Archive of SID

«یادداشت تحقیقاتی»

طراحی مدل انتخاب مسیر در راههای برون شهری

شهریار افندی‌زاده[۱]، حسین حدادزادگان[۲] *

۱- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲-کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

*** تهران، صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۶۵**

Haddadzadegan@Gmail. com

(دریافت مقاله: مرداد ۱۳۸۳، پذیرش مقاله: آبان ۱۳۸۵)

چکیده- استفاده از مدلهای کلاسیک حمل و نقل در شبکه راههای شهری از کارایی بالایی برخوردار است. در شبکه راههای برون‌شهری، به‌دلیل تفاوتهایی که با شبکه راههای شهری دارد - مانند عدم تراکم در مسیر، تفاوت در الگوی زمانی و هدف سفر - استفاده از مدلهای کلاسیک مناسب به‌نظر نمی‌رسد. وجود این تفاوتها موجب شد که در این مطالعه از روشهایی متفاوت استفاده شود. با مطالعه نحوه انتخاب مسیر در راههای کشور و بررسی رفتار رانندگان به این موضوع پی بردیم که ویژگیها و مشخصات مسیر، اهمیت زیادی در انتخاب مسیر دارد. در این تحقیق با توجه به اهمیت و نقش نوع وسیله در انتخاب مسیر، علاوه بر توجه به‌نحوه انتخاب مسیر، تأثیر انتخاب نوع وسیله نیز در انتخاب مسیر درنظر گرفته شد، که نتیجه آن، ساخت مدلهای همزمان و مرحله‌ای برای انتخاب نوع وسیله ـ مسیر است.

کلید واژگان: مطلوبیت، مدل مرحله‌ای، مدل همزمان، انتخاب نوع وسیله، انتخاب مسیر.

۱- مقدمه

تحلیل الگوی سفر یکی از مهمترین مراحل در براورد تقاضای حمل و نقل است. براورد تقاضای سفر در مدلهای کلاسیک، چهار مرحله دارد: تولید سفر، توزیع سفر، تفکیک سفر و تخصیص سفر. ساختار عمومی این مدلها تجمعی است، اما در عمل رفتار سفر معمولاً به‌صورت غیرتجمعی تحلیل می‌شود؛ به این مفهوم که مدلها نمایش‌دهندهٔ رفتار انتخابی تک تک مسافران هستند [۱].

در این مقاله با استفاده از یکی از روشهای رایج در مدلسازی ـ که بر پایه اصول کلی نظریه انتخاب استوار است، ـ مورد خاص انتخاب مسیر با درنظر گرفتن اثر انتخاب نوع وسیله در حمل و نقل برون‌شهری به‌عنوان موضوع اصلی مورد توجه قرار گرفته است. برای رسیدن به مدل یا مدلهایی که بتوانند رفتار افراد جامعه را در آینده ـ از نظر استفاده از وسایل و مسیرهای مختلف سفر پیش‌بینی کند ـ استفاده از توابع ریاضی با ساختارهای مرحله‌ای و همزمان برای انتخاب نوع وسیله ـ مسیر سفر، روش مناسبی به‌نظر می‌رسد. یکی از ساختارهای مناسب که از نظر رفتاری انطباق مناسبی با فرایند تصمیم‌گیری در زمینه‌هایی متنوع، به‌ویژه در حمل و نقل دارند، ساختار لوجیت است. این ساختار در تحلیل تقاضای حمل و نقل شهرها در کشورهای مختلف استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- نظریه مطلوبیت اتفاقی

فرض اساسی در نظریه مطلوبیت اتفاقی این است که فرد انتخاب‌کننده، توانایی کاملی در شناخت تفاوتهای موجود بین گزینه‌های مورد بررسی دارد. عوامل نامشخص و مجهولی در فرایند انتخاب وجود دارند که باید به‌حساب آورده شوند. لذا تابع مطلوبیت به‌منظور نشان دادن موارد نامشخص با درنظر گرفتن متغیرهای تصادفی مدلسازی می‌شود. در بیشتر موارد تابع مطلوبیت انتخاب گزینه i توسط شخص n در مجموعهٔ انتخاب Cn با رابطهٔ زیر بیان می‌شود [۲]:

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

که در آن پارامترهای طرف دوم رابطه به‌صورت زیر تعریف شده‌اند:

V_{in}: قسمت قطعی تابع مطلوبیت

ε_{in}: قسمت اتفاقی تابع مطلوبیت

گزینه دارای بیشترین مطلوبیت از میان تمامی گزینه‌ها انتخاب می‌شود، در نتیجه احتمال اینکه گزینهٔ i در مجموعهٔ Cn توسط شخص n انتخاب شود برابر است با [۳]:

$$P(i|C_n) = P\left[U_{in} \geq U_{jn} \forall j \in C_n\right] \qquad (۲)$$

قسمت قطعی تابع مطلوبیت (V_{in}) تابعی ترکیبی از ویژگیهای گزینه و مشخصات شخص انتخاب‌کننده است. این مطلب در رابطهٔ زیر بیان شده است [۳]:

$$V_{in} = V(z_{in}, S_n) \qquad (۳)$$

به‌طوری‌که:

z_{in}: بردار ویژگیهای گزینهٔ i که توسط شخص تصمیم‌گیرندهٔ n مشاهده شده است.

S_n: بردار مشخصات شخص تصمیم‌گیرندهٔ n است.

معمولاً برای استفاده از ساختار لوجیت، به‌ویژه در هنگام پرداخت آن، تابع مطلوبیت را به‌صورت تابعی خطی از ویژگیها و صفات گزینه‌های موجود فرض می‌کنند. بر طبق رابطهٔ (۴) قسمت قطعی تابع مطلوبیت را می‌توان به‌صورت خطی زیر تعریف کرد [۴]:

$$V(z_{in}, S_n) = \alpha_i + \sum_{s=1}^{S} \alpha_s z_{si} + \sum_{t=1}^{T} \alpha_{ti} S_n \qquad (۴)$$

با فرض:

$\sum_{s=1}^{S} \alpha_s z_{si}$: مجموعهٔ ویژگیهای گزینهٔ iام به همراه ضرایب آن برای شخص تصمیم‌گیرندهٔ n

$\sum_{t=1}^{T} \alpha_{ti} S_n$: مجموعهٔ مشخصات شخص تصمیم‌گیرندهٔ n برای انتخاب گزینهٔ iام همراه با ضرایب آن

S : تعداد ویژگیهای مربوط به گزینهٔ iام

T : تعداد مشخصات مربوط به شخص nام.

۳- مدلهای لوجیت

مدلهای لوجیت، بارها برای تحلیل تقاضای سفر به‌کار برده می‌شوند. مدلهای لوجیت به دو دسته اصلی مدلهای لوجیت‌چندگانه و مدلهای لوجیت‌آشیانه‌ای تقسیم می‌شوند.

۳-۱- مدلهای لوجیت چندگانه

مدلهای لوجیت در ابتدا تحت عنوان مدلهای لوجیت دوگانه ـ که برای محاسبهٔ احتمال انتخاب بین دو گزینه به‌کار برده می‌شدند ـ معرفی شد. سپس این مدلها به‌صورت عمومی درآمده و برای محاسبهٔ احتمال انتخاب از میان دو گزینه بیشتر استفاده شدند. این مدلها، مدلهای لوجیت چندگانه نامیده می‌شوند [۵].

این مدلها بر پایهٔ این فرض که قسمت خطای تابع مطلوبیت گزینه‌ها مستقل از یکدیگرند و از توزیع گامبل تبعیت می‌کنند، تعریف می‌شوند. احتمال اینکه شخص n گزینهٔ i را در مجموعهٔ انتخاب C_n انتخاب کند در این مدل از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود [۵، ۶]:

www.SID.ir

Archive of SID

$$P(i|C_n) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j \in C_N} e^{\mu V_{jn}}} \quad (۵)$$

μ : پارامتر جزیی همواره مثبت [۱۳].

مهمترین ویژگی مدلهای لوجیت چندگانه را می‌توان چنین بیان کرد: «نسبت احتمال انتخاب هر دو گزینه دلخواه، مستقل از مجموعهٔ انتخاب است.» به بیان دیگر برای هر دو مجموعهٔ انتخاب C_1 و C_2 به‌طوری‌که $C_1 \subseteq C_n$ و $C_2 \subseteq C_n$ و برای هر دو گزینهٔ دلخواه i و j ـ که در هر دو مجموعهٔ C_1 و C_2 قرار دارند ـ برطبق رابطهٔ زیر می‌توان بیان کرد [۲، ۴]:

$$\frac{P(i|C_1)}{P(j|C_1)} = \frac{P(i|C_2)}{P(j|C_2)} \quad (۶)$$

۳-۲- مدلهای لوجیت آشیانه‌ای

مدلهای لوجیت آشیانه‌ای، اولین بار توسط بن آکیوا پیشنهاد شد. این مدلها در واقع حالت توسعه یافتهٔ مدلهای لوجیت چندگانه هستند و برای محاسبهٔ همبستگی میان گزینه‌ها طراحی شدند. این مدلها براساس تفکیک مجموعهٔ انتخاب C_n به M آشیانهٔ C_{mn} تعریف می‌شوند. که این تعریف در رابطهٔ زیر بیان شده است [۷]:

$$C_n = \bigcup_{m=1}^{M} C_{mn} \quad (۷)$$

$$C_{mn} \cap C_{m'n} = \phi \quad \forall m \neq m'$$

تابع مطلوبیت انتخاب هر گزینه از یک قسمت مختص به خود گزینه و یک قسمت مرتبط با آشیانه‌ای که گزینه در آن قرار دارد، تشکیل شده است. رابطهٔ زیر حالت کلی تابع مطلوبیت را در مدل لوجیت آشیانه‌ای نمایش می‌دهد [۲]:

$$U_{in} = V'_{in} + \varepsilon'_{in} + V'_{Cmn} + \varepsilon'_{Cmn} \quad (۸)$$

مانند مدلهای لوجیت چندگانه، قسمتهای خطای ε'_{in} و ε'_{Cmn} مستقل فرض می‌شوند و از توزیع گامبل پیروی می‌کنند. احتمال اینکه شخص n گزینهٔ i را که در آشیانهٔ C_{mn} قرار دارد انتخاب کند، در این مدل از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود [۳]:

$$P(i|C_n) = P(C_{mn}|C_n)P(i|C_{mn})$$

$$P(C_{mn}|C_n) = \frac{e^{\mu V_{Cmn}}}{\sum_{l=1}^{M} e^{\mu V_{C\ln}}} \quad (۹)$$

$$P(i|C_{mn}) = \frac{e^{\mu_m V'_{in}}}{\sum_{j \in C_{mn}} e^{\mu_m V'_{jn}}}$$

μ_m : پارامتر جزیی آشیانه

μ : پارامتر جزیی مجموعهٔ انتخاب

۴- اهداف سفر بین‌شهری

متداولترین سفرهای بین‌شهری را می‌توان به‌صورت سفرهای شغلی، سفرهای تجارتی و سفرهای غیرتجارتی تقسیم‌بندی کرد. سفرهای غیرتجارتی شامل سفرهایی به‌منظور خرید، تفریح و به‌طور کلی هر سفر با اهداف شخصی هستند. سفرهای شغلی سفرهایی هستند که از محل سکونت افراد به محل کار انجام می‌شود. سفر تفریحی که نوعی سفر غیرشغلی است، رابطه مستقیمی با تعطیلات دارد و می‌تواند شامل فعالیتهای تفریحی مانند حضور در وقایع ورزشی، جشنواره‌ها و غیره باشد. عواملی که در سفر تفریحی تعیین‌کننده هستند با عوامل مؤثر بر سفر تجارتی متفاوتند. تفاوت اصلی این دو نوع سفر در ارزش زمان و هزینه است. در سفرهای تجارتی عامل اصلی و تعیین‌کننده زمان است، درحالی‌که سفر تفریحی متأثر از هزینه سفر است. سفر به‌منظور خرید، شامل مراجعه به هر واحد کسبی صرفنظر از ابعاد آن می‌شود و اینکه آیا خریدی صورت می‌گیرد، یا خیر. این نوع سفرها در مقایسه با سفرهای تفریحی رایجترند و در روزها و ساعات مختلف هفته اتفاق می‌افتند. مسافت طی

www.SID.ir

Archive of SID

شده در این سفرها معمولاً کمتر از سفر تفریحی یا تجارتی است [۸].

٤-۱- تعیین ویژگیهای سفر

ویژگیهای خاص هر سفر بین‌شهری، بر انتخاب نوع وسیله و مسیر اثر می‌گذارند. مهمترین عوامل مؤثر بر انتخاب وسیله یا مسیر، مدت زمان سفر و هدف سفر هستند. سایر عوامل مهم و مؤثر عبارتند از:

الف) طول سفر: در سفرهای بین‌شهری، ویژگی سفرها برحسب طول سفر تغییر می‌کند. هر سفر با توجه به مسافت و زمان سفر، انعطاف‌پذیری بیشتری در مقایسه با سایر عوامل مؤثر بر سفر نشان می‌دهد. بنابراین در تجزیه و تحلیل تقاضای سفر بین‌شهری، طبقه‌بندی سفرها با توجه به طول سفر، اهمیت ویژه‌ای دارد.

ب) ویژگیهای هدف سفر: سفرها را می‌توان بر مبنای مقدار حساسیت آنها، به‌صورت تابعی از عواملی مانند درامد مسافران، زمان سفر، هزینه سفر و تعداد انجام سفر مقایسه کرد.

ج) سایر ویژگیهای سفر: تعداد انجام سفر نیز مانند طول سفر بر انتخاب نوع وسیله و مسیر مؤثر است. سفر به مکانهایی که مکرر به آنها مراجعه می‌شود ـ در صورت زیاد بودن مسافت یا اهمیت زیاد زمان ـ توسط روشهای سریعتری مانند هواپیما انجام می‌شود. در حالی‌که اگر مقصد چندان دور نباشد، وسیله نقلیه شخصی انتخاب مناسبی برای رسیدن به مقصد است.

۵- انتخاب مسیر یا نوع وسیله سفر

در این بخش، عواملی که در روند انتخاب مسیر یا نوع وسیله سفر در سفرهایی با اهداف گوناگون تأثیر دارند، بررسی می‌شود. انتخاب‌کننده، معمولا گزینه‌ای را از میان مجموعهٔ انتخاب موجود انتخاب می‌کند که بیشترین مطلوبیت را برای او داشته باشد. مسافر، مسیر یا نوع وسیله سفری را انتخاب می‌کند که در بین سایر مسیرها یا وسایل سفر، بیشترین مطلوبیت را داشته باشد.

مدلسازی رفتار افراد در مسأله انتخاب مسیر، براساس رفتار مسافر و نظریه انتخاب انجام می‌شود. فرض مهم این است که مراحل تصمیم‌گیری، از روند معقولی پیروی می‌کند و بر پایه مطلوبیتی که هر گزینه برای فرد مسافر ایجاد می‌کند، استوار است.

۶- مدلهای با ساختار همزمان و مرحله‌ای لوجیت

برای دستیابی به مدل مناسبی برای انتخاب نوع وسیله - مسیر سفر (همزمان یا مرحله‌ای) علاوه بر تشخیص متغیرها و عوامل مؤثر در انتخاب افراد انتخاب‌کننده، استفاده بجا و صحیح از متغیرها در هر مرحله از مدلسازی ضروری است. این موضوع در ساختارهای مرحله‌ای نقش اساسی‌تری را ایفا می‌کند. به‌طور کلی متغیرهای مورد استفاده در مدلهای انتخاب مسیر ـ نوع وسیله سفر، به سه دسته تقسیم می‌شوند [۹]:

الف) متغیرهای ویژه انتخاب نوع وسیله؛

ب) متغیرهای ویژه انتخاب مسیر؛

ج) متغیرهای مشترک در انتخاب نوع وسیله و مسیر سفر.

۶-۱- مدل انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر با ساختار لوجیت همزمان

در مدلهای همزمان برای انتخاب مد- مسیر سفر، فرد تصمیم‌گیرنده به‌طور همزمان درباره انتخاب روش و مسیر سفر دارای مطلوبیت، نزد خود تصمیم‌گیری می‌کند. رابطه زیر احتمال انتخاب روش ـ مسیر سفر را توسط فرد تصمیم‌گیرنده در مدل همزمان نشان می‌دهد [۱۰]:

(۱۰)

$$P(r,m)=\frac{\exp(\alpha_r X_r+\alpha_m X_m+\alpha_{rm}X_{rm})}{\sum_{r'\in R}\sum_{m'\in M}\left[\exp(\alpha'_{r'}X_{r'}+\alpha'_{m'}X_{m'}+\alpha'_{r'm'}X_{r'm'})\right]}$$

که در آن:

www.SID.ir

Archive of SID

$P(r,m)$: احتمال انتخاب مسیر r و نوع وسیله m

R : مجموعه انتخاب گزینه‌های امکانپذیر برای مسیر سفر

M_r : مجموعه انتخاب گزینه‌های نوع وسیله سفر امکانپذیر با توجه به مسیر انتخاب شده

X_r : متغیر ویژه انتخاب مسیر

α_r : ضریب متغیر ویژه انتخاب مسیر

X_m : متغیر ویژه انتخاب نوع وسیله

α_m : ضریب متغیر ویژه انتخاب نوع وسیله

X_{rm} : متغیر مشترک انتخاب نوع وسیله- مسیر

α_{rm} : ضریب متغیر مشترک انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر

ضرایب α_r و α_m و α_{rm} در هنگام پردازش مدل محاسبه و تعیین می‌شود.

۶-۲- مدلهای انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر با ساختار لوجیت مرحله‌ای

در این حالت فرد انتخاب‌کننده ابتدا درباره نوع وسیله سفر موردنظر خود تصمیم‌گیری می‌کند و پس از انتخاب و تثبیت آن، به مرحله بعدی رفته و درباره انتخاب مسیر سفر با توجه به نوع وسیله انتخاب شده تصمیم‌گیری می‌کند. مراحل مدلسازی از سمت شاخه پایین به بالا انجام می‌شوند. ابتدا مدل انتخاب مسیر سفر مشروط به نوع وسیله سفر انتخاب شده بر طبق رابطه زیر ساخته می‌شود [۱۰]:

$$P(r|m) = \frac{\exp(\alpha'_r X_r + \alpha'_{rm} X_{rm})}{\sum_{r' \in R_m} \exp(\alpha'_{r'} X_{r'} + \alpha'_{r'm} X_{r'm})} \qquad (۱۱)$$

که در آن پارامترها به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

R_m : مجموعه گزینه‌های امکانپذیر برای مسیر سفر با توجه به نوع وسیله انتخاب شده

$P(r|m)$: احتمال انتخاب مسیر سفر مشروط به انتخاب نوع وسیله سفر

برای ساخت مدل انتخاب نوع وسیله، تعیین مطلوبیت قابل انتظار بیشینه در شاخه انتخاب مسیر ضروری است.

رابطه (۱۲) چگونگی تعیین مطلوبیت قابل انتظار بیشینه شاخه انتخاب مسیر سفر را نشان می‌دهد [۱۰]:

$$U'_m = \ln \sum_{r \in R_m} \exp(\alpha'_r X_r + \alpha'_{rm} X_{rm}) \qquad (۱۲)$$

از مطلوبیت قابل انتظار بیشینه به‌عنوان متغیری مستقل در مدل انتخاب نوع وسیله استفاده می‌شود. رابطه زیر چگونگی تعیین احتمال انتخاب نوع وسیله سفر (حاشیه‌ای) را نشان می‌دهد [۱۰]:

$$P(m) = \frac{\exp(\alpha'_m X_m + \theta_m U'_m)}{\sum_{m' \in M} \exp(\alpha'_{m'} X_{m'} + \theta_{m'} U'_{m'})} \qquad (۱۳)$$

که در آن:

M : مجموعه انتخاب گزینه‌های امکانپذیر نوع وسیله سفر است.

احتمال مشترک انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P(r,m) = P(r|m).P(m) \qquad (۱۴)$$

نکته مهم در ساختار لوجیت آشیانه‌ای، محدوده تغییرات ضریب θ است. در ساختار آشیانه‌ای $0 < \theta < 1$ صفر اختیار می‌شود.

۷- طراحی مدل انتخاب مسیر سفر در راههای برون شهری

۷-۱- بررسی و جمع‌آوری عوامل مؤثر در انتخاب مسیر و نوع وسیله

نخستین گام در تحلیل سیستم، جمع‌آوری اطلاعات است. از آنجا که در رابطه با چگونگی انتخاب مسیر بین آزاد راه و جاده توسط رانندگان و تعیین سهم ترافیک هر یک در کشور، تحقیق جدیی انجام نشده است، برای این مطالعه، براساس اهداف موردنظر، آمارگیری به روش پرسشگری انجام شد.

در این آمارگیری اهداف زیر موردنظر بودند:

- شناخت پارامترها و متغیرهایی که در انتخاب مسیر و نوع وسیله توسط رانندگان مؤثر است.

www.SID.ir

Archive of SID

– استفاده از آمار جمع‌آوری شده در راستای طراحی توابع مطلوبیت مسیرهای برون شهری و محاسبه احتمال انتخاب هر یک.

با مشخص شدن اهداف آمارگیری، نوبت به طراحی برگ آمارگیری رسید. در این مرحله لازم بود که مبدأ و مقصدی از کشور انتخاب شود. لذا با بررسی لازم مبدأ و مقصد کرج – قزوین در نهایت مناسب تشخیص داده شد و برای انجام این مطالعه انتخاب شد. دلایل این انتخاب عبارتند از:

۱ـ آزادی تردد تمامی وسایل نقلیه در دو محور آزاد راه و جاده؛

۲ـ وجود پارامترهای خاصی که باعث انتخاب جاده در مقابل آزاد راه می‌شود.

در این مطالعه برای به کمیت در آوردن پارامترهای کیفی، از روش امتیازدهی استفاده شد. از پرسش شوندگان خواسته شد تا به هر یک از پارامترهای مؤثر در انتخاب خود، امتیازی بین صفر تا ۱۰۰ اختصاص بدهند. پارامترهای کیفی به‌کار رفته در این آمارگیری، راحتی وسیله نقلیه، ایمنی مسیر و دسترسی به مسیر است.

پس از طراحی برگه آمارگیری لازم بود که تعداد پرسشنامه مورد نیاز برای آمارگیری تعیین شود. به روش تعداد آمار بهینه، تعداد آمار بهینه برای مدلسازی برابر ٤٣٨ عدد به‌دست آمد که به‌منظور دقت و کارایی بیشتر، از ۵۱۰ راننده پرسشگری به‌عمل آمد. روش انتخابی برای آمارگیری به گونه‌ای بود که ابتدا با توجه به آمار موجود، تردد وسایل نقلیه در هر یک از مسیرهای آزاد راه و جاده، سهم هر یک از وسایل نقلیه مشخص و فرمهای آمارگیری با توجه به سهم هر یک از وسایل نقلیه تعیین شد. پس از محاسبه سهم هر گروه از رانندگان وسایل نقلیه، در بین آنها، آمارگیری به روش تصادفی انجام شد [۱۱].

۷-۲- تحلیل اولیه اطلاعات حاصل از آمارگیری انتخاب مسیر

پس از تدوین اهداف آمارگیری و طراحی برگ مورد نیاز، با انتخاب تصادفی ۵۱۰ راننده، آمارگیری انجام شد. این آمارگیری نشان داد که رفتار رانندگان وسایل نقلیه در انتخاب مسیرهای برون شهری ـ در مواردی که انتخاب بیش از یک مسیر امکانپذیر باشد ـ به اطلاعات، ذهنیت و عادت آنها و نیز مشخصات نوع وسیله و مسیر بستگی دارد [۱۲].

پس از پایان آمارگیری، سهم هر یک از وسایل نقلیه و مسیرها محاسبه شد. این نتایج در جدول ۱ آورده شده است. در برگ آمارگیری، از رانندگان خواسته شده بود که با توجه به ذهنیت خود از مسیر، به متغیرهای مختلف امتیازی بین ۰ تا ۱۰۰ بدهند.

از تحلیل اولیه آمار جمع‌آوری شده مشخص شد که اجبار شغلی مهمترین عامل انتخاب نوع وسیله به‌شمار می‌آید. راحتی و زمان سفر نیز جزو پارامترهای مهم در انتخاب وسیله سواری هستند. زمان سفر، ایمنی و مشخصات فیزیکی مناسبتر، مهمترین عوامل در انتخاب آزاد راه هستند. همچنین عدم عوارض و دسترسی به مناطق و شهرهای بین مسیر، مهمترین عوامل انتخاب جاده هستند، لذا در مدلسازی سعی شد که از این پارامترها استفاده شود.

جدول ۱ سهم وسایل نقلیه و مسیرها

	سواری	اتوبوس و مینی‌بوس	کامیون و تریلی	جمع
آزاد راه	۳۵/۳	۱۷/٦	۱۳/۷	٦٦/٦
جاده	۱٦/٦	۹	۷/۸	۳۳/٤
جمع	۵۱/۹	۲٦/٦	۲۱/۵	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

۸ – ارائه مدلهای انتخاب مسیر وسایل نقلیه بین آزاد راه و جاده

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده و نحوه تصمیم‌گیری رانندگان برای انتخاب بین آزاد راه و جاده، دو نوع مدل احتمالی مورد کالیبره‌سازی قرار گرفت.

برای کالیبره کردن مدلهای لوجیت موردنظر، از نرم‌افزار GAUSS استفاده شد. به‌دلیل شرایطی که مدل باید برای پذیرفته شدن داشته باشد، مدلهای مختلفی (با ترکیب انواع پارامترهای استفاده شده در توابع مطلوبیت به‌طوری‌که شرایط مدل را براورده کنند) مطالعه شد که درنهایت بهترین مدلها به‌گونه‌ای که همه شرایط را داشته باشند، انتخاب شد.

این شرایط عبارتند از:

-اعتبار علامت ریاضی متغیرها در مدل

-اعتبار خود متغیرهای به‌کار رفته در مدل

-اعتبار کلی مدل برای تطابق نسبی نتایج با مشاهدات

۸-۱- مدل نوع اول: مدل مرحله‌ای انتخاب وسیله نقلیه – مسیر

همانطور که بیان شده است در مدل مرحله‌ای، انتخاب‌کننده ابتدا درباره وسیله سفر خود تصمیم‌گیری می‌کند و پس از انتخاب وسیله سفر و تثبیت آن، به مرحله بعدی رفته و دربارهٔ انتخاب مسیر خود تصمیم‌گیری می‌کند.

مراحل مدلسازی بعکس مراحل تصمیم‌گیری انجام می‌شود. ابتدا مدل انتخاب مسیر سفر، مشروط به نوع وسیله سفر انتخاب شده، ساخته و سپس مدل انتخاب وسیله سفر طراحی می‌شود. مدل انتخاب مسیر کالیبره شده در زیر ارائه شده است:

(۱۵)

$$U_H = \underset{t=-۲.۳۷}{-۰/۰۹۲۱۹۷C^{۰.۵}} + \underset{t=۳.۹۸}{۰/۰۰۹۸۷۰T} + \underset{t=۴.۰۱}{۰/۰۰۹۸۲۴Q} + \underset{t=۵.۶۵}{۰/۰۱۳۷۲۹S}$$

(۱۶)

$$U_R = \underset{t=-۲.۰۱}{-۰/۶۷۶۶۴۶} + \underset{t=۲.۲۵}{۰/۰۵۶۵۴۱\,C^{۰.۵}} + \underset{t=۳.۱۸}{۰./۰۰۷۶۱۱\,A}$$

که در آن:

U_H, U_R: به‌ترتیب تابع مطلوبیت آزاد راه و جاده

C: هزینه عوارض متناسب با روش (در مورد جاده امتیاز عدم پرداخت عوارض)

T: کاهش زمان سفر آزاد راه نسبت به جاده

Q: امتیاز کیفیت روسازی مسیر

S: امتیاز ایمنی مسیر

A: امتیاز دسترسی مسیر

احتمال انتخاب آزاد راه و جاده در رابطه زیر محاسبه شده است.

$$U_H = ۰/۸۵ \Rightarrow P_H = \frac{e^{U_H}}{e^{U_H} + e^{U_R}} = ۰/۶۹ \qquad (۱۷)$$
$$U_R = ۰/۰۳ \Rightarrow P_R = ۱ - P_H = ۰/۳۱$$

P_H, P_R: احتمال انتخاب آزاد راه و جاده محاسبه شده توسط مدل

برای ساخت مدل انتخاب نوع وسیله، تعیین مطلوبیت قابل انتظار بیشینه در شاخه انتخاب مسیر ضروری است. پس از محاسبه مطلوبیت قابل انتظار بیشینه، از این پارامتر به‌عنوان متغیری مستقل در مدل انتخاب نوع وسیله استفاده می‌شود. لذا با استفاده از این متغیر و همچنین متغیرهای ویژه وسایل نقلیه، مراحل مدلسازی دقیقاً مانند حالت قبل ادامه پیدا می‌کند. از بین مدلهای مختلف ساخته شده مدل زیر دارای بیشترین کارایی بود:

(۱۸)

$$U_V = \underset{t=۴.۳۳}{۰/۲۲۵۳۱۵\,Ln(F_V)} + \underset{t=۲.۱۴}{۰/۲۵۰۸۱۸\,Ln(K_V)} + \underset{t=۲.۷۱}{۰/۶۲۰۸۵۸\,U'_V}$$

(۱۹)

$$U_B = \underset{t=۲.۸}{۰/۳۲۲۲۴۴\,Ln(F_B)} + \underset{t=۲.۰۶}{۰/۴۷۱۳۵۶\,U'_B}$$

اتوبوس و مینی‌بوس در تعیین تابع مطلوبیت با هم درنظر گرفته شد:

(۲۰)

$$U_T = \underset{t=۵.۳۷}{۰/۶۰۴۸۲۴\,Ln(F_T)} + \underset{t=۴.۹۶}{۰/۷۴۱۰۷۳\,U'_T}$$

که در آن:

www.SID.ir

Archive of SID

U_V, U_B, U_T: به‌ترتیب توابع مطلوبیت سواری، اتوبوس و کامیون

F_V, F_B, F_T: به‌ترتیب امتیاز اجبار شغلی سواری، اتوبوس و کامیون

K_V: امتیاز راحتی سواری

$U_V^{'}, U_B^{'}, U_T^{'}$: به‌ترتیب مطلوبیت قابل انتظار بیشینه سواری، اتوبوس و کامیون

همانطور که از توابع مطلوبیت مشخص است، ضرایب مطلوبیت‌های قابل انتظار بیشینه، همگی در فاصله (۱ و ۰) قرار دارند، لذا مدل دارای ساختار مرحله‌ای است.

۸-۱-۱- بررسی نتایج مدل مرحله‌ای

پس از طراحی مدل و بررسی درستی اعتبار آن، مجدداً مانند حالت قبل، بررسی نتایج انجام شد تا مقایسه‌ای بین نتایج مدل و آنچه از آمارگیری به‌دست آمده به‌عمل آید. به این‌منظور اطلاعات موجود در پرسشنامه‌ها در داخل توابع احتمال قرار داده شد. نتایج نهایی به‌دست آمده به‌وسیله تابع لوجیت، محاسبه و در رابطه زیر آورده شده‌اند.

(۲۱)

$$\begin{cases} U_V = -۰/۸۱۹۴۸ \Rightarrow P_V = \dfrac{e^{U_V}}{e^{U_V}+e^{U_B}+e^{U_T}} = ۰/۵۸۴ \\ U_B = -۱/۷۳۸ \Rightarrow P_B = \dfrac{e^{U_B}}{e^{U_V}+e^{U_B}+e^{U_T}} = ۰/۲۳۳ \\ U_T = -۱/۹۷۹۱۹ \Rightarrow P_T = ۱ - U_V - U_B = ۰/۱۸۳ \end{cases}$$

که در آن:

P_V, P_B, P_T: به‌ترتیب احتمالهای انتخاب سواری، اتوبوس و کامیون محاسبه شده توسط مدل را نشان می‌دهند.

۸-۱-۲- محاسبه احتمالهای مشترک نوع وسیله - مسیر

در مدل مرحله‌ای احتمال انتخاب مشترک نوع وسیله - مسیر محاسبه می‌شود. بر طبق روابط ۱۸ تا ۲۰ و نتایج مدل مستقیم ساخته شده می‌توان این احتمالات را محاسبه کرد:

$$P(H,V) = P(H|V).P(V) = ۰/۴ \quad (۲۲)$$

$$P(R,V) = P(R|V).P(V) = ۰/۱۸ \quad (۲۳)$$

$$P(H,B) = P(H|B).P(B) = ۰/۱۶ \quad (۲۴)$$

$$P(R,B) = P(R|B).P(B) = ۰/۰۷ \quad (۲۵)$$

$$P(H,T) = P(H|T).P(T) = ۰/۱۳ \quad (۲۶)$$

$$P(R,T) = P(R|T).P(T) = ۰/۰۶ \quad (۲۷)$$

که در این روابط پارامترها به‌صورت زیر تعریف شده است:

$P(\alpha,\beta)$: احتمال انتخاب مشترک مسیر α و مد β

$P(\alpha|\beta)$: احتمال انتخاب مسیر α مشروط به انتخاب مد β

$P(\beta)$: احتمال انتخاب نوع وسیله

H: آزاد راه

R: جاده اصلی

V: سواری

B: اتوبوس و مینی‌بوس

T: کامیون و تریلی

۸-۲- مدل نوع دوم: مدل همزمان انتخاب نوع وسیله - مسیر

در این روش همانگونه که بیان شد، بدون وجود فرض اضافی، احتمال مشترک انتخاب نوع وسیله - مسیر سفر در یک مرحله تعیین می‌شود. به‌دلیل اینکه در این روش متغیرهای زیادی وجود دارند، این روش از پیچیدگیهای خاصی برخوردار است. به‌همین دلیل برای سادگی کار و ازآنجاکه موضوع اصلی این پژوهش تخصیص ترافیک یا انتخاب مسیر است، لذا وسایل نقلیه به دو دسته زیر تقسیم‌بندی شد:

الف) وسایل نقلیه مسافری: شامل سواری، مینی‌بوس و اتوبوس

ب) وسایل نقلیه باری: شامل کامیون و تریلی

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش پارامترها و مشخصات مخصوص نوع وسیله و مسیر، برخلاف روش مرحله‌ای، به‌طور همزمان مورد توجه و در طراحی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. پارامترهای مختلفی در حالتهای مختلف بررسی شد که در نهایت مدلهای ارائه شده در روابط (۲۸) تا (۳۱) بهترین کارایی را داشتند:

$$U_{H,Tr} = \underset{t=۸.۸۷}{۰/۸۶۷۲۶۳}\,Ln(T) + \underset{t=٤.١}{۰/۰۳٦٥٨١}\,S \qquad (۲۸)$$

$$U_{R,Tr} = \underset{t=١۶.۴۹}{۰/۰۹٥٨١۰}\,C + \underset{t=۸.١٥}{۰/۰۳۲۲۳۴}\,A \qquad (۲۹)$$

$$U_{H,Ca} = \underset{t=۸.٤۸}{۰/۳۹۷۹۲۹}\,Ln(T) + \underset{t=۷.۷١}{۰/۰۰۹٥۰١}\,S \qquad (۳۰)$$

$$U_{R,Ca} = \underset{t=۷.۲۸}{۰/۰٤۷۳١۳}\,C + \underset{t=۲.۸٦}{۰/۰۲۸٤۸٦}\,A \qquad (۳۱)$$

که در این روابط پارامترها به‌صورت زیر تعریف شده است:

T, S, A: مانند روابط قبل

$U_{\alpha,\beta}$: تابع مطلوبیت مسیر α مشروط به انتخاب نوع وسیله β

Tr: وسیله مسافری

Ca: وسیله باری

همانطور که از توابع مطلوبیت مشخص است در مواردی که مسیر انتخابی آزاد راه بوده، پارامترهای زمان و ایمنی و در مواردی که مسیر انتخابی جاده بوده، پارامترهای عدم پرداخت عوارض و دسترسی منظور شده است.

۸-۲-۱- بررسی نتایج مدل همزمان

به‌منظور مقایسه نتایج مدل و آنچه مشاهده شده، مجدداً بررسی نتایج انجام شد تا کارایی مدل طراحی شده ارزیابی شود. برای این‌منظور نتایج پرسشنامه‌های آمارگیری در درون توابع مطلوبیت قرار داده شد و با محاسبه احتمال انتخاب گزینه‌ها، این احتمالات با آنچه توسط رانندگان انتخاب شده بود، مقایسه شد.

$$\begin{aligned} U_{H,Tr} &= ۱/۲۰ \Rightarrow P_{H,Tr} = ۰.٥١٨ \\ U_{R,Tr} &= ۰/٦۰ \Rightarrow P_{R,Tr} = ۰.۲٨٤ \\ U_{H,Ca} &= -۰/۳ \Rightarrow P_{H,Ca} = ۰.١١٥ \\ U_{R,Ca} &= -۰/٦۳ \Rightarrow P_{R,Ca} = ۰.۰٨ \end{aligned} \qquad (۳۲)$$

که در آن:

$P_{\alpha,\beta}$: احتمال انتخاب همزمان مسیر α و وسیله β را نمایش می‌دهد.

۹- نتیجه‌گیری

مهمترین نتایج این مطالعه عبارتند از:

۱- کارا نبودن روشهای متداول و کلاسیک برای تخصیص ترافیک در حمل و نقل بین شهری (به‌دلیل عدم مطابقت با حمل و نقل شهری مانند نبود تراکم ترافیک)

۲- مناسب بودن استفاده از مدلهای انتخاب (که در آن فرد تصمیم‌گیرنده با مقایسه مطلوبیت گزینه‌های مختلف مطلوب‌ترین گزینه را انتخاب می‌کند) برای طراحی مدل تخصیص ترافیک بین‌شهری و در حالت خاص این مقاله بین آزاد راه و جاده اصلی.

۳- مقایسه نتایج مدل مرحله‌ای و همزمان بیانگر این موضوع است که نتایج مدل مرحله‌ای سازگاری و تطابق بیشتری با نحوه انتخاب مسیر در مسیرهای بین‌شهری ایران دارد. دلیل این موضوع در ماهیت مدل مرحله‌ای نهفته است، زیرا همانطور که بیان شد نوع وسیله نقلیه در انتخاب مسیر تأثیر زیادی دارد و مدل مرحله‌ای، مدلی است که در آن ابتدا وسیله نقلیه انتخاب و پس از تثبیت این مرحله، انتخاب مسیر انجام می‌شود.

۱۰- منابع

[1] Ortuzar, J. D.; L. G. Willumsen; Modeling Transport; Third Edition, John Wiley & Sons; 2001.

[2] Antonisse, R. W.; Highway Assignment Method Based on Behavioral Models of

www.SID.ir

Archive of SID

Car Driver's Route Choice; Transportation Research Record; No. 1220;1989.

[3] Ben-Akiva, M.; Adaption of Logit Kernal to Route Choice Situation; 81'th Annual Meeting of TRB; 2002.

[4] Ben-Akiva, M.; Discrete Choice Methodes & Their Application to Short Term Travel Dicisions; Handbook of Transportation Science; Chapter 2; 1999.

[5] Hanson, Susan (ed.); The Geography of Urban Transportation; 2nd Ed; Guildford Press; NewYork; 1995.

[6] Manski C. ; The structure of Random Utility Models; Theory & Descision; 8:229-254; 1977.

[7] McFadden D.; K. Train; Mixed Multinomial Logit Models for Discrete Response; Technical Report, University of California, Berkeley; Ca, 1997.

[8] Ben-Akiva M.; B. Boccara; Discrete Choice Models with Latent Choice Set; International Journal of Resaerch in Marketing; 12:9-24; 1995.

[9] Transportation Research Board.; In Pursuit of Speed: New Options for Intercity Passenger Transport; Special Report 233; National Research Council; Washington, D. C.; 1991.

[10] Ben-Akiva M.; Structure of Passenger Travel Demand Models; Transportation Research Record; 526; 1974.

[11] Quandt, R.; Young, K. H.; Cross-Sectional Travel Demand Models: Estimates and Tests; Journal of Regional Science; 9; 1969.

[12] Ortuzer, J. de D.; Willumsen, L. G.; Modelling Transport; 2nd ed.; John Wiley and Son; 1994.

[13] Kresge, David T.; Roberts, Paul O.; The Systems Approach to Transport Planning, in John R Meyer(ed); Techniques of Transport Planning; Brookings Institution, Washington, D. C; 1971.

www.SID.ir