱۸/۹۸
	فاقد گواهینامه	٤۲/۷۱	۳۳/٦۸	۲۳/٦۱	٦٦/۰۹	۷/۲۹	۲٦/٦۲

جدول ۵. نتایج حاصل از مدل‌سازی انتخاب مقصد در سفرهای خرید شهر قزوین

گزینه	نماد متغیر	لوجیت چندجمله‌ای		مقدار حدی با ناهمسانی واریانس	
		ضریب	سطح معناداری	ضریب	سطح معناداری
مجموعه مقاصد ۱	Ldi/1000	-۰/۸۹	۰/۰۰۰۰	-۰/۲۹	۰/۰۰۰۰
	Rct	۱۲/۳۲	۰/۰۰۰۰	۱۰/۳۳	۰/۰۰۰۰
	Std	۰/٦۸	۰/۰۰۰٤	۰/۵۹	۰/۰۰۰۱
	Yce	-۰/٤۸	۰/۰۰۰۳	-۰/٤۹	۰/۰۰۰۰
مجموعه مقاصد ۲	Constant	۱/٤۳	۰/۰۰۰۰	۱/۱٦	۰/۰۰۰۰
	Ldi/1000	-۱/۲۷	۰/۰۰۰۰	-۱/۳۳	۰/۰۰۰۰
	Rct	۱٦/۰٤	۰/۰۰۰۰	۱۵/٤۹	۰/۰۰۰۰
	Noo	۰/۵۷	۰/۰۳۳٦	۰/٤۷	۰/۰٦۱٦
مجموعه مقاصد ۳	Ldi/1000	-۰/۲۲	۰/۰۰۰۰	-۰/۲۳	۰/۰۰۰۰
	Rct	۱۷/۸۹	۰/۰۰۰۰	۱۵/۸۵	۰/۰۰۰۰
	Mor	-۰/۷۳	۰/۰۰۰۰	-۰/٦۷	۰/۰۰۰۰
	Mat	-۰/۳۳	۰/۰٤۲٦	-۰/٤۳	۰/۰۰۱۳

۵- مدل‌سازی

همان‌طور که پیش‌تر بیان گردید، در این مطالعه فرد به‌منظور انتخاب مقصد و شیوه سفر خود سه گزینه پیش‌رو دارد. انتخاب مقصد از میان ۳ گزینه مجموعه مقاصد در فاصله کمتر از ۱/۲ کیلومتر، بین ۱/۲ الی ۳ کیلومتر و بیش از ۳ کیلومتری از محل سکونت و انتخاب وسیله از میان سه گزینه پیاده‌روی، اتومبیل شخصی و اتوبوس صورت می‌گیرد. بنابراین در انتخاب هم‌زمان شیوه- مقصد فرد با ۹ گزینه مواجه است. در شکل (۲) گزینه‌های پیشروی فرد در انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه بیان گردیده نشان داده شده است. در جداول (۵) الی (۷) نتایج مدل‌سازی انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه با استفاده از مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس بیان گردیده است.

شکل ۲. ساختار مورداستفاده در مدل‌سازی هم‌زمان انتخاب مقصد- شیوه سفر

جدول ٦. نتایج حاصل از مدل‌سازی انتخاب شیوه در سفرهای خرید شهر قزوین

گزینه	نماد متغیر	لوجیت چندجمله‌ای		مقدار حدی با ناهمسانی واریانس	
		ضریب	سطح معناداری	ضریب	سطح معناداری
پیاده‌روی	Ln(Trt)	-۱/۳۹	۰/۰۰۰۰	-۲/۵۰	۰/۰۰۰۵
	Adi/1000	-۰/٤۲	۰/۰۰۰۷	-۰/۹۷	۰/۰۰۳۱
	Std	۰/۹۳	۰/۰۰۰۱	۱/۵۵	۰/۰۰۱٤
	Mor	۰/٦۲	۰/۰۰۰۰	۱/۱٦	۰/۰۰۱۳
اتومبیل شخصی	Constant	-۲/٦۹	۰/۰۰۰۰	-٤/۹۹	۰/۰۰۳۵
	Yce	۱/۵۱	۰/۰۰۰۰	۲/۵٦	۰/۰۰۳۰
	Fem	-۱/٤۲	۰/۰۰۰۰	-۲/٤۰	۰/۰۰۰۳
	Low	-۰/۷۷	۰/۰۰۰۰	-۱/۲٦	۰/۰۰۳۸
	Eve	۰/٦٦	۰/۰۰۱٤	۱/٤۵	۰/۰۰٤۵
اتوبوس	Constant	-۳/۰۹	۰/۰۰۰۰	-٤/۲٤	۰/۰۰۰۰
	Ln(Trt)	۰/٦۵	۰/۰۰۰۰	۰/٦٤	۰/۰۳۳۰
	Nbu	-۰/۲۵	۰/۰۱۱۰	-۰/٤۵	۰/۰۹۲۷
	Hsi	-۰/۱۱	۰/۰۷۳٦	-۰/۱۷	۰/۰۰۹۸
	Co	-۰/٤۵	۰/۰٦۲۳	-۰/٦۱	۰/۰۸۳۸
	Nig	-۱/٤۸	۰/۰۱۹٦	-۱/۹۱	۰/۰۱۷۳

جدول ۷. نتایج حاصل از مدل‌سازی انتخاب هم‌زمان مقصد-شیوه در سفرهای خرید شهر قزوین

گزینه	نماد متغیر	لوجیت چندجمله‌ای		مقدار حدی با ناهمسانی واریانس	
		ضریب	سطح معناداری	ضریب	سطح معناداری
۱	Constant	۱/۵۹	۰/۰۰۰۰	۱/۳۹	۰/۰۰۰۰
	Trt	-۰/۸۲	۰/۰۰۰۰	-۰/۹٤	۰/۰۰۰۰
	Mor	۰/۷۱	۰/۰۰۰۰	۱/۳٤	۰/۰۰۰۰
۲	Fem	-۱/۸۳	۰/۰۰۰۰	-۱/۵٤	۰/۰۰۰۰
	Std	-۱/۷۱	۰/۰۰٤۰	-۱/۲۸	۰/۰۰۰۲
۳	Tot	-۱/۷۲	۰/۰۰۰۰	-۰/۵٤	۰/۰۰۰۹
	Trt	۰/۵۳	۰/۰۰۰۰	۰/۳۸	۰/۰۰۰۰
	Std	-۲/٤۱	۰/۰۱۹۲	-۲/۰۹	۰/۰۰٤۵
	Yce	-۲/۰۵	۰/۰۰۰۱	-۱/۰۰	۰/۰۰۵۸
٤	Constant	٤/۲۵	۰/۰۰۰۰	۳/۵۷	۰/۰۰۰۰
	Trt	-۰/۸۸	۰/۰۰۰۰	-۰/۸۳	۰/۰۰۰۰
	Int	۰/۳۳	۰/۰۰۲۱	۰/٤٦	۰/۰۰۰۲

گزینه	نماد متغیر	لوجیت چندجمله‌ای		مقدار حدی با ناهمسانی واریانس	
		ضریب	سطح معناداری	ضریب	سطح معناداری
۵	Fem	-۰/۹۷	۰/۰۰۰۰	-۱/۷۸	۰/۰۰۰۰
٦	Inb	-۰/۰۷	۰/۰۰۰۵	-۰/۱۰	۰/۰۰۹٤
۷	Trt	-۰/۰٤	۰/۰۲٤٤	-۰/۰۹٦	۰/۰۱۹٤
۸	Yce	۱/۲۹	۰/۰۰۰۰	۱/۸۵	۰/۰۰۰۰
۹	Trt	۰/۲٤	۰/۰۰۰۰	۰/۱۹	۰/۰۰۰۰
	Out	-۰/۱۵	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۵	۰/۰۰٦۹
تمامی گزینه‌ها	Ldi/1000	-۰/۲۹	۰/۰۰۰۰	-۰/۳۰	۰/۰۰۰۰
	Rct	۲۰/٤٦	۰/۰۰۰۰	۲٤/۳۲	۰/۰۰۰۰

جدول ۸. بررسی کار آیی مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین

نوع انتخاب	ضابطه ارزیابی	لوجیت چندجمله‌ای	مقدار حدی با ناهمسانی واریانس	میزان بهبود (درصد)
انتخاب مقصد	$LL(\beta)$	-۱۱۳۱/۰۸	-۱۱۲۵/٤۷	۰/۵
	ρ_c^2	۰/۳٤۲۹	۰/۳٤٦۱	۰/۹
	ρ_0^2	۰/۳٤٤۲	۰/۳٤۷۵	۱/۰
	$\overline{\rho}_c^2$	۰/۳۳۷۳	۰/۳٤٤٦	۲/۲
انتخاب شیوه	$LL(\beta)$	-۱۰۵۹/۹	-۱۰۱۱/۳۵	٤/٦
	ρ_c^2	۰/۳۳۷۹	۰/۳٦۸۲	۹/۰
	ρ_0^2	۰/۳۸۵۵	۰/٤۱۳۷	۷/۳
	$\overline{\rho}_c^2$	۰/۳۷۷٤	۰/٤۱۰۵	۸/۸
انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه	$LL(\beta)$	-۱۸٤۵/۸۲	-۱۹۹٦/۳۵	-۸/۲
	ρ_c^2	۰/۳۸۰٤	۰/۳۲۹۹	-۱۳/۳
	ρ_0^2	۰/٤٦٤۹	۰/٤۲۱۳	-۹/٤
	$\overline{\rho}_c^2$	۰/٤۵٦۸	۰/٤۱۹۸	-۸/۱

در مدل انتخاب مقصد سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین در تمامی گزینه‌ها متغیرهای میانگین فاصله زمینی از مبدأ تا مجموعه مقاصد و نسبت مساحت تجاری مجموعه مقاصد به مساحت کل آن‌ها استفاده گردیده است. ضریب این دو متغیر به ترتیب منفی و مثبت حاصل شده است. این امر معقول است زیرا با افزایش فاصله مطلوبیت کاهش و با افزایش سرانه تجاری مطلوبیت مقصد افزایش می‌یابد. همچنین نتایج مدل‌سازی حاکی از آن است که محصلان تمایل بیشتری به انتخاب مجموعه مقاصد در فاصله کمتر از ۱/۲ کیلومتری از محل سکونت خود دارند. این مجموعه مقاصد برای افراد دارای گواهینامه مطلوبیت کمتری دارد. گرایش افراد به انتخاب مجموعه مقاصد در فاصله ۱/۲ الی ۳ کیلومتری از محل سکونت در بازه زمانی ۱۲-۱٤:۵۹ افزایش می‌یابد و که در بازه زمانی ۵-۱۱:۵۹ مطلوبیت مجموعه مقاصد ۳ کاهش می‌یابد. با بررسی نتایج مدل‌سازی انتخاب شیوه در سفرهای خرید ساکنین قزوین مشاهده می‌گردد، محصلان تمایل بیشتری به استفاده از شیوه پیاده‌روی به‌منظور انجام سفر خرید خود دارند. چنانچه سفر خرید در بازه زمانی ۵ الی ۱۱:۵۹ یا ۱۸-۱۹:۵۹ صورت پذیرد، به ترتیب مطلوبیت پیاده‌روی و اتومبیل شخصی افزایش می‌یابد و ساکنین شهر قزوین گرایش کمتری به استفاده از اتوبوس در بازه زمانی۲۰-۲۲ دارند. زنان و افراد با سطح تحصیلات کم تمایل کمتری به استفاده از اتومبیل شخصی دارند و مطلوبیت اتوبوس برای افراد با خانواده پرجمعیت و دارای اتومبیل شخصی، کاهش می‌یابد. ضریب متغیر لگاریتم طبیعی زمان سفر با اتومبیل شخصی در گزینه‌های پیاده‌روی و اتوبوس به ترتیب منفی و مثبت حاصل گردیده است. این بدان معناست با افزایش زمان سفر با اتومبیل شخصی، افراد تمایل بیشتری

به استفاده از اتوبوس و تمایل کمتری به پیاده‌روی نسبت به اتومبیل شخصی دارند. به‌منظور بررسی انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه در سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین دو متغیر میانگین فاصله زمینی از مبدأ تا مجموعه مقاصد و نسبت مساحت تجاری مجموعه مقاصد به مساحت کل آن‌ها به‌عنوان متغیر عام در تمامی ۹ گزینه استفاده گردیده است. ضرایب این دو متغیر به ترتیب منفی و مثبت حاصل شده که مطابق انتظار است. همچنین نتایج بیانگر این است افراد دارای گواهینامه تمایل کمتری به انتخاب گزینه ۳ و گرایش بیشتری به انتخاب گزینه ۸ دارند. مطلوبیت گزینه‌های (مجموعه مقاصد ۱، اتومبیل شخصی) و (مجموعه مقاصد ۲، اتومبیل شخصی) برای بانوان کمتر از سایر گزینه‌ها است. چنانچه فردی قصد انجام سفر خرید در صبح را داشته باشد، ترجیح می‌دهد مجموعه مقاصد در فاصله کمتر از ۱/۲ کیلومتری و شیوه پیاده‌روی را انتخاب نماید. ضریب متغیر زمان سفر با اتومبیل شخصی در گزینه‌های ۱، ٤ و ۷ منفی و در گزینه‌های ۳ و ۹ مثبت حاصل گردیده است. این بدان معناست با افزایش زمان سفر با اتومبیل شخصی به‌منظور رسیدن به مقاصد، مطلوبیت پیاده‌روی نسبت به اتومبیل شخصی کاهش و اتوبوس نسبت به آن افزایش می‌یابد. ازآنجاکه هدف از این مقاله بررسی منظور کردن ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها در کار آیی مدل انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه است، مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در این سه انتخاب بررسی گردیده‌اند. ارزیابی مدل‌ها بر اساس ضوابط $LL(\beta)$، ρ_c^2، ρ_0^2 و $\overline{\rho}_c^2$ در جدول (۸) بیان شده است. همان‌طور که از این جدول مشخص است، قدرت توضیح‌دهندگی مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس نسبت به لوجیت چندجمله‌ای در انتخاب مقصد تفاوت اندکی کرده و در انتخاب شیوه بیشتر شده است. درحالی‌که در انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه، مدل لوجیت چندجمله‌ای به نتایج بهتری منجر می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت با افزایش تعداد گزینه‌های انتخاب، در نظرگیری توزیع‌های متفاوت گامبل در عبارت‌های خطای تابع مطلوبیت و در پی آن لحاظ‌نمودن ناهمگونی غیر سیستماتیک گزینه‌ها بر کار آیی مدل نمی‌افزاید. به عبارتی گزینه‌های انتخاب مقصد و شیوه سفرهای خرید، خود دارای ناهمگونی غیر سیستماتیک ولی در انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه دارای واریانس یکسان عبارت خطای تابع مطلوبیت است. به‌منظور کاهش بعد مجموعه انتخاب‌های فرد در انتخاب مقصد در این مقاله تنها سه گزینه انتخاب منظور گردید. به‌منظور نیل به این هدف به‌عنوان‌مثال تمامی نواحی شهر قزوین در فاصله کمتر از ۱/۵ کیلومتری از محل سکونت فرد به‌عنوان گزینه‌ای واحد در مجموعه انتخاب وی قرار گرفت. با این شیوه تمامی این نواحی، منطقه‌ای یکتا و همگون فرض شده است. با توجه به جدول (۸) در انتخاب مقصد تفاوت زیادی میان دو مدل پرداخت‌شده مشاهده نگردیده و مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس باعث بهبود کمی نسبت به مدل لوجیت چندجمله‌ای شده است. این بدان معناست که با تقریب خوبی می‌توان بیان نمود ساکنین شهر قزوین به‌منظور انتخاب مقصد سفر خرید خود واریانس‌های به نسبت یکسانی برای عبارت خطای تابع مطلوبیت سه گزینه در فاصله کمتر از ۱/۵ بین ۱/۵ تا ۳ و بیش از ۳ کیلومتری از محل سکونت خود در نظر می‌گیرند. ساکنین شهر قزوین به‌منظور انتخاب شیوه سفر خرید خود عوامل مشاهده نشده را در گزینه‌های مختلف با واریانس‌های متفاوت در نظر می‌گیرند. بدین دلیل اختلاف‌سلیقه غیر سیستماتیک در انتخاب شیوه سفر ظهور پیدا می‌کند و مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس به نتایج بهتری نسبت به مدل لوجیت چندجمله‌ای منجر می‌گردد. چنانچه خرید کنندگان قزوین با تعدد گزینه‌ها مواجه باشد، تنها به مستقل بودن عبارت خطا توجه می‌کند و برای این عبارت در گزینه‌های مختلف پراکندگی یکسانی منظور

می‌کنند. به این دلیل در انتخاب هم‌زمان مقصد و شیوه مدل لوجیت چندجمله‌ای نتایج بهتری نسبت به مقدار حدی با ناهمسانی واریانس را در برداشت و لحاظ کردن ناهمگونی غیر سیستماتیک بر کار آیی مدل نه تنها نیافزود بلکه باعث کاهش آن شد. نتایج این مقاله می‌تواند مورداستفاده سیاست‌گذاران حمل‌ونقل قرار گیرد. چنانچه هدف کشف عوامل مؤثر بر انتخاب مقصد و شیوه به‌صورت جداگانه باشد، مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس نتایج بهتری را در بر خواهد داشت و چنانچه عوامل مؤثر بر انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه مدنظر باشد، پیشنهاد می‌گردد از مدل لوجیت چندجمله‌ای که دارای فرم بسته، تفسیر آسان و هزینه محاسباتی به مراتب کمتر از مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس است، استفاده شود.

٦- نتیجه‌گیری

بررسی تقاضای سفر به‌عنوان یکی از مراحل مهم برنامه‌ریزی حمل‌ونقل محسوب می‌شود. انتخاب مقصد و شیوه در میان چهار مرحله کلاسیک حمل‌ونقل اهمیت ویژه‌ای به دلیل قابلیت سیاست پذیری بیشتر دارد. اکثر محققان به‌منظور بررسی این دو بعد از انتخاب، از مدل لوجیت چندجمله‌ای استفاده نموده‌اند. این مدل با وجود دارا بودن سادگی و فرم بسته، از فرض توزیع مستقل و یکسان گامبل در عبارت خطای تابع مطلوبیت گزینه‌ها رنج می‌برد. با لحاظ نمودن توزیع مستقل و غیر یکسان، این فرض محدودکننده تا حدودی برطرف می‌گردد. مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس با اختصاص واریانس‌های متفاوت به توزیع گامبل عبارت خطا، توزیع‌های مستقل و متفاوتی را برای گزینه‌ها منظور می‌نماید. هدف از این مقاله مقایسه کار آیی مدل لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس در انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین است. بدین منظور با بهره‌گیری از مزیت پاسخ‌های رفتاری مدل‌های ناهمفزون (اطلاعات در سطح فردی)، برای هر فرد سه گزینه پیاده‌روی، اتومبیل شخصی و اتوبوس به‌منظور انتخاب شیوه منظور گردیده است. از دیگر ویژگی‌های این پژوهش، برخلاف مطالعات قبلی که انتخاب مقصد از میان نواحی صورت می‌گرفت، فرد در انتخاب مقصد خود با سه گزینه بر اساس فاصله تا محل سکونت خود مواجه است. درنتیجه فرد انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه سفرهای خرید خود را از میان ۹ گزینه انجام می‌دهد. بررسی نتایج مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای و مقدار حدی با ناهمسانی واریانس بر اساس معیارهای ارزیابی مانند لگاریتم درستنمایی و انواع ضرایب نیکویی برازش نشان از عدم تفاوت زیاد در انتخاب مقصد داشته و در انتخاب شیوه مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس کارآتر از مدل لوجیت چندجمله‌ای بود. این امر در انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه نتیجه‌ای معکوس داد. این بدان معناست که لحاظ نمودن توزیع مستقل و غیر یکسان در انتخاب شیوه (مقصد) به کار آیی مدل (تا حدودی) می‌افزاید، درحالی‌که با این فرض مدل انتخاب هم‌زمان مقصد- شیوه باعث کاهش کار آیی مدل می‌شود. به‌منظور انجام مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردد، به بررسی ابعاد بیشتری از سفر به‌مانند انتخاب زمان عزیمت، مقصد و شیوه با استفاده از مدل مقدار حدی با ناهمسانی واریانس پرداخته شود و اثر لحاظ نمودن توزیع مستقل و غیر یکسان را در این ابعاد به‌تنهایی و همچنین هم‌زمان بررسی کرد. همچنین با استفاده از مدل لوجیت ترکیبی ناهمگونی سیستماتیک سفر کنندگان در انتخاب مقصد و شیوه سفرهای خرید ساکنین شهر قزوین بررسی گردد. در این پژوهش تنها فرض یکسان بودن توزیع گامبل عبارت خطا در مدل لوجیت چندجمله‌ای آزاد گردید. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعد به بررسی انتخاب مقصد، شیوه و هم‌زمان مقصد- شیوه با فرض توزیع وابسته و یکسان (لوجیت آشیانه‌ای) و توزیع وابسته و غیر یکسان (پروبیت) مبادرت گردد و کار آیی این مدل‌ها با مدل ساده لوجیت چندجمله‌ای مقایسه شود.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Sequential
2. Simultaneous
3. Heteroscedastic Extreme Value
4. Negative Exponential Model
5. Oddball Alternative
6. Revealed Preference
7. Stated Preference

8. Attractiveness
9. Type I extreme value distribution
10. Generalized Extreme Value (GEV) Models

۸- مراجع

-"درگاه ملی مرکز ملی آمار"، آخرین بازدید خردادماه ۱۳۹۷، به نشانی https://www.amar.org.ir/.

-فرزین، الف.، (۱۳۹٤) ، "مقایسه و ارزیابی مدل‌های مرحله‌ای و هم‌زمان انتخاب مقصد و شیوه سفر (نمونه موردی سفرهای خرید شهر قزوین)". پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران- حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

-"ساخت و پرداخت مدل‌های تقاضای سفر"، (۱۳۹۰)، گزارش شماره ۳-۱۰-۲، پروژه مطالعاتی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک مجموعه شهری قزوین. شهرداری قزوین، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک.

-Bhat, C. R. (1995), "A heteroscedastic extreme value model of intercity travel mode choice". Transportation Research Part B: Methodological, No. 29, pp.471-483.

-Chen, C., Chorus, C., Molin, E. and Van Wee, B. (2016), "Effects of task complexity and time pressure on activity-travel choices: heteroscedastic logit model and activity-travel simulator experiment". Transportation, No. 43, pp.455-472.

-Chen, X., Liu, X. and Li, F. (2013), "Comparative study on mode split discrete choice models". Journal of Modern Transportation, No. 21, pp.266-272.

-Daganzo, C. (2014), "Multinomial probit: the theory and its application to demand forecasting". Academic Press, New York.

-del Castillo, J. M. (2016), "A class of RUM choice models that includes the model in which the utility has logistic distributed errors". Transportation Research Part B: Methodological, No. 91, pp.1-20

-Hensher, D. A. (1997), "A practical approach to identifying the market potential for high speed rail: a case study in the Sydney-Canberra corridor". Transportation Research Part A: Policy and Practice, No. 31, pp.431-446.

-Hensher, D. A. (2000), "The valuation of travel time savings for urban car drivers: evaluating alternative model specifications". Institute of Transport Studies Working Paper.

-Kristoffersson, I., Daly, A. and Algers, S. (2017), "Modelling the attraction of shopping centres" (No. 2017: 1). CTS-Centre for Transport Studies Stockholm (KTH and VTI).

-Kunhikrishnan, P. and Srinivasan, K. K. (2017), "Choice set variability and contextual heterogeneity in work trip mode choice in Chennai city". Transportation Letters, No. 9, pp.1-16.

-Munizaga, M. A., Heydecker, B. G. and de Dios Ortúzar, J. (2000), "Representation of heteroskedasticity in discrete choice models". Transportation Research Part B: Methodological, No. 34, pp.219-240.

-Nicolau, J. L. and Más, F. J. (2008), "Sequential choice behavior: Going on vacation and type of destination", Tourism management, 29(5), pp.1023-1034.

-Ortúzar, J. D. D. and Willumsen, L. G. (2011), "Modelling Transport". 4th Edition, United Kingdom: John Wiley & Sons.

-Recker, W. W. (1995), "Discrete choice with an oddball alternative". Transportation Research Part B: Methodological, No. 29, pp.201-211.

-Suel, E. and Polak, J. W. (2017), "Development of joint models for channel, store, and travel mode choice: Grocery shopping in London", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 99, pp.147-162.

-Teodorovic, D. and Janic, M. (2016), "Transportation Engineering: Theory, Practice and Modeling". Butterworth-Heinemann.

-Train, K. E. (2009), "Discrete choice methods with simulation". United Kingdom. Cambridge university press.

-Vovsha, P., Gliebe, J., Petersen, E. and Koppelman, F. (2005), "Sequential and simultaneous choice structures for modeling intra-household interactions in regional travel models", Transportation Research Record, Journal of Transportation Research Board, No.2050, pp. 223-257.