طراحی مدل تخصیص ترافیک بین آزادراه‌ها و جاده‌های اصلی برون شهری

شهریار افندی زاده، استادیار، دانشکده عمران ، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
حسین حدادزادگان، کارشناس ارشد، دانشکده عمران ، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-mail: zargari@iust.ac.ir

چکیده

با توجه به تفاوت های بین حمل و نقل "شهری" و "بین شهری"، در انجام این مطالعه از روشهای متفاوتی استفاده شده است. با مطالعه بر روی نحوه تخصیص ترافیک در راههای کشور (به ویژه مسیرهای دارای آزادراه و راه اصلی در کنارهم) و بررسی رفتار رانندگان به این موضوع پی برده شد که ویژگی ها و مشخصات مسیر دارای اهمیت زیادی در انتخاب مسیر هستند. اهمیت ویژگیهای مسیر یا به عبارت دیگر مطلوبیت مسیر در انتخاب شدن یا نشدن آن موجب شدکه در انجام این پژوهش از مدلهای دارای توابع مطلوبیت استفاده شود. با بررسی های انجام شده مدلهای لوجیت انتخاب شدند تا با بررسی عوامل مؤثر در انتخاب مسیر و بررسی روشهای مدلسازی در این زمینه، بهترین روش به منظور طراحی مدل مناسب ارائه گردد. در این تحقیق همچنین با توجه به اهمیت و نقش نوع وسیله در انتخاب مسیر، علاوه بر توجه به نحوه انتخاب مسیر ، تاثیر انتخاب نوع وسیله نیز در انتخاب مسیر در نظر گرفته شد که نتیجه آن ساخت مدلهای مرحله ای و همزمان انتخاب نوع وسیله - مسیر است.

واژه های کلیدی : مطلوبیت ، مدل مرحله ای ، مدل همزمان ، انتخاب نوع وسیله ، انتخاب مسیر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. مقدمه

مدل کردن رفتار سفر مرحله اصلی در تحلیل تقاضای حمل ونقل است. برآورد تقاضا دارای چهار مرحلهٔ تولید، توزیع ، تفکیک و تخصیص سفر است. ساختار عمومی این مدلها تجمعی است. در عمل تحلیل رفتار سفرمعمولاً غیر تجمعی است، به این معنا که مدلها نمایش دهندهٔ رفتار انتخابی مسافران هستند[5].

در این مقاله به بررسی مبانی و اصول کلی روش های رایج در مدل سازی حمل و نقل پرداخته می شود. با توجه به اصول کلی نظریه انتخاب ، مورد خاص انتخاب مسیر (تخصیص ترافیک) با در نظر گرفتن اثر انتخاب وسیله سفردر حمل و نقل برون شهری به عنوان موضوع اصلی این مقاله ، مورد توجه قرار گرفته است.

نکته قابل توجه این است که در مدلهای تحلیل تقاضای سفر بین شهری گاهی بعضی از مراحل چهارگانه مدل کلاسیک تحلیل تقاضای سفر در هم ادغام می شوند[10,14]. بنابراین، در این پژوهش نیز سعی شده است که اثر انتخاب نوع وسیله در انتخاب مسیر دیده شود.

۲. تئوری مطلوبیت اتفاقی

در تئوری مطلوبیت اتفاقی فرض می شود که تصمیم گیرنده قابلیت تمیز بین گزینه ها را داراست. عوامل نامشخص و مجهول در فرآیند انتخاب وجود دارند، در نتیجه این موارد باید به حساب آورده‌شوند. لذا تابع مطلوبیت به منظور نشان دادن موارد نامشخص با در نظر گرفتن متغیر تصادفی مدل می‌شود. در بیشتر

موارد تابع مطلوبیت انتخاب گزینه i توسط شخص n در مجموعهٔ انتخاب Cn به صورت رابطهٔ(۱) بیان می شود[۱]:

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

V_{in}: قسمت قطعی تابع مطلوبیت

ε_{in}: قسمت اتفاقی تابع مطلوبیت

گزینه با بیشترین مطلوبیت انتخاب می شود، درنتیجه احتمال اینکه گزینهٔ i در مجموعهٔ Cn توسط شخص n انتخاب شود توسط رابطهٔ (۲) برابر است با [۲]:

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

قسمت قطعی تابع مطلوبیت (V_{in}) تابعی از ویژگی های خود گزینه ومشخصات شخص تصمیم‌گیرنده است.در رابطهٔ زیر این مطلب بیان شده است:[۲]

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

z_{in}: بردار ویژگیهای گزینهٔ i که توسط شخص تصمیم گیرندهٔ n مشاهده شده است،

S_n: بردار مشخصات شخص تصمیم گیرندهٔ n

پرداخت آن، تابع مطلوبیت را به صورت تابعی خطی از ویژگی ها و صفات گزینه های موجود فرض می کنند. طبق رابطهٔ (٤) قسمت قطعی تابع مطلوبیت را می توان به صورت خطی تعریف کرد [۹]:

$$V(z_{in}, S_n) = \alpha_i + \sum_{s=1}^{S} \alpha_s z_{si} + \sum_{t=1}^{T} \alpha_{ti} S_n \qquad (٤)$$

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

$\sum_{t=1}^{T} \alpha_{ti} S_n$: مجموعهٔ مشخصات شخص تصمیم گیرندهٔ n برای انتخاب گزینهٔ i ام به همراه ضرایب آن

S: تعداد ویژگی های قابل مشاهدهٔ گزینهٔ i ام

T: تعداد مشخصات قابل مشاهدهٔ شخص n ام

۳. مدل‌های لوجیت

مدل های لوجیت مکرراً برای تحلیل تقاضای سفر بکاربرده می شوند. مدلهای لوجیت به دو دسته اصلی مدلهای لوجیت چندگانه و مدلهای لوجیت آشیانه ای تقسیم می شوند.

۳-۱ مدل های لوجیت چندگانه

مدل های لوجیت در ابتدا تحت عنوان مدل های لوجیت دوگانه که برای محاسبهٔ میزان احتمال انتخاب بین دو گزینه بکاربرده می‌شدند، معرفی شدند. سپس این مدل ها به صورت عمومی درآمدند وبرای محاسبهٔ میزان احتمال انتخاب از میان دو گزینه بیشتر مورد استفاده قرار گرفتند. این مدل ها، مدل های لوجیت چندگانه نامیده می شوند [۱۸].

این مدل ها بر پایهٔ این فرض که قسمت‌های خطای تابع مطلوبیت گزینه ها مستقل از یکدیگرند وازتوزیع گامبل تبعیت می کنند، تعریف می‌شوند.

احتمال این که شخص n گزینهٔ i را در مجموعهٔ انتخاب C_n انتخاب کند در این مدل به وسیلهٔ رابطهٔ(۵) محاسبه می شود [۱۸و۱۹]:

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

μ: پارامتر همواره مثبت[۱۳]

مهم‌ترین ویژگی مدلهای لوجیت چندگانه را می توان این گونه بیان کرد: " نسبت احتمال انتخاب هر دو گزینه دلخواه مستقل از مجموعهٔ انتخاب است." به عبارت دیگر برای هردو مجموعهٔ انتخاب C_1 و C_2 بطوری که $C_1 \subseteq C_n$ و $C_2 \subseteq C_n$ وبرای هر دو گزینهٔ دلخواه i و j که در هر دو مجموعهٔ C_1 و C_2 قرار دارند، طبق رابطهٔ (٦) می توان بیان کرد [۱،۹]:

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳-۲ مدلهای لوجیت آشیانه‌ای

مدلهای لوجیت آشیانه ای، اولین بار توسط بن آکیوا پیشنهادشد.این مدل ها در واقع حالت توسعه یافتهٔ مدل های لوجیت چندگانه هستند که برای محاسبهٔ میزان همبستگی میان گزینه‌ها طراحی شدند.این مدلها بر اساس تفکیک مجموعهٔ انتخاب C_n به M آشیانهٔ C_{mn} تعریف می‌شوند. این تعریف در رابطهٔ (۷) بیان شده است [۱۶]:

$$C_n = \sum_{m=1}^{M} C_{mn} \qquad (۷)$$

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

تابع مطلوبیت انتخاب هر گزینه از یک قسمت مختص به خود گزینه و یک قسمت مرتبط با آشیانه ای که گزینه در آن قرار دارد، تشکیل شده است. رابطهٔ (۸) حالت کلی تابع مطلوبیت در مدل لوجیت آشیانه ای را نشان می دهد [۲]:

$$U_{in} = V_{in}' + \varepsilon_{in}' + V_{Cmn}' + \varepsilon_{Cmn}' \qquad (۸)$$

همانند مدل های لوجیت چندگانه قسمتهای خطای ε_{in}' و ε_{Cmn}' مستقل فرض می شوند واز توزیع گامبل پیروی می کنند.

احتمال این که شخص n گزینهٔ i را که در آشیانهٔ C_{mn} قرار دارد انتخاب کند، در این مدل به وسیله رابطهٔ (۹) محاسبه می شود [۲]:

$$P(i|C_n) = P(C_{mn}|C_n)P(i|C_{mn}) \qquad (۹)$$

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

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

μ_m : پارامتر آشیانه

μ : پارامتر مجموعهٔانتخاب

۴. روش‌های تعیین مطلوبیت مشترک

سه روش برای تعیین مطلوبیت مشترک انتخاب چند گزینه وجود دارند که عبارتند از : ساختار مستقیم ، ساختار مرحله ای و ساختار همزمان.

٤-١ ساختار مستقیم

ساختار مستقیم بر پایه استقلال کامل گزینه ها از هم استوار است که در مساله انتخاب مد- مسیر سفر امری درست به نظر نمی‌رسد. اگر فرض شودکه انتخاب وسیله سفر و مسیر از هم کاملا مستقل هستند آنگاه روابط ۱۰ الی ۱۲ برقرار خواهد بود [۳و٤]:

$$P(r|R) = P(U_r \geq U_{r'}, \forall r' \in R) \qquad (۱۰)$$

$$P(m|M) = P(U_m \geq U_{m'}, \forall m' \in M) \qquad (۱۱)$$

$$P(r,m|R,M) = P(r|R).P(m|M) \qquad (۱۲)$$

که در آن :

R : مجموعه انتخاب مسیر

M : مجموعه انتخاب وسیله سفر

U_r : مطلوبیت سفر از مسیر r

U_m : مطلوبیت استفاده از وسیله m. را نمایش می دهند.

۴-۲ ساختار مرحله ای

در ساختار مرحله ای فرض می‌شود که نوع وسیله - مسیر به یکدیگر وابسته است. اگر انتخاب وسیله سفر مشروط به انتخاب مسیر سفر باشد ، آنگاه رابطه ۱۳ برقرار است [۱۷]:

$$P(m|M_r) = P(U_{m|r} \geq U_{m'|r}, \forall m' \in M_r) \qquad (۱۳)$$

که در آن :

$U_{m|r}$: مطلوبیت وسیله m وقتی مسیر r انتخاب شده باشد.

$P(m|M_r)$: احتمال انتخاب وسیله m وقتی مسیرr انتخاب شده باشد.

M_r : مجموعه انتخاب وسیله مشروط به انتخاب مسیر r .

اگر انتخاب مسیر مشروط به انتخاب وسیله سفر باشد ، آنگاه رابطه ١٤ برقرار است[٤]:

$$P(r|R_m) = \Pr ob(U_{r|m} \geq U_{r'|m}, \forall r' \in R_m) \qquad (14)$$

که در آن :

$U_{r|m}$: مطلوبیت مسیر r وقتی وسیله سفر m انتخاب شده باشد.

$P(m|M_r)$: احتمال انتخاب مسیر r وقتی وسیله سفر m انتخاب شده باشد.

R_m : مجموعه گزینه های مسیر قابل دسترس با وسیله m .

وقتی مقدار احتمال مشترک $P(r,m)$ مشخص باشد ، هر یک از احتمال های حاشیه ای انتخاب وسیله و انتخاب مسیر سفر را می توان به سهولت تعیین کرد [٤]:

$$P(r|R_m) = \frac{P(r,m|RM)}{\sum_{r \in R_m} P(r,m|RM)} \qquad (15)$$

$$P(m|M_r) = \frac{P(r,m|RM)}{\sum_{m \in M_r} P(r,m|RM)} \qquad (16)$$

۳-۴ ساختار همزمان

در این روش بدون وجود فرض اضافی ، احتمال مشترک انتخاب وسیله و مسیر سفر در یک مرحله تعیین می شود[۳و٤]:

$$P(rm|RM) = \Pr ob(U_{rm} \geq U_{r'm'}, \forall r'm' \in RM) \qquad (17)$$

که در آن :

U_{rm} : مطلوبیت وسیله سفر- مسیر سفر rm

$P(rm|RM)$: احتمال انتخاب نوع وسیله- مسیرسفر rm

RM : مجموعه انتخاب گزینه های ترکیب نوع وسیله- مسیر سفر

از توابع زیادی می توان در ساختار احتمالی انتخاب وسیله و مسیر سفر استفاده کرد. یکی از این توابع که کاربرد زیادی دارد تابع گامبل است که ساختار لوجیت حاصل آن است. امروزه استفاده از ساختار لوجیت در تحلیل تقاضای حمل و نقل، بسیار متداول است[14].

۵- مدلهای با ساختار همزمان و مرحله ای لوجیت

دستیابی به یک مدل مناسب انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر(همزمان یا مرحله ای) علاوه بر تشخیص متغیرها و عوامل مؤثر در انتخاب افراد تصمیم گیر ، نیاز به استفاده بجا و صحیح از متغیرها در هر مرحله از مدل سازی دارد. این موضوع در ساختارهای مرحله ای نقش اساسی‌تری ایفا می کند. به طور کلی متغیرهای مورد استفاده در مدلهای انتخاب مسیر- وسیله سفر به سه دسته تقسیم می شوند [۱۵].

الف) متغیرهای ویژه انتخاب وسیله

ب) متغیرهای ویژه انتخاب مسیر

ج) متغیرهای مشترک در انتخاب وسیله و مسیر سفر

۵-۱ مدل انتخاب وسیله- مسیر سفر با ساختار لوجیت همزمان

در مدل های همزمان انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر، فرد تصمیم گیرنده به طور همزمان درباره انتخاب وسیله و مسیر سفر مطلوب تر نزد خود تصمیم‌گیری می‌کند. رابطه زیر احتمال انتخاب نوع وسیله- مسیر سفر را توسط فرد تصمیم گیرنده در مدل همزمان نشان می دهد [۸]:

$$P(r,m) = \frac{\exp(\alpha_r X_r + \alpha_m X_m + \alpha_{rm} X_{rm})}{\sum_{r' \in R} \sum_{m' \in M} [\exp(\alpha'_r X_r + \alpha'_m X_m + \alpha'_{rm} X_{rm})]} \qquad (18)$$

که در آن:

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

R : مجموعه انتخاب گزینه های امکان پذیر مسیر سفر

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

X_r : متغیر ویژه انتخاب مسیر

α_r : ضریب متغیر ویژه انتخاب مسیر

X_m : متغیر ویژه انتخاب وسیله سفر

α_m : ضریب متغیر ویژه انتخاب وسیله سفر

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

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

ضرایب α_r و α_m و α_{rm} هنگام پردازش مدل محاسبه و تعیین می شود

۲-۵ مدلهای انتخاب وسیله - مسیر سفر با ساختار لوجیت مرحله‌ای

در این حالت فرد تصمیم‌گیرنده ابتدا درباره وسیله سفر مورد نظر خود تصمیم‌گیری می کند و پس از انتخاب نوع مطلوب ترآن ، به مرحله بعدی می رود و درباره انتخاب مسیر سفر با توجه به وسیله انتخاب شده تصمیم گیری می کند. مراحل مدل سازی از شاخه پایین به بالا انجام می شود. ابتدا مدل انتخاب مسیر سفر مشروط به وسیله سفر انتخاب شده طبق رابطه ۱۹ ساخته می شود [۸]:

$$P(r|m)=\frac{\exp(\alpha'_r X_r+\alpha'_{rm}X_{rm})}{\sum_{r'\in R_m}\exp(\alpha'_{r'}X_{r'}+\alpha'_{r'm}X_{r'm})} \qquad (۱۹)$$

که در آن :

Rm :مجموعه گزینه های مسیر سفر امکان پذیر با توجه به وسیله انتخاب شده

P(r/m) : احتمال انتخاب مسیر سفر مشروط به انتخاب وسیله سفر برای ساخت مدل انتخاب وسیله نیاز به تعیین مطلوبیت قابل انتظار بیشینه در شاخه انتخاب مسیر است. رابطه (۲۰) چگونگی تعیین مطلوبیت قابل انتظار بیشینه شاخه انتخاب مسیر سفر را نشان می‌دهد[۸] .

$$U'_m=\ln\sum_{r\in R_m}\exp(\alpha'_r X_r+\alpha'_{rm}X_{rm}) \qquad (۲۰)$$

مطلوبیت قابل انتظار بیشینه خود به عنوان یک متغیر مستقل در مدل انتخاب وسیله استفاده می شود. در این حالت ، مطلوبیت قابل انتظار بیشینه از نوع متغیر ویژه انتخاب وسیله است. رابطه ۲۱ چگونگی تعیین احتمال انتخاب وسیله سفر(حاشیه ای) را نشان می دهد[۸] .

$$P(m)=\frac{\exp(\alpha'_m X_m+\theta_m U'_m)}{\sum_{m'\in M}\exp(\alpha'_{m'}X_{m'}+\theta_{m'}U'_{m'})} \qquad (۲۱)$$

که در آن :

M: مجموعه انتخاب گزینه‌های امکان پذیر وسیله سفر

احتمال مشترک انتخاب وسیله- مسیر سفر از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$P(r,m)=P(r|m).P(m) \qquad (۲۲)$$

نکته مهم در ساختار لوجیت آشیانه ای محدوده تغییرات ضریب θ است. درساختارآشیانه‌ای $\theta<1$ صفر اختیار می شود.

۶. طراحی مدل تخصیص سفر بین آزادراه و راه اصلی

۶-۱ بررسی عوامل مؤثر در انتخاب مسیر

نخستین گام در تحلیل یک سیستم ، گرد آوری اطلاعات است. از آنجا که در رابطه با چگونگی انتخاب مسیر بین آزادراه و راه توسط رانندگان و تعیین سهم ترافیک هر یک در کشور تحقیق جدی صورت نگرفته است ، برای انجام این مطالعه ، بر اساس اهداف مورد نظر اقدام به آمارگیری به روش پرسشگری شد.

در انجام این آمارگیری اهداف زیر مورد نظر بود:

- شناخت برسنج ها و متغیرهایی که در انتخاب مسیر ووسیله توسط رانندگان مؤثر است
- استفاده از آمار گردآوری شده در راستای طراحی توابع مطلوبیت راه و آزادراه و محاسبه احتمال انتخاب هر یک.

۶-۲ طراحی فرم آمارگیری

با مشخص شدن اهداف آمارگیری ، نوبت به طراحی فرم پرسشنامه آمارگیری رسید. در این مرحله لازم بود تا مبدا و مقصدی از کشور که دارای آزادراه و راه اصلی در کنار یکدیگرند انتخاب شود. بنابراین با بررسی لازم، نهایتا مبدا و مقصد کرج - قزوین مناسب تشخیص داده شده و جهت انجام این مطالعه انتخاب گردید. دلایل این انتخاب عبارتند از[۲۰]:

۱ـ آزادی تردد تمامی وسایل نقلیه در دو محور آزادراه و راه

۲ـ وجود عوامل خاصی که باعث انتخاب راه در مقابل آزادراه می شود.

در این مطالعه برای به کمیت در آوردن برسنج های کیفی از روش امتیاز دهی استفاده شد. از پرسش شوندگان خواسته شد تا به هر یک از برسنج های مؤثر در انتخاب خود امتیازی بین صفر تا ۱۰۰ بدهند. پارامترهای کیفی بکار رفته در این آمارگیری، راحتی وسیله نقلیه ، ایمنی مسیر و دسترسی مسیر هستند

۶-۲-۱ روش آمارگیری

پس از طراحی فرم پرسشنامه آمارگیری لازم بود تعداد فرم مورد نیاز جهت آمارگیری تعیین شود با استفاده از روش تعداد آماربهینه، تعداد آمار بهینه جهت مدل سازی ٤٣٨ عدد به دست آمد که برای دقت و کارایی بیشتر از ۵۱۰ راننده پرسشگری به عمل آمد. روش انتخابی برای آمارگیری به گونه ای بود که ابتدا با توجه به آمار موجود تردد وسایل نقلیه در هر یک از مسیرهای آزادراه و راه، سهم هر یک از وسایل نقلیه مشخص شد و فرمهای آمارگیری با توجه به سهم هر یک از وسایل نقلیه تقسیم گردید. پس از محاسبه سهم هر گروه از رانندگان وسایل نقلیه ، در بین آنها اقدام به آمارگیری به روش تصادفی گردید[۷].

جدول ۱. سهم وسایل نقلیه و مسیرها

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

۶-۳ تحلیل اولیه اطلاعات حاصل از آمارگیری انتخاب مسیر

پس از تدوین اهداف آمارگیری و طراحی فرم مورد نیاز ، با انتخاب تصادفی ۵۱۰ راننده مبادرت به انجام آمارگیری گردید. این آمارگیری نشان داد که رفتار رانندگان وسایل نقلیه در انتخاب مسیرهای برون شهری در مواردی که قادر به انتخاب بیش از یک مسیر هستند ، بستگی به اطلاعات ، ذهنیت و عادت آنها و نیز مشخصات وسیله نقلیه و مسیر دارد[11].

پس از پایان آمارگیری سهم هر یک از وسایل نقلیه و مسیرها مورد محاسبه قرار گرفت. این نتایج در جدول (۱) آمده است.در فرم 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 گردآوری شده مشخص گردید که اجبار شغلی مهم ترین عامل انتخاب وسیله به شمار می آید. راحتی و زمان سفر نیز از برسنج های مهم در انتخاب وسیله سواری هستند. زمان سفر ، ایمنی و مشخصات فیزیکی مناسب ، مهم ترین عوامل در انتخاب آزادراه هستند. همچنین عدم وجود عوارض و دسترسی به مناطق و شهرهای بین مسیر از مهم ترین عوامل انتخاب راه به شمار می آیند، بنا بر این تلاش گردید در مدلسازی از این برسنج ها استفاده شود.

۷. ارائه مدل‌های تخصیص وسایل نقلیه بین آزادراه و راه

با توجه به اطلاعات گردآوری شده و نحوه تصمیم‌گیری رانندگان برای انتخاب بین دو گزینه آزادراه و راه سه نوع مدل احتمالی مورد کالیبراسیون قرار گرفت.

برای کالیبره کردن مدلهای لوجیت مورد نظر از نرم افزار GAUSS استفاده گردید. به دلیل شرایطی که یک مدل می بایست برای پذیرفته شدن داشته باشد ، محقق به ساخت مدلهای مختلفی (با ترکیب انواع پارامترهای استفاده شده در توابع مطلوبیت به طوری که شرایط مدل را برآورده کنند) همت گمارد که در نهایت بهترین مدلها به گونه‌ای که همه شرایط را دارا باشند انتخاب شد.

این شرایط عبارتند از:

اعتبار علامت ریاضی متغیرها در مدل: اعتبار علامت ریاضی متغیرها در تابع مطلوبیت به این معنا است که برسنج هایی که باعث افزایش مطلوبیت یک گزینه و در نتیجه انتخاب بیشتر آن گزینه می شوند می بایست با علامت مثبت و همچنین برسنج هایی که باعث کاهش مطلوبیت یک گزینه و در نتیجه کاهش انتخاب آن گزینه می شوند می بایست با علامت منفی در مدل ظاهر شوند.

اعتبار خود متغیرهای بکار رفته در مدل: به این منظور می بایست قدر مطلق آزمون t متغیرها و اعداد ثابت مدل بالاتر از t بحرانی که معمولاً با فرض $\alpha = 0.5$ حدوداً برابر ۲ است ، باشد.

اعتبار کلی مدل برای تطابق نسبی نتایج با مشاهدات. در این راستا در حالت استفاده از روش بیشینه (ML) ، از مقایسه تابع لگاریتم احتمال در شرایط بیشینه بودن $(LL(\hat{\beta}))$ و در شرایط صفر $(LL(0))$ استفاده می شود[6,10].

۷-۱ مدل نوع اول: مدل انتخاب مسیر

در این مدل تنها به مساله انتخاب مسیر توجه شد، لذا تنها برسنج‌هایی که رانندگان در انتخاب مسیر خود به آن توجه کرده بودند در مدل گنجانده شدند. برسنج‌های مختلف به اشکال گوناگون در مدل استفاده شدند و هدف این بود که در تعیین توابع مطلوبیت آزادراه و راه اصلی متغیرهای بیشتری حضور داشته باشند ، ولی از آنجا که می بایست تمامی متغیرها معنی دار باشند

بودند در مدل گنجانده شدند. برسنج‌های مختلف به اشکال گوناگون در مدل استفاده شدند و هدف این بود که در تعیین توابع مطلوبیت آزادراه و راه اصلی متغیرهای بیشتری حضور داشته باشند ، ولی از آنجا که می بایست تمامی متغیرها معنی دار باشند لذا بهترین حالت انتخاب شد. حالت بهینه در نهایت به شکل زیر محاسبه شد:

$$U_H = \underset{t=-2.37}{-0.092197C^{0.5}} + \underset{t=3.98}{0.009870T} + \underset{t=4.01}{0.009824Q} + \underset{t=5.65}{0.013729S} \quad (۲۳)$$

$$U_R = \underset{t=-2.01}{-0.676646} + \underset{t=2.25}{0.056541C^{0.5}} + \underset{t=3.18}{0.007611A} \quad (۲۴)$$

که در آن:

U_H, U_R: به ترتیب تابع مطلوبیت آزادراه و راه اصلی

C: هزینه عوارض متناسب با نوع وسیله (در مورد جاده امتیاز عدم پرداخت عوارض-عدم پرداخت عوارض در انتخاب جاده عامل مهمی است)

T: کاهش زمان سفر آزادراه نسبت به راه

Q: امتیاز کیفیت روسازی مسیر

S: امتیاز ایمنی مسیر

A: امتیاز دسترسی مسیر

۷-۱-۱ بررسی نتایج مدل انتخاب مسیر

به منظور بررسی نتایج مدل، اطلاعات درون فرمها به منظور محاسبه احتمال انتخاب بین آزادراه و راه اصلی درون توابع مطلوبیت قرار گرفت که نتایج آن در زیر ارائه می شود .

$$U_H = 0.85 \Rightarrow P_H = \frac{e^{U_H}}{e^{U_H} + e^{U_R}} = 0.69 \quad (۲۵)$$
$$U_R = 0.03 \Rightarrow P_R = 1 - P_H = 0.31$$

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

با توجه به جدول (۱) می توان اختلاف بین سهم تردد مشاهده شده درّ آزادراه و راه اصلی را با آنچه توسط مدل محاسبه شده است محاسبه کرد.

با توجه به درصد اختلاف محاسبه شده می توان به میزان دقت نسبتاً زیاد مدل پی برد. با مشاهده دو وضعیت تابع لگاریتم احتمال که در زیر نشان داده شده است ، مشخص می شود که مدل از اعتبار مناسبی برخوردار است.

$$\begin{cases} -LL(0) = -707 \\ -LL(\hat{\beta}) = -372.07 \end{cases}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲. مقایسه نتایج محاسبه شده توسط مدل مستقیم با نتایج مشاهده شده

درصد انتخاب آزادراه (مشاهده شده)	درصد انتخاب آزادراه (محاسبه شده)	درصد اختلاف
٦٦/٦	٦٩	٣/٤٨

جدول ۳. مقایسه نتایج محاسبه شده توسط مدل مرحله ای با نتایج مشاهده شده

	نتایج مدل	نتایج مشاهده شده
درصد انتخاب سواری	٥٨/٤	٥١/٩
درصد انتخاب اتوبوس	٢٣/٣	٢٦/٦
درصد انتخاب کامیون	١٨/٣	٢١/٥

۷-۲ مدل نوع دوم: مدل مرحله‌ای انتخاب نوع وسیله – مسیر

همان طور که بیان شده است در مدل مرحله ای، تصمیم گیر ابتدا درباره وسیله سفر خود تصمیم گیری می‌کند و پس از انتخاب و تثبیت آن به مرحله بعدی می رود و دربارهٔ انتخاب مسیر خود تصمیم گیری می نماید

مراحل مدل سازی بر عکس مراحل تصمیم گیری انجام می شوند. ابتدا مدل انتخاب مسیر سفر مشروط به وسیله سفر انتخاب شده، ساخته می‌شود ، سپس مدل انتخاب وسیله طراحی می‌شود. از آنجا که مدل انتخاب مسیر در قسمت قبل ساخته شده است به توضیح ادامه مراحل مدل سازی پرداخته می شود.

برای ساخت مدل انتخاب وسیله به تعیین مطلوبیت قابل انتظار بیشینه در شاخه انتخاب مسیر نیاز است. پس از محاسبه مطلوبیت قابل انتظار بیشینه این برسنج به عنوان یک متغیر مستقل در مدل انتخاب مد استفاده می شود. لذا با استفاده از این متغیر و همچنین متغیرهای ویژه وسایل نقلیه مراحل مدل سازی دقیقاً مانند حالت قبل ادامه پیدا می کنند. از بین مدلهای مختلف ساخته شده مدل زیر دارای بیشترین کارایی شناخته شد:

$$U_V = \underset{t=4.33}{0.225315} Ln(F_V) + \underset{t=2.14}{0.250818} Ln(K_V) + \underset{t=2.71}{0.620858} U_V' \qquad (۲۶)$$

$$U_B = \underset{t=2.8}{0.322244} Ln(F_B) + \underset{t=2.06}{0.471356} U_B' \qquad (۲۷)$$

اتوبوس و مینی بوس در تعیین تابع مطلوبیت با هم در نظر گرفته شدند.

F_V, F_B, F_T: به ترتیب امتیاز اجبار شغلی مربوط به سواری ، اتوبوس و کامیون

K_V: امتیاز راحتی سواری

U_V', U_B', U_T': به ترتیب مطلوبیت قابل انتظار بیشینه مربوط به سواری ، اتوبوس و کامیون

همان طور که از توابع مطلوبیت مشخص است ، ضرایب مطلوبیت های قابل انتظار بیشینه همگی در فاصله $(0,1)$ قرار دارند، لذا مدل دارای ساختار مرحله ای است.

۷-۲-۱ بررسی نتایج مدل مرحله‌ای

پس از طراحی مدل و درستی اعتبار آن ، مجدداً مانند حالت قبل اقدام به بررسی نتایج شد تا مقایسه‌ای بین نتایج مدل و نتایج آمارگیری به عمل آید. به این منظور اطلاعات موجود در فرمها در داخل توابع احتمال قرار گرفت که نتایج نهایی آن توسط تابع لوجیت محاسبه و در رابطه (۲۹) آمده است.

$$\begin{cases} U_V = -0.81948 \Rightarrow P_V = \dfrac{e^{U_V}}{e^{U_V} + e^{U_B} + e^{U_T}} = 0.584 \\ U_B = -1.738 \Rightarrow P_B = \dfrac{e^{U_B}}{e^{U_V} + e^{U_B} + e^{U_T}} = 0.233 \\ U_T = -1.97919 \Rightarrow P_T = 1 - U_V - U_B = 0.183 \end{cases} \qquad (۲۹)$$

که در آن:

P_V, P_B, P_T: به ترتیب احتمال انتخاب سواری ، اتوبوس و کامیون محاسبه شده توسط مدل را نمایش می دهند.

با استفاده از نتایج مدل و جدول (۱) می توان مقایسه ای بین آن چه توسط مدل محاسبه شده است و آن چه مشاهده شده است ، صورت داد.

$$U_T = \underset{t=5.37}{0.604824} Ln(F_T) + \underset{t=4.96}{0.741073} U_T' \qquad (۲۸)$$

که در آن:

U_V, U_B, U_T: به ترتیب توابع مطلوبیت مربوط به سواری ، اتوبوس و کامیون

۷-۲-۲ محاسبه احتمال های مشترک نوع وسیله – مسیر

در مدل مرحله ای احتمال انتخاب مشترک نوع وسیله – مسیر محاسبه می شود. طبق روابط ۱۹ تا ۲۲ و نتایج مدل مستقیم ساخته شده می توان این احتمالات را محاسبه کرد.

$$P(H,V) = P(H|V).P(V) = 0.4 \qquad (۳۰)$$

$$P(R,V) = P(R|V).P(V) = 0.18 \qquad (۳۱)$$

$$P(H,B) = P(H|B).P(B) = 0.16 \qquad (۳۲)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$P(H,T) = P(H|T).P(T) = 0.13 \quad (۳۳)$$

$$P(R,B) = P(R|B).P(B) = 0.07 \quad (۳۴)$$

$$P(R,T) = P(R|T).P(T) = 0.06 \quad (۳۵)$$

که در این روابط:

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

$P(\alpha|\beta)$: احتمال انتخاب مسیر α مشروط به انتخاب نوع وسیله β (محاسبه شده توسط مدل اول)

$P(\beta)$: احتمال انتخاب مد (محاسبه شده توسط مدل نوع دوم)

H: آزادراه

R: راه اصلی

V: سواری

B: اتوبوس و مینی بوس

T: کامیون و تریلی

مقایسه نتایج مدل مرحله ای و آن چه مشاهده شده است جدول(۱) ، نشاندهنده دقت مناسب مدل است. همچنین با مشاهده دو وضعیت تابع لگاریتم احتمال که در زیر نشان داده شده است مشخص می شود که مدل از اعتبار مناسبی برخوردار است.

$$\begin{cases} -LL(0) = -1130.8 \\ -LL(\hat{\beta}) = -639.5 \end{cases}$$

۷-۳ مدل نوع سوم : مدل همزمان انتخاب وسیله- مسیر

همان گونه که بیان شد در این روش ، بدون وجود فرض اضافی احتمال مشترک انتخاب وسیله- سیر سفر در یک مرحله تعیین می شود. به دلیل وجود متغیرهای زیاد، این روش از پیچیدگی های خاصی برخوردار است. به همین دلیل برای سادگی کار و از آنجا که موضوع اصلی این پژوهش تخصیص ترافیک یا انتخاب مسیر است ، وسایل نقلیه به دو دسته زیر تقسیم بندی شدند:

الف) وسایل نقلیه مسافری: شامل سواری ، مینی بوس و اتوبوس

ب) وسایل نقلیه باری: شامل کامیون و تریلی

در این روش پارامترها و مشخصات مخصوص نوع وسیله و مسیر بر خلاف روش مرحله‌ای به طور همزمان مورد توجه و در طراحی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. پارامترهای مختلفی در حالتهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت مدلهای ارائه شده در روابط (۳۶) الی (۳۹) دارای بهترین کارایی ارزیابی شد.

$$U_{H,Tr} = \underset{t=8.87}{0.867263}Ln(T) + \underset{t=4.1}{0.036581}S \quad (۳۶)$$

$$U_{R,Tr} = \underset{t=16.49}{0.095810}C + \underset{t=8.15}{0.032234}A \quad (۳۷)$$

$$U_{H,Ca} = \underset{t=8.48}{0.397929}Ln(T) + \underset{t=7.71}{0.009501}S \quad (۳۸)$$

$$U_{R,Ca} = \underset{t=7.28}{0.047313}C + \underset{t=2.86}{0.028486}A \quad (۳۹)$$

که در این روابط:

T, S, A: همانند روابط قبل

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

Tr: مد مسافری

Ca: مد باری

همان گونه که از توابع مطلوبیت مشخص است، در مواردی که مسیر انتخابی آزادراه بوده است ، پارامترهای زمان و ایمنی و در مواردی که مسیر انتخابی راه اصلی بوده است برسنجهای عدم پرداخت عوارض و دسترسی منظور شده اند.

۷-۳-۱ بررسی نتایج مدل همزمان

به منظور مقایسه بین نتایج مدل و آنچه مشاهده شده است ، مجدداً اقدام به بررسی نتایج مدل گردید تا کارایی مدل طراحی شده مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور نتایج فرم های آمارگیری در درون توابع مطلوبیت قرار گرفت و با محاسبه احتمال انتخاب گزینه ها ، این احتمالات با آنچه توسط رانندگان انتخاب شده بود مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین این نتایج در جدول (٤) با نتایج مشاهده شده (جدول ۱) مقایسه شده اند.

جدول ٤. مقایسه نتایج مدل همرمان با نتایج مشاهده شده

	نتایج مدل	نتایج مشاهده شده
درصد انتخاب آزادراه – مسافری	٥١/٨	٥٣/٨
درصد انتخاب راه اصلی – مسافری	٢٨/٤	٢٥/٥
درصد انتخاب آزادراه – باری	١١/٥	١٣/٤
درصد انتخاب جاده – باری	٨	٧/١

$$U_{H,Tr} = 1.20 \Rightarrow P_{H,Tr} = 0.518$$
$$U_{R,Tr} = 0.60 \Rightarrow P_{R,Tr} = 0.284$$
$$U_{H,Ca} = -0.3 \Rightarrow P_{H,Ca} = 0.115 \quad (۴۰)$$
$$U_{R,Ca} = -0.63 \Rightarrow P_{R,Ca} = 0.08$$

که در آن:

$P_{\alpha,\beta}$: احتمال انتخاب همزمان مسیر α و مد β

همچنین با مشاهده دو وضعیت تابع لگاریتم احتمال که در زیر نشان داده شده است ، مشخص می شود که مدل از اعتبار مناسبی برخوردار است.

$$\begin{cases} -LL(0) = -2772.5 \\ -LL(\hat{\beta}) = -1539.5 \end{cases}$$

۸- نتیجه گیری

مهم ترین نتایج این مطالعه عبارتند از:

۱. عدم کارایی روشهای متداول و کلاسیک تخصیص ترافیک در حمل و نقل بین شهری(به دلیل مطابقت نداشتن با حمل و نقل شهری به علت تراکم ترافیک نابرابر)

۲ . مناسب بودن استفاده از مدلهای انتخاب (که در آن فرد تصمیم گیرنده با مقایسه مطلوبیت گزینه های مختلف مطلوب ترین گزینه را انتخاب می کند)برای طراحی مدل تخصیص ترافیک بین شهری و در حالت خاص این مقاله ، بین آزادراه و راه 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 بین شهری ایران دارد. دلیل این مطلب به ماهیت مدل مرحله ای باز می گردد ، زیرا همان طور که بیان شد نوع وسیله نقلیه در انتخاب مسیر تاثیر زیادی دارد و مدل مرحله ای مدلی است که در آن ابتدا وسیله نقلیه انتخاب می شود و پس از تثبیت این مرحله اقدام به انتخاب مسیر می شود.

۹. مراجع

1- Antonisse, R.W. (1989) "Highway assignment method based on behavioral models of car driver's route choice", Transportation Research Record, No.1220.

2- Ben-Akiva, M. (2002) " Adaptation of Logit Kernal to route choice situation", 81'th annual meeting of TRB.

3- Ben-Akiva, M. (1999) "Discrete choice methods and their application to short term travel decisions", In Handbook of transportation science, Chapter 2.

4- Ben-Akiva, M. (1985) "Discrete choice analysis: theory and application to travel demand, Cambridge, MA, MIT Press.

5- Ortuzar, J.D., Willumsen, L.G. (2001) "Modeling transport", third edition, John Wiley & Sons.

6- Kanafani, Adib K. (1983) "Transportation demand analysis", McGraw-Hill Book Company.

7- Ortuzer, J. D., Willumsen, L.G. 1994 " Modeling transport", 2nd ed., John Wiley and Sons.

8- Quandt, R., Young, K. H. (1969) "Cross-sectional travel demand models: estimates and tests", Journal of Regional Science, 9.

9-Hanson, Susan (ed.) (1995) "The geography of urban transportation", 2nd. ed., Guildford Press, New York.

10- Rallis, Tom (1977) "Intercity transport", Macmillan Press Ltd., London.

11- Kresge, David T., Roberts, Paul O. (1971) "The systems approach to transport planning", In. "Techniques of Transport Planning", edited by John R Meyer, Brookings Institution, Washington, D.C.

12- Transportation Research Board.(1991) "In pursuit of speed: new options for intercity passenger transport", Special Report 233, National Research Council, Washington, D.C.

13- Ben-Akiva M., B. Francois (1983) "μ homogeneous generalized extreme value model", *Working Paper*, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge, Ma.

14- Ben-Akiva M., (1983) "Structure of passenger travel demand models", PhD thesis, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge, Ma.

15 - Ben-Akiva M., (1974) "Structure of passenger travel demand models" Transportation Research Record, 526.

16- Ben-Akiva M., B. Boccara (1995) "Discrete choice models with latent choice set", International Journal of Research in Marketing, 12, p.9-24.

17- Cascetta E., A. Papola (1998) "Random utility models with implicit availability/perception of choice alternatives for the simulation of traffic demand", Universita degli Studi di Napoli Federico.

18 - Manski C., (1977) "The structure of random utility models", Theory and Decision, 8, p.229-254.

19- McFadden D., Train, K. (1997) "Mixed multinomial logit models for discrete response", Technical Report, University of California, Berkeley, Ca.

۲۰- سالنامه آماری حمل و نقل جاده ای ، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور، دفتر فن آوری اطلاعات، ۱۳۸۰.