

## بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب وسیله نقلیه شخصی برای سفرهای برون شهری تهران با استفاده از مدل‌های *GLM*\*

هادی گنجی زهرایی، عضو هیأت علمی، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران  
سید محمد سادات حسینی، عضو هیأت علمی، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران  
عبدالرضا رضایی ارجودی، کارشناس، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران  
E-mail: ganjihadi@gmail.com

### چکیده

در این مقاله با استفاده از خانواده مدل‌های خطی تعمیم یافته (*GLM*)، مدلی برای عوامل تأثیرگذار بر انتخاب وسیله نقلیه شخصی، برای سفرهای برون شهری ساکنان شهر تهران برآورد شده است. به این منظور با توجه به خصوصیات سفر و فرد سفرکننده، مدل مناسب برآورد داده شده است. برای جمع آوری اطلاعات مربوط به سفرهای برون شهری ساکنان شهر تهران طی یکسال گذشته (1384-1383)، تعداد 434 پرسش نامه در بین دانش آموزان شهر تهران توزیع شده و از آنان خواسته شده تا یکی از پرسشنامه‌ها را براساس سفرهای خانواده خود و دیگری را براساس سفرهای همسایه خود تکمیل کنند. ضمن بررسی توصیفی داده‌ها، با استفاده از مدل‌های *Loglinear* به این موضوع پرداخته شده است که ناحیه سفر، هدف سفر و زمان سفر چه تأثیری در انتخاب وسیله نقلیه شخصی برای سفرهای برون شهری داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: وسیله سفر، هدف سفر، زمان سفر، جداول توافق، مدل خطی تعمیم یافته، *Loglinear*.

### 1. مقدمه

مناسب‌تر حمل و نقلی نیز اهمیت بسزایی در برنامه ریزی حمل و نقل دارد. همچنین با این پیش‌بینی می‌توان برای مدیریت سفرها که در مدیریت تقاضای سفر<sup>2</sup> حایز اهمیت است، تصمیم‌گیری کرد [1 و 2]. بر اساس آمارهای موجود در کشور، مسافرین جابه‌جا شده با احتساب سفرهای عمومی با صورت وضعیت و بدون صورت وضعیت، 409/3 میلیون نفر در سال 1383 بوده که با احتساب سفرهای یادشده و سفرهای اختصاصی و سواری‌های

امروزه استفاده از وسیله نقلیه شخصی به منظور انجام سفرهای برون شهری، یکی از مشکلات عمده در مدیریت ترافیک و به تبع آن ایمنی راه‌هاست. همچنین نپرداختن هزینه‌های مربوط به زیر ساخت‌ها از طرف استفاده‌کنندگان، هزینه‌ای پرداخت نشده است که به اجتماع تحمیل می‌شود. از سوی دیگر استفاده از حمل و نقل عمومی برای مسافرت‌های برون شهری نیز شرایط و ویژگیهای خاص خود را دارد. پیش‌بینی رفتار افراد در انتخاب وسیله سفر به منظور برنامه ریزی در راستای ارائه خدمات

جدول 1. جدول توافقی 2x2

| X \ y | 1        | 2        | مجموع    |
|-------|----------|----------|----------|
| 1     | $n_{11}$ | $n_{12}$ | $n_{1.}$ |
| 2     | $n_{21}$ | $n_{22}$ | $n_{2.}$ |
| مجموع | $n_{.1}$ | $n_{.2}$ | $n_{..}$ |

نسبت بخت های متقاطع به صورت زیر تعریف می شود:  
 (1)

$$\theta = \frac{\pi_{11}\pi_{22}}{\pi_{21}\pi_{12}}$$

به طوری که  $\pi_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{i.}}$  است. نسبت بخت های متقاطع می تواند هر عدد مثبتی باشد. در حالت استقلال دو متغیر  $\theta = 1$  است. در صورتی که  $\theta > 1$  باشد، آنگاه تعداد پاسخ های مورد انتظار در ردیف اول، بیشتر از تعداد پاسخ های مورد انتظار در ردیف دوم است. به عبارت دیگر تعداد افراد مورد انتظار جهت پاسخ دادن به سطح 1 از ردیف اول بیشتر از سطح دوم است و در حالتی که  $0 < \theta < 1$  عکس این موضوع اتفاق می افتد. در حالت کلی فرمول محاسبه میزان ارتباط در یک جدول توافقی  $i \times j$  بعدی به صورت زیر است:  
 (2)

$$\theta_{ij} = \frac{\pi_{ij}\pi_{i'j'}}{\pi_{i'j}\pi_{ij'}}$$

زمانی که تعداد متغیرهای مورد بررسی بیش از دو و تعداد سطوح نیز زیاد باشد، محاسبات مربوط به جدول توافقی و تفسیرهای آن مشکل است [7]. از این رو از مدل های *GLM* استفاده می شود. این مدل های تعمیم یافته خطی (*GLM*)<sup>2</sup> در ابتدا توسط نلدر<sup>4</sup> و ودربرن<sup>5</sup> در سال 1972 معرفی شده اند. مدل ها سه جزء دارند [8 و 7].

- 1- جزء تصادفی که معرف تابع توزیع متغیر پاسخ است.
  - 2- جزء سیستماتیک که مشخص کننده تابع خطی از متغیرهای توضیحی و یا همان پیش بینی کننده ها است.
  - 3- تابع پیوند که بیان کننده تابع ارتباطی، بین جزء سیستماتیک و مقدار مورد انتظار از جزء تصادفی است.
- در کلیه مدل های تصادفی این فرضیه وجود دارد که جزء تصادفی از خانواده تابع توزیع نمایی است که دربرگیرنده طیف وسیعی از تابع توزیع ها از جمله پواسون و دو جمله ای است.

شخصی، تعداد مسافرین جابه جا شده در همان سال 726/5 میلیون نفر تخمین زده شده است [3]. مدیریت این تعداد سفر به منظور پاسخ گویی به تقاضای موجود و نحوه برنامه ریزی برای پیش بینی سفرهای آینده از اهمیت خاصی برخوردار است. انتخاب نوع وسیله سفر، یکی از فرآیندهایی است که به عوامل زیادی بستگی دارد که در علوم اقتصادی در مبحث بیشینه کردن مطلوبیت فرد از انتخاب یک کالا و یا خدمات مطرح می شود [4].

سه مؤلفه اصلی در انتخاب وسیله سفر عبارتند از: مشخصات سفر، خصوصیات وسیله سفر و خصوصیات اقتصادی- اجتماعی فرد سفرکننده، که در بر گیرنده عواملی چون ایمنی وسیله نقلیه، زمان سفر، مدت اقامت، هدف سفر، مقصد سفر، جنسیت فرد سفرکننده، میزان تحصیلات و دارا بودن وسیله نقلیه شخصی است [1 و 4]. با توجه به نبود اطلاعات ثبت شده در مورد اهداف سفر در کشور، در این تحقیق با استفاده از پرسش نامه اطلاعات مورد نیاز جمع آوری شده است. با استفاده از مدل های *Loglinear*، میزان ارتباط و تأثیرگذاری بین هر یک از عوامل هدف سفر، ناحیه سفر و زمان سفر بر روی تعداد افراد استفاده کننده از وسیله نقلیه شخصی برای سفرهای برون شهری تهران بررسی شده است.

## 2. مدل *Loglinear*

انتخاب مدل برای بررسی ارتباط بین متغیرهای تحقیق، بر اساس نوع متغیرها از نظر کمی و کیفی مشخص می شود. از جمله دلایل این کار بررسی نیکویی برازش مدل از طریق تحلیل باقیمانده ها است  $\varepsilon \stackrel{i.i.d}{\cong} N(0, \sigma_a^2)$ . زمانی که متغیر پاسخ و مستقل کیفی باشند، شرایط اولیه نیکویی برازش از جمله ثابت بودن واریانس باقیمانده ها را ندارند، بنابراین باید از ابزارهای مناسب آن یعنی جدول توافقی استفاده کرد. در این جداول شاخصه خاصی برای تعیین متغیر وابسته و مستقل وجود ندارد [5]. بررسی این جداول به منظور تعیین میزان ارتباط متغیرها در سطوح مختلف است. از برآورد گرهایی که به منظور اندازه گیری و تعیین ارتباط بین متغیرها مورد استفاده قرار می گیرد، نسبت بخت های متقاطع<sup>3</sup> است [6 و 7]. به طور نمونه در یک جدول توافقی 2x2 به صورت زیر:

$$m_{ij} = n\pi_i\pi_j \quad (5)$$

$$\ln(m_{ij}) = \ln(n) + \ln(\pi_i) + \ln(\pi_j) \quad (6)$$

$$\ln(m_{ij}) = \lambda + \lambda_i^x + \lambda_j^y \quad (7)$$

به طوری که:

$$\lambda_i^x = \ln(\pi_i) - \left( \frac{\sum \ln(\pi_h)}{I} \right) \quad (8)$$

$$\lambda_j^y = \ln(\pi_j) - \left( \frac{\sum \ln(\pi_h)}{J} \right) \quad (9)$$

$$\lambda = \ln(n) + \frac{\sum \ln(\pi_h)}{I} + \frac{\sum \ln(\pi_h)}{J} \quad (10)$$

پارامترهای  $\{\lambda_i^x\}, \{\lambda_j^y\}$  مقدار انحراف از میانگین دارند و شرط  $\sum \lambda_i^x = \sum \lambda_j^y = 0$  را دارند. بنابر این  $I-1$  سطر و  $J-1$  ستون مستقل وجود دارد.  $\{\lambda_i^x\}, \{\lambda_j^y\}$  به تعداد مشاهدات موجود برای مقادیر مختلف  $X, Y$  بستگی دارد. به طور مثال اگر  $\lambda_i^x > 0$  باشد، در این صورت متوسط تعداد فراوانی مورد انتظار برای سلول‌ها در سطح  $I$  بیشتر از تعداد فراوانی مورد انتظار در کل جدول است.

به طور کلی پارامترهای مدل *Loglinear* تابعی از نسبت بختهای متقاطع اند [12]. زمانی که  $\lambda$  (برای هر سطح و متغیری) صفر باشد، در حقیقت نسبت بختهای دو متغیر در هر سطح یکسان است و در صورتی که  $\lambda$  برای هر اثر متقابل صفر باشد، نشان دهنده برابری نسبت بختها در سطوح مختلف متغیر سوم است.

فرم کلی مدل *Loglinear* برای دو متغیر توضیحی به ترتیب در  $I$  و  $J$  سطح، به شکل زیر است:

$$\ln(m_{ij}) = \mu + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} \quad (11)$$

که در آن:

$m_{ij}$  لگاریتم تعداد مشاهدات مورد انتظار در سلول  $i$  و  $j$  است.

$\mu$  میانگین در سطح کل مشاهدات،

$\lambda_i^A$  میزان تاثیر متغیر  $A$  در سطح  $i$ ، بر روی فراوانی سلول (اثر سطری)

$\lambda_j^B$  میزان تاثیر متغیر  $B$  در سطح  $j$ ، بر روی فراوانی سلول (اثر ستونی)

$\lambda_{ij}^{AB}$  اثر متقابل دو متغیر  $A, B$  در دو سطح  $i$  و  $j$  است.

مدل فوق یک مدل اشباع شده است، به این معنی که تمام اثرات تکی و متقابل را در بر می‌گیرد. بررسی مدل‌های مختلف

$$f(y_i, \theta_i) = a(\theta_i)b(y_i)EXP(y_iQ(\theta_i)) \quad (3)$$

در رابطه 1، پارامتر  $\theta_i$  برای  $i = 1, \dots, N$  متغیر بوده و به متغیرهای توضیحی دیگری بستگی دارد.

جزء سیستماتیک *GLM* ارتباط دهنده بردار  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$  به متغیرهای توضیحی از طریق یک مدل خطی است.

$$\theta = X\beta \quad (4)$$

در رابطه 2،  $X$  ماتریس طرح و در برگیرنده متغیرهای توضیحی،  $\beta$  بردار پارامتر  $\theta$  بردار پیش بینی کننده خطی نامیده می‌شود. جزء سوم *GLM*، ارتباط دهنده بین جزء تصادفی و سیستماتیک است. فرمت کلی مدل در شکل شماره 1 نشان داده شده است.

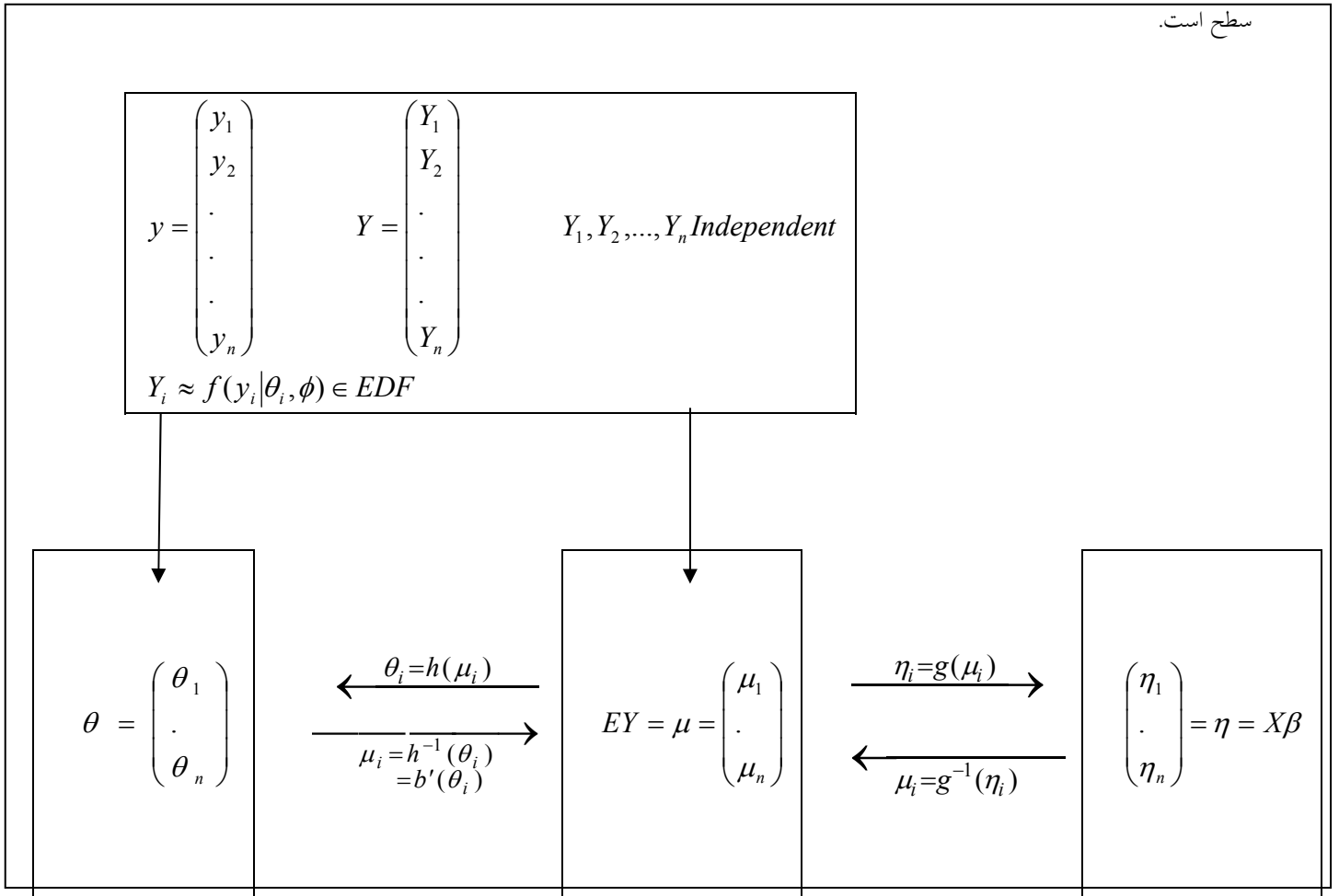
مدل *Loglinear* یکی از حالت‌های خاص مدل‌های تعمیم یافته برای داده‌های گسسته با تابع توزیع پواسون (و یا چند متغیره) است [9]. مدل *Loglinear* تعمیمی بر روش تجزیه و تحلیل جداول توافقی  $2 \times 2$  است، به گونه‌ای که ارتباط شرطی بین دو و یا چند متغیر تصادفی گسسته را از طریق گرفتن لگاریتم از فراوانی هر سلول جدول توافقی، مورد بررسی قرار می‌دهد. تمام متغیرهای بکار رفته در مدل بر اساس شرایط می‌توانند به عنوان متغیر پاسخ، منظور شوند و هیچ گونه محدودیتی برای آن وجود ندارد، از این رو مدل‌های *Loglinear* بیان کننده ارتباط بین متغیرها در سطوح مختلف است. مدل‌ها بر اساس توزیع‌های کناری برآزش داده شده بر روی متغیرها تغییر می‌کنند و بر اساس ارتباط و اثرات متقابلی که در بین داده‌ها مشاهده می‌شود، تفسیر می‌شوند. با استفاده از این مدل‌ها تعداد فراوانی مورد انتظار سلول‌ها پیش بینی می‌شود [10]. به طور مثال فرض کنید که نمونه‌ای تصادفی از جامعه‌ای  $N = IJ$  سلول از یک جدول توافقی گرفته شده است.  $\{\pi_{ij}\}$  نشان دهنده فرم احتمال توزیع توأم دو متغیر گسسته است.

بر اساس تعریف دو متغیر تصادفی از یکدیگر مستقل هستند اگر  $\pi_{ij} = \pi_i\pi_j$  برای  $i = 1 \dots I, j = 1 \dots J$  باشد [11]. از طرف دیگر تعداد فراوانی مورد انتظار در سلول مربوطه برابر است با  $\{m_{ij} = n\pi_{ij}\}$  که بر اساس فرض استقلال  $\{m_{ij} = n\pi_i\pi_j\}$  برای تمامی  $i, j$ ‌ها است. با استفاده از مدل *Loglinear* برای این جدول توافقی داریم:

بر اساس آزمون فرض‌های سلسله مراتبی است. جدول 2، جدول

توافقی است با سه متغیر  $X, Y, Z$  که به ترتیب در  $I, J, K$

سطح است.



شکل 1. فرآیند برازش مدل‌های GLM

جدول 2. جدول توافقی  $3 \times 3$

|   |   | Z     |           |           |   |           | مجموع     |
|---|---|-------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|
|   |   | 1     | 2         | 0         | K |           |           |
| X | 1 | 1     | $x_{111}$ | $x_{112}$ | 0 | $x_{11k}$ | $x_{11.}$ |
|   |   | 2     | $x_{121}$ | $x_{12}$  | 0 | $x_{12k}$ | $x_{12.}$ |
|   |   | 0     | 0         | 0         | 0 | 0         | 0         |
|   |   | J     | $x_{1j1}$ | $x_{1j2}$ | 0 | $x_{1jk}$ | $x_{1j.}$ |
|   |   | مجموع | $x_{1.1}$ | $x_{1.2}$ | 0 | $x_{1.k}$ | $x_{1..}$ |
|   | 0 | 0     | 0         | 0         | 0 | 0         |           |
|   | I | 1     | $x_{i11}$ | $x_{i12}$ | 0 | $x_{i1k}$ | $x_{i1.}$ |
|   |   | 2     | $x_{i21}$ | $x_{i2}$  | 0 | $x_{i2k}$ | $x_{i2.}$ |
|   |   | 0     | 0         | 0         | 0 | 0         | 0         |
|   |   | J     | $x_{ij1}$ | $x_{ij2}$ | 0 | $x_{ijk}$ | $x_{ij.}$ |

|  |  |       |           |           |   |           |           |
|--|--|-------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|
|  |  | مجموع | $x_{i,1}$ | $x_{i,2}$ | 0 | $x_{i,k}$ | $x_{i..}$ |
|--|--|-------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|

1- در نظر گرفتن تعداد کل سفرهای انجام شده از شهر تهران طی سال گذشته (1384) به عنوان جامعه مورد بررسی.

2- تعداد خانوار موجود در شهر تهران به عنوان جامعه مورد بررسی.

روش اول به دلیل ثبت نشدن آمار و اطلاعات مربوط قابل اجرا نیست، از این رو، رویکرد دوم به عنوان جامعه مورد بررسی در نظر گرفته شده است. برای برآورد تعداد کل نمونه مورد نیاز، اطمینان 90 درصدی و میزان خطای 20 درصدی منظور شده است:

$$(14)$$

$$\Pr(|\hat{p} - p| < \varepsilon) \geq 90\%$$

به طوری که:

$$100\%(1 - \alpha), \text{ درصد اطمینان (90 درصد)},$$

$\varepsilon$ ، پذیرش خطای نسبت برآورد شده با مقدار واقعی

$$(20 \text{ درصد})$$

و  $p_i$  درصد استفاده کنندگان از یک نوع وسیله نقلیه شخصی

برای انجام سفر برون شهری است.

در ابتدا به دلیل اینکه اطلاعاتی در خصوص  $p_i$  وجود ندارد،

فرض برابری درصد استفاده از وسایل نقلیه مختلف منظور

شده است.

$$(15)$$

$$p_i = .25 \quad i = 1,2,3,4$$

به دلیل برآورد دقیق‌تر از تعداد نمونه مورد نیاز، از روش

نمونه‌گیری طبقه‌بندی استفاده شده است [14].

$$n \leq \frac{0/25 \times \frac{z^2_{1-\alpha/2}}{p^2 Y}}{\varepsilon^2 + 0/25 \times \frac{z^2_{1-\alpha/2}}{N \times P^2 Y}} = (16)$$

$$\frac{0/25 \times \frac{4}{0/0625}}{0/04 + 0/25 \times \frac{4}{0/0625 \times 12398235}} \cong 400$$

تعداد نمونه مورد نیاز با در نظر گرفتن نرخ بازگشت 50٪ برای

پرسشنامه‌ها، 800 عدد بوده که در این میان 434 پرسشنامه

اطلاعات صحیح را داشته‌اند. از این رو با توجه به مطالب

ارایه شده طرح نمونه‌گیری گذشته‌نگر همراه با طبقه‌بندی است.

پارامترهای مدل از طریق روش  $MLE$  برآورد می‌شود. ولی اگر جواب صریحی از معادلات حاصله به روش مستقیم وجود نداشته باشد، از روش‌های تکراری نیوتن - رافسون برای حل آن استفاده می‌شود [8]. برای بررسی نیکویی برازش مدل، می‌توان از آماره‌های زیر استفاده کرد:

$$\lambda_m = 2[l_S(\hat{\theta}) - l_M(\hat{\theta})] \quad (12)$$

که در آن  $\hat{\theta}, \tilde{\theta}$  برآورد درست‌نمایی از  $\theta$  به وسیله دو مدل  $M, S$  است که به ترتیب دارای تابع توزیع درست‌نمای  $l_S(\hat{\theta}), l_M(\hat{\theta})$  است. تحت شرایط معینی، توزیع مجانبی  $-2 \ln \lambda_m$  کای دو با درجه آزادی برابر با تفاوت تعداد پارامترهای دو مدل  $M$  و  $S$  است. این آماره آزمون به آماره پیرسون معروف است. همچنین رابطه دیگری نیز برای انجام این کار وجود دارد:

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \sum_k \left( \frac{O_{ijk} - E_{ijk}}{E_{ijk}} \right)^2 \quad (13)$$

که در آن  $O_i$  تعداد مشاهدات و  $E_i = n\pi_i$  مقدار مورد انتظار تعداد مشاهدات با توجه به فرض صفر است. توزیع مجانبی این آماره نیز، کای دو با همان درجه آزادی است [13].

### 3. جمع آوری داده‌ها

برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، نمونه‌گیری از خانواده دانش آموزان و خانواده همسایه دانش آموزان مدارس راهنمایی و دبیرستان‌های تهران به عنوان نماینده‌ای از کل خانوارهای شهر تهران، انجام شده است. با توجه به این که بررسی روی سفرهای انجام شده طی یکسال گذشته است، بنابراین لزومی به آمارگیری در یک مکان و زمان خاص نیست، بنابراین آمارگیری در طی چند هفته و در چند مرحله انجام شده و در هر مرحله، دقت افزایش یافته است.

### 3-1 حجم نمونه

برای انتخاب نمونه‌ای صحیح به عنوان نماینده‌ای از جامعه مورد

بررسی، دو رویکرد وجود دارد:

در قسمت خصوصیات خانوادگی نیز سئوالاتی شامل سن پدر و مادر، شغل و میزان تحصیلات پدر و مادر، تعداد برادر و خواهر و همچنین شغل و میزان تحصیلات هر یک و این که آیا خانواده دارای وسیله نقلیه است، پرسیده شده است.

#### 4. تجزیه و تحلیل اطلاعات

به منظور ارزیابی هر چه بهتر جامعه مورد بررسی از طریق نمونه به دست آمده، اطلاعات زیر در خصوص هر یک از متغیرها استخراج شده است:

##### 4-1 زمان سفر

با توجه به نتایج به دست آمده از پرسشنامه‌ها مشخص شده که در ماه فروردین بیشترین سفرها انجام می‌شود، در حالی که در اردیبهشت ماه کمترین سفرها انجام شده و با آغاز فصل تابستان دوباره مسافرتها افزایش می‌یابند. در بین ماههای تابستان، شهریور بیشترین درصد سفر را به خود اختصاص داده است. نمودار مربوط به زمان سفر در شکل 2 آمده است.

##### 4-2 وسیله سفر

در شکل 4 وسیله سفر خانواده‌های شهر تهران مشخص شده‌اند. همان گونه که مشاهده می‌شود بیشترین سفرهای خانواده‌ها با وسیله نقلیه شخصی انجام می‌شود، بعد از آن به ترتیب هواپیما، اتوبوس و مینی‌بوس، قطار قرار می‌گیرند. اگر به جای تعداد سفرهای خانواده به تعداد افرادی که در هر سفر شرکت داشته‌اند توجه شود. نمودار شکل 4 به دست می‌آید که نسبت به شکل 3 اندکی تغییر کرده و درصد وسیله نقلیه شخصی افزایش یافته است، ولی ترتیب انتخاب وسیله سفر تغییری نمی‌کند.

##### 4-3 هدف سفر

هدف از سفرهای انجام شده در نمودار شکل 5 نشان داده شده است. همان گونه که در این نمودار مشاهده می‌شود، گردشگری با 48٪ سفرها بیشترین و درمان با کمتر از 1٪ کمترین اهداف سفرها را به خود اختصاص داده‌اند.

##### 5. برازش مدل

### 3-2 نحوه آمارگیری

از آنجا که معیارهای اقتصادی عامل تعیین کننده در انجام سفرهای برون شهری است، با توجه به امکانات موجود، شهر تهران به چهار قسمت تقسیم و با توجه به تعداد نمونه مورد نظر، از هر منطقه یک نمونه انتخاب شده است. به هر دانش‌آموز دو پرسشنامه تحویل داده شده، یکی برای خانواده خود دانش‌آموز و دیگری برای خانواده همسایه دانش‌آموز. به جهت بررسی میرایی و روایی پرسشنامه‌ها، ابتدا 150 پرسشنامه توزیع و پس از جمع‌آوری و تحلیل نتایج اولیه و بررسی دقت پرسش‌نامه‌ها با استفاده از روش آلفا کراباخ، پرسشنامه نهایی توزیع شد و در نهایت تعداد 434 پرسشنامه معتبر، جمع‌آوری و در یک پایگاه اطلاعاتی در محیط Access وارد شد.

### 3-3 متغیرهای مورد بررسی در تحقیق

به منظور بررسی عوامل مؤثر در انتخاب وسیله سفر برون شهری برای سفرهای صورت گرفته از شهر تهران، دو دسته سئوال در پرسشنامه مطرح شده است.

اولین سئوال خصوصیت سفر و دومین، خصوصیت اجتماعی خانواده سفرکننده است. در قسمت مربوط به خصوصیات سفر، متغیرهای وسیله سفر، هدف سفر، ناحیه سفر، زمان سفر، مدت سفر و مدت اقامت پرسیده شده‌اند. برای تعیین ناحیه سفر، کل کشور با توجه به راههای دسترسی به آنها از تهران به 7 ناحیه به شرح زیر تقسیم شده است:

- 1 - ناحیه شمال: شامل استانهای گلستان، مازندران و گیلان،
- 2 - ناحیه شمال شرق: شامل استانهای سمنان و خراسان،
- 3 - ناحیه شمال غرب: شامل استانهای آذربایجان، زنجان و قزوین،
- 4 - ناحیه غرب: شامل استانهای خوزستان، کردستان، مرکزی، کرمانشاه، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد، همدان، ایلام و لرستان،
- 5 - ناحیه مرکز و جنوب: شامل استانهای اصفهان، یزد، کرمان، فارس، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان،
- 6 - استان تهران: شامل استان تهران که مبداء سفرهاست،
- 7 - خارج از کشور: تمام سفرهایی که به خارج از کشور انجام شده به این ناحیه فرض شده است.

(20)

$$\begin{aligned} \lambda^A &= \lambda^B = \lambda^C = 0 \\ \lambda_i^{AB} &= \lambda_j^{AB} = \lambda_i^{AC} = \lambda_k^{AC} = \lambda_j^{BC} = \lambda_k^{BC} = 0 \\ \lambda_{ij}^{ABC} &= \lambda_{i,k}^{ABC} = \lambda_{j,k}^{ABC} = 0 \end{aligned}$$

که در آن:  $\lambda_i^A, \lambda_j^B, \lambda_k^C$  اثرات اصلی،  $\lambda_{ij}^{AB}, \lambda_{ik}^{AC}, \lambda_{jk}^{BC}$  اثرات متقابل دو تایی،  $\lambda_{ijk}^{ABC}$  اثرات متقابل سه است.

در ابتدا برای بررسی نحوه ارتباط بین متغیرها بر روی استفاده از وسیله نقلیه شخصی برای انجام سفرهای برون شهری همچون روش ANOVA از حالت کلی شروع می شود. به این ترتیب آزمون فرض‌های ذیل انجام می‌شود:

- 1- آیا لگاریتم تعداد افراد سفر کننده با وسیله نقلیه شخصی در نواحی مختلف متفاوت است؟
- 2- آیا لگاریتم تعداد افراد سفر کننده با وسیله نقلیه شخصی در زمان مختلف متفاوت است؟
- 3- آیا لگاریتم تعداد افراد سفر کننده با وسیله نقلیه شخصی با اهداف مختلف متفاوت است؟
- 4- آیا لگاریتم تعداد افراد سفر کننده با وسیله نقلیه شخصی در نواحی و با اهداف مختلف متفاوت است؟
- 5- آیا لگاریتم تعداد افراد سفر کننده با وسیله نقلیه شخصی در نواحی و زمان مختلف متفاوت است؟
- 6- آیا لگاریتم تعداد افراد سفر کننده با وسیله نقلیه شخصی در فصول گوناگون و با اهداف مختلف متفاوت است؟

(21)

$$\begin{cases} H_0 : \lambda_{1..} = \lambda_{2..} = 0 \\ H_1 : \text{Re ject} \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0 : \lambda_{.1.} = \lambda_{.2.} = \lambda_{.3.} = \lambda_{.4.} = \lambda_{.5.} = \lambda_{.6.} = \lambda_{.7.} = 0 \\ H_1 : \text{Re ject} \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0 : \lambda_{.1.} = \lambda_{.2.} = \lambda_{.3.} = \lambda_{.4.} = 0 \\ H_1 : \text{Re ject} \end{cases}$$

در جدول شماره 4 میزان همبستگی و P\_value مربوطه ارائه شده است. همچنین همبستگی شرطی نیز ارائه شده است. (به این معنی که میزان همبستگی دو متغیر با فرض ثابت بودن در یکی از سطوح متغیر سوم). با توجه به مقادیر P\_value و مقایسه آن در سطح 5٪ تمامی فرض صفرها رد می‌شود. با رد فرض صفر، آزمون فرض‌های توأم مشخص می‌شود که لگاریتم تعداد افراد استفاده کننده از وسیله نقلیه شخصی در فصول و نواحی مختلف متفاوت است. این موضوع برای سایر آزمون فرض‌ها نیز برقرار است. با توجه به آزمون فرض‌های انجام شده مشخص می‌شود که مدل شامل اثرات متقابل دو تایی است.

به منظور بررسی رابطه بین انتخاب وسیله نقلیه شخصی برای انجام سفرهای برون شهری تهران،  $X_{ijk}$  تعداد افرادی که برای مسافرت از وسیله نقلیه شخصی استفاده کرده‌اند، به همراه صفات A: ناحیه سفر، B: هدف سفر و C: زمان سفر شمارش شده است.

هر یک از صفات در سطوح زیر تعریف شده‌اند:

$\lambda_i^A$  ناحیه سفر که همان هفت ناحیه مورد نظر است.  $i = 1, 2, \dots, 7$

$\lambda_j^B$  هدف سفر در دو سطح: 1- گردشگری و 2- غیره؛  $j = 1, 2$

$\lambda_k^C$  زمان سفر در 4 سطح: 1- بهار، 2- تابستان، 3- پاییز، 4- زمستان؛  $k = 1, 2, 3, 4$

به این ترتیب یک جدول توافقی سه طرفه است، به طوری که تعداد مشاهدات هر خانه دارای توزیع چند جمله ای با پارامتر  $\pi_{ijk}$  باشد:

$$(17)$$

$$X_{ijk} \approx M(n, \pi_{ijk})$$

اگر  $X_{ijk}$  برابر تعداد مشاهده در خانه  $(i, j, k)$  ام باشد،  $\pi_{ijk}$  برابر نسبت افراد در این جامعه است که به خانه  $(i, j, k)$  ام تعلق دارد.  $\pi_{ijk}$  را می‌توان به عنوان احتمال آن که یک فرد به تصادف انتخاب شده به خانه  $(i, j, k)$  ام تعلق دارد، تعبیر کرد. به شکل دیگر می‌توان فرض کرد که کلیه  $X_{ijk}$  ها متغیرهای تصادفی مستقل با توزیع پواسون با پارامتر مثبت  $m_{ijk}$  هستند. به عبارت دیگر:

$$(18)$$

$$X_{ijk} \approx Ps(m_{ijk})$$

مدل اولی با شرطی کردن مدل دوم بر  $X_{...}$  به دست می‌آید. فرم کلی مدل مورد بررسی به شکل زیر است:

$$\begin{aligned} \ln(m_{ijk}) = & \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \lambda_{ijk}^{ABC} \end{aligned} \quad (19)$$

پارامترهای مدل با قیدهای خطی اینکه هر جمع بندی بر روی هر زیر نویس پارامتر لگ خطی برابر صفر است، برآورد می‌شود. به طور مثال:

زمان، ناحیه و هدف متفاوت است. نتیجه مدل با توجه به محدودیت استفاده از نوع وسیله نقلیه خاص و امکانات مالی قابل قبول است. در جدول شماره 5 بر طبق فرمول شماره 10 و 11 مقدار آماره کی دو و پیرسن و P\_value متناظر با آن ارایه شده است که حاکی از پذیرش فرض  $H_7$  جدول 3 است.

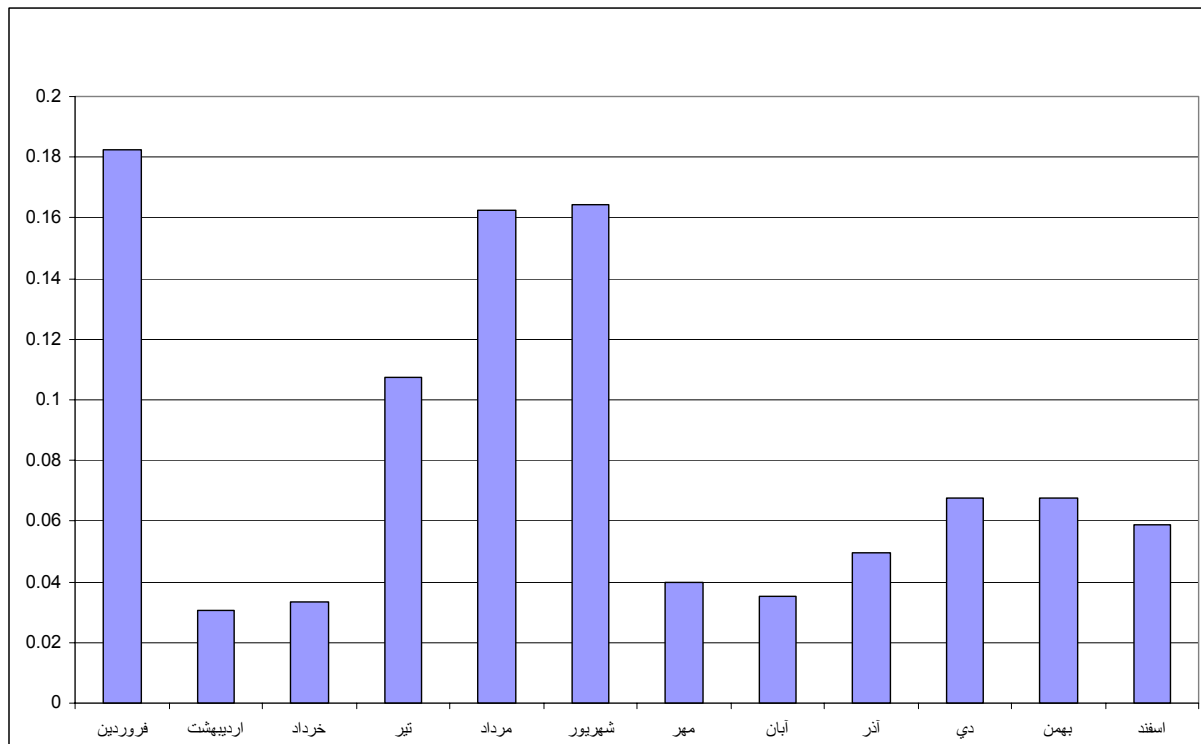
پس از انجام آزمون فرض توأم صفر بودن اثرات متقابل دو تایی و به دست آوردن استنباط‌های اولیه، بر طبق جدول 2، آزمون فرض سلسله مراتبی مطابق با جدول شماره 1 به ترتیب با استفاده از نرم افزار statistica انجام شده است که در نهایت مدل AB, AC, BC مورد پذیرش قرار گرفت (هریک از حروف نماینده متغیر مورد بررسی است).

به عبارت دیگر، نسبت استفاده از وسیله نقلیه شخصی برای انجام مسافرت‌های برون شهری تهران در هر یک از سطوح متغیرهای

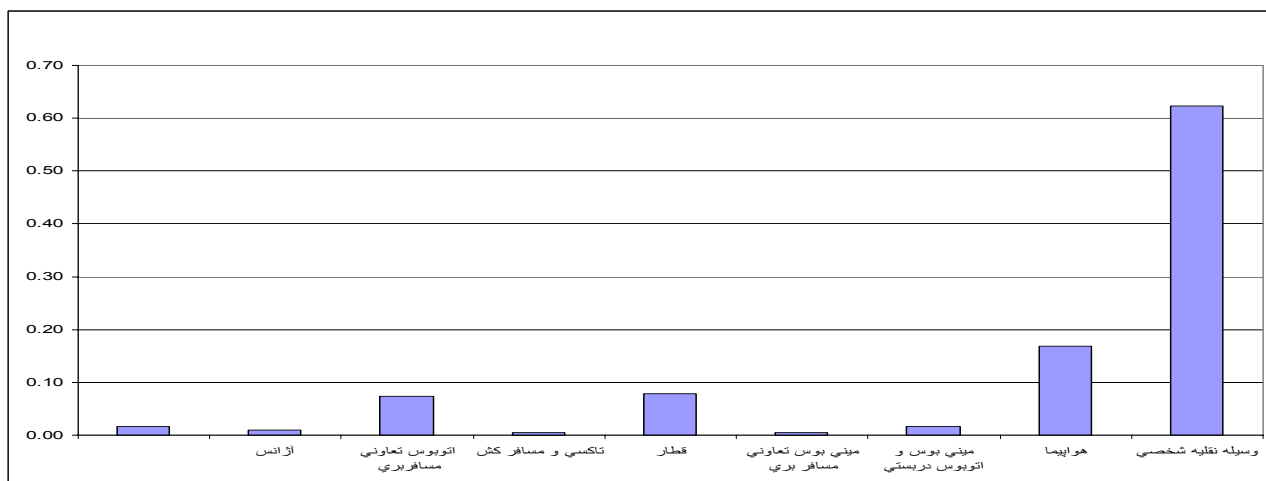
جدول 3. آزمون فرضهای ممکنه در جدول سه طرفه

| فرض H | پارامترهایی که برابر صفر قرار داده شده‌اند  | تعداد درجه آزادی  |
|-------|---|-------------------|
| $H_1$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = 0$   | $(I-1)(J-1)(k-1)$ |
| $H_2$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = \lambda_{ij}^{AB} = 0$   | $(I-1)(J-1)k$     |
| $H_3$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = \lambda_{ij}^{AB} = \lambda_{ik}^{AC} = 0$   | $(I-1)(kJ-1)$     |
| $H_4$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = \lambda_{ij}^{AB} = \lambda_{ik}^{AC} = \lambda_i^A = 0$   | $kJ(I-1)$         |
| $H_5$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = \lambda_{ij}^{AB} = \lambda_{ik}^{AC} = \lambda_{jk}^{BC} = 0$   | $IJk-I-J-k+2$     |
| $H_6$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = \lambda_{ij}^{AB} = \lambda_{ik}^{AC} = \lambda_{jk}^{BC} = \lambda_j^B = \lambda_i^A = 0$               | $IJk-J-k+1$       |
| $H_7$ | $\lambda_{ijk}^{ABC} = \lambda_{ij}^{AB} = \lambda_{ik}^{AC} = \lambda_{jk}^{BC} = \lambda_j^B = \lambda_i^A = \lambda_k^C = 0$ | $IJk-1$           |



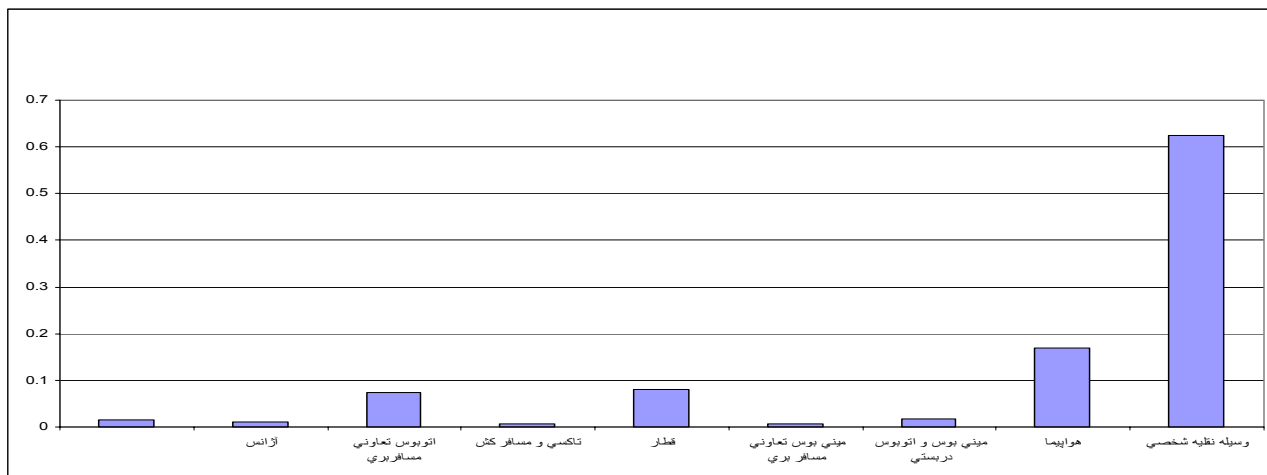


شکل 2. درصد سفرهای ساکنان شهر تهران در ماههای مختلف سال

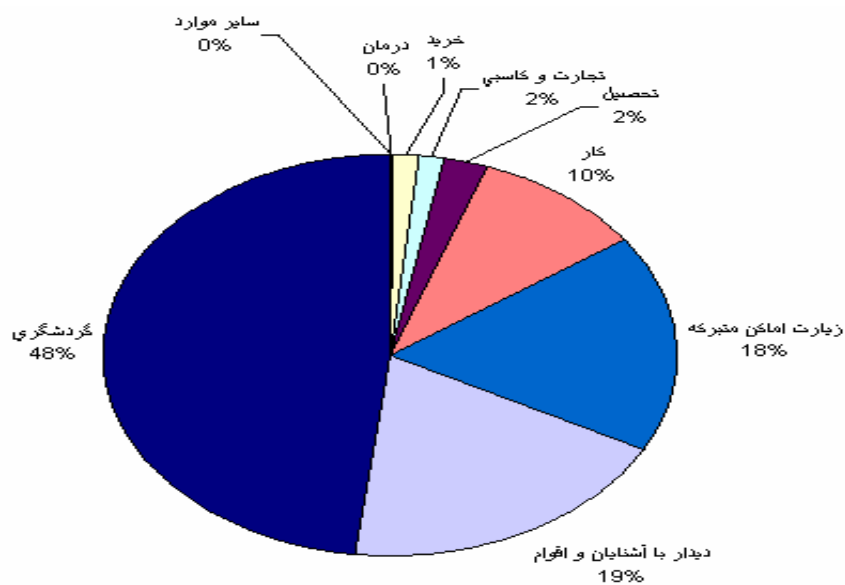


شکل 3. درصد خانواده سفر - وسیله سفر

گنجی زهرایی، سادات حسینی و رضایی ارجرودی



شکل 4. درصد تعداد نفر سفر - وسیله سفر



شکل 5. سهم اهداف سفرهای برون شهری ساکنان شهر تهران

جدول 4. آزمون فرض وجود اثر متقابل در دو حالت شرطی و غیرشرطی

| اثرات | درجه آزادی | Par.Ass. Chi-Sqr | Prt.Ass.P | Mrg.Ass.P | Prt.Ass.P |
|-------|------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| A     | 7          | 102/622          | 0/0       | 1021/622  | 0/0       |
| B     | 1          | 821/245          | 0/0       | 821/245   | 0/0       |
| C     | 3          | 460/012          | 0/0       | 460/012   | 0/0       |
| AB    | 7          | 15/089           | 0/03      | 15089     | 0/03      |
| AC    | 21         | 38/313           | 0/01      | 19/875    | 0/01      |
| BC    | 3          | 19/694           | 0/01      | 43/1      | 0/01      |

جدول 5. آماره آزمون‌های نیکویی برازش مدل

| آماره آزمون                   |       | درجه آزادی | P_value |
|-------------------------------|-------|------------|---------|
| Maximum Likelihood chi-square | ۱۷/۲۴ | ۲۱         | %۶۶     |
| Pearson Chi-square            | ۱۸/۱۱ | ۲۱         | %۶۴     |

جدول 6. برآوردهای پارامترهای مدل

| ناحیه | زمان سفر<br>هدف سفر | 1     | 2     | 3     | 4     | مجموع |
|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                     | 1     | 4/97  | -5/4  | 4/27  | -3/48 |
|       | 2                   | -2/91 | 6/31  | -2/57 | 4/03  | .36   |
|       | مجموع               | 2/06  | 0/9   | 1/69  | 0/54  | 5/16  |
| 2     | 1                   | -2/62 | -1/47 | 2/79  | 1/67  | 0/36  |
|       | 2                   | 3/93  | 1/62  | -1/27 | -1/3  | 2/97  |
|       | مجموع               | 1/3   | 0/14  | 1/52  | 0/36  | 3/33  |
| 3     | 1                   | -1/26 | 3/6   | -1/78 | -0/19 | 0/35  |
|       | 2                   | -1/7  | -2/67 | 2/6   | 0/2   | 1/85  |
|       | مجموع               | 0/44  | 1/52  | 0/82  | 0/08  | 2/2   |
| 4     | 1                   | 2/68  | 0/31  | -3/33 | 0/56  | 0/22  |
|       | 2                   | -2/13 | -0/31 | 4/26  | 0/54  | 1/27  |
|       | مجموع               | 0/55  | 0     | 0/92  | 0/02  | 1/49  |
| 5     | 1                   | -2/55 | 4/02  | -2/64 | 1/59  | 0/42  |
|       | 2                   | 3/35  | -3/44 | 3/14  | -1/4  | 1/64  |
|       | مجموع               | 0/79  | 0/57  | 0/5   | 0/19  | 2/06  |
| 6     | 1                   | 0/26  | -0/58 | -0/56 | 0/98  | 0/09  |
|       | 2                   | -0/23 | 0/62  | 0/67  | -0/66 | 0/4   |
|       | مجموع               | 0/30  | 0/04  | 0/1   | 0/33  | 0/49  |
| 7     | 1                   | 0/39  | -0/18 | 1/01  | -0/29 | -0/22 |
|       | 2                   | 0/39  | 0/21  | -0/62 | 0/42  | 0/4   |
|       | مجموع               | 0/0   | 0/02  | 0/39  | 0/13  | -0/18 |

نشان می‌دهد که ترکیب این سه عامل در کنار یکدیگر باعث استفاده از وسیله نقلیه برای سفرهای برون شهری ساکنان تهران می‌شود. برآورد اثرات متقابل دو عاملی  $\lambda_{ij}^{AB}$  نشان می‌دهند که، گرایش به استفاده از وسیله نقلیه شخصی برای سفر به نواحی نزدیک تهران و به قصد گردشگری بیشتر می‌باشد، چرا که  $\lambda_{11}^{AB} > 0$  است. این به طور معنی داری نشان‌دهنده آن است که تعداد استفاده کنندگان از وسیله نقلیه شخصی، برای سفر به ناحیه شمال و با هدف گردشگری بیش از انتظار است. مقدار مثبت مربوط به  $\lambda_{11}^A > 0$  نشان می‌دهد که در مجموع تعداد سفرها با وسیله نقلیه شخصی به این ناحیه نسبت به سایر نواحی بیشتر است.

## ۷. مراجع

۱. سادات حسینی، سید محمد، رضایی ارجرودی، عبدالرضا و گنجی، هادی (۱۳۸۵) "پروژه پایلوت تفکیک اهداف سفرهای برون شهری ساکنان شهر تهران"، تهران: پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و ترابری.

2. Litman, Todd (1999) "Potential of transportation demand management", Victoria, Transport Policy Institute, November.

3. سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای، وب سایت سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای ([www.tto-ir.org](http://www.tto-ir.org))

4. افندی‌زاده، شهریار و عراقی، مرتضی (1385) "ارایه مدل ترکیبی توزیع سفر و تخصیص ترافیک در خصوص سفرهای با هدف خرید در داخل شهر تهران"، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.

5. آندرسن، ارلینگ بی. (1379) "تحلیل آماری داده‌های رسته‌ای"، ترجمه علی مشکانی، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

6. University of South Florida (1996) "Transportation demand management, a 5010 Committee on Transportation Demand Management", USA: University of South Florida.

برای شناسایی میزان تأثیر و نوع ارتباط، مقادیر  $\lambda$  ها در جدول 6 برآورد شده است. به دلیل وجود اثرات متقابل در مدل، و با توجه به ساختار سلسله مراتبی بودن آن، فقط همین اثرات بررسی می‌شوند.

با توجه به  $\lambda_{11}^{AB} = 4.8$  مشخص می‌شود که متوسط لگاریتم تعداد افرادی که از وسیله نقلیه شخصی برای سفر به ناحیه یک و به قصد گردشگری استفاده می‌کنند نسبت به متوسط مورد انتظار در سایر سلول‌های متناظر جدول توافقی بیشتر است.  $\lambda_{12}^{AC} = 2.06$  نشان دهنده آن است که متوسط لگاریتم تعداد افرادی که از وسیله نقلیه شخصی برای سفر به ناحیه 1 و در فصل بهار استفاده می‌کنند، نسبت به متوسط مورد انتظار در سایر سلول‌های متناظر جدول توافقی بیشتر است.  $\lambda_{11}^{BC} = 1.86$  نشان دهنده آن است که، متوسط لگاریتم تعداد افرادی که از وسیله نقلیه شخصی برای سفر در فصل بهار و به قصد گردشگری استفاده می‌کنند، نسبت به متوسط مورد انتظار در سایر سلول‌های متناظر جدول توافقی بیشتر است.

## 6. نتیجه گیری

در این تحقیق سفرهای برون شهری ساکنان شهر تهران با استفاده از دو ابزار توصیفی و تحلیلی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. استخراج هر یک از این آمارها در برنامه ریزی به منظور اتخاذ سیاست‌های انبساطی و یا انقباضی در حمل و نقل، کمک شایانی خواهد کرد. به طوری که زمان و مکان‌هایی که باید یارانه بیشتری برای حمل و نقل عمومی پرداخت شود شناسایی، تا از استفاده از وسایط حمل و نقل شخصی در مسافرت‌های برون شهری غیر ضرور کاسته شود. در بررسی توصیفی مشخص شد که ۴۸٪ سفرها به قصد گردشگری، ۱۹٪ دیدار اقوام و آشنایان، ۱۸٪ زیارت، ۱۰٪ کار، ۲٪ تجارت و کاسبی، ۲٪ تحصیل و ۱٪ خرید. درصد استفاده از وسیله نقلیه شخصی نسبت به سایر وسایط حمل و نقلی در سفرهای برون شهری ۶۰٪ می‌باشد. این موضوع در کنار سوخت ارزان، باعث افزایش تراکم و افزایش هزینه‌های وارد به اجتماع و کاهش ایمنی می‌شود.

در قسمت تحلیلی نیز با استفاده از جداول توافقی و مدل‌های *Loglinear* نحوه ارتباط سه متغیر ناحیه، هدف سفر و زمان سفر بر روی استفاده از وسیله نقلیه شخصی در مسافرت‌های برون شهری تهران مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌ها

12. Raymond, H., Douglas, C. and Geoffrey, G. (2001) "Generalized linear models with applications in engineering and the sciences", London: John Wiley.

13. Gaderen, K.J. (1995) "Optimal prediction in loglinear models", *Econometrics*.

14. لمی شو، استنلی و پل، اس.لی وی (1381) "نمونه‌گیری روشها و کاربردها"، ترجمه گیتی مختاری، تهران: انتشارات پژوهشکده آمار.

#### پانویس‌ها

1. Odds ratio

2. Generalized Linear Model

3. Nelder

4. Weder burn

5. طرح نمونه‌گیری تعیین می‌کند که چه کمیت‌هایی را می‌توان برآورد کرد.

6. Contingency table

7. Dobson, A. J. (1990) "An introduction to generalized linear models", London: Chapman and Hall.

8. Pergibon, D. (1980) "Goodness of link tests for generalized linear models", *Applied Statistics*, 29, pp. 15-24.

9. Agresti, A. (1990) "Categorical data analysis", New York, John Wiley.

10. Fahrmeir, L. and Tutz, G. (1994) "Multivariate statistical modeling based on generalized linear models", New York, Springer-Verlag.

11. Chowdhury, K.K. and Raghavan, R. (2000) "Quality improvements through design of experiments: A case study", *Quality Engineering*, 12, PP. 407-416.