پرداخت مدل انتخاب مقصد برای شهر تهران

علی فتوحی[۱]، امید افصحی[۲]، محمد حسین نوروزی[۳]
۱-کارشناس ارشد برنامه‌ریزی حمل و نقل دانشگاه صنعتی شریف
۲- کارشناس ارشد راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران
۳- کارشناس ارشد راه و ترابری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

دو رویکرد متداول برای برآورد توزیع سفرها عبارتند از استفاده از مدل‌های سنتی توزیع سفر مانند فراتر و جاذبه و استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته. مدل‌های سنتی توزیع سفر دارای محدودیت‌هایی هستند به عنوان مثال مدل فراتر به سبب گرایش شدید به توزیع سفر وضع موجود و همچنین عدم در نظر گرفتن ویژگی‌های مربوط به نواحی قادر به لحاظ تغییرات ناهمگون نواحی ترافیکی در افق طرح نیست. با توجه به محدودیت‌های مدل‌های سنتی توزیع سفر گرایش به استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته برای مدل‌سازی انتخاب مقصد و در نهایت توزیع سفر افزایش یافته است. با این وجود همچنان در مطالعات جامع شهرهای مختلف کشور از جمله شهر تهران از مدل‌های سنتی توزیع سفر استفاده می‌شود. هدف از انجام این پژوهش امکان‌سنجی ساخت مدل‌های انتخاب مقصد شهر تهران برای واقعی‌تر نمودن فرآیند توزیع سفر است. برای مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر از بانک اطلاعات سفرهای شهر تهران در سال ۱۳۸۳ استفاده شده و برای پرداخت مدل‌ها نیز از نرم افزار متلب کمک گرفته شده است. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر استفاده از مدل‌های انتخاب مقصد سفر ساخته شده در این پژوهش، برای بکارگیری در مدل کلان نگر شهر تهران نسبت به مدل‌های سنتی توزیع سفر دارای ارجحیت نیستند. اما جهت بررسی نحوه انتخاب مقصد مسافران و متغیرهای موثر بر رفتار ایشان مفید است.

کلید واژه: مدل انتخاب مقصد، توزیع سفر، مدل‌های انتخاب گسسته.

۱- طرح مسأله

فرایند چهار مرحله‌ای برآورد تقاضای سفر شامل مراحل ایجاد سفر، توزیع سفر، انتخاب وسیله و تخصیص ترافیک است. مدل‌های توزیع سفر استفاده شده در اغلب شهرهای کشور منجمله شهر تهران، از نوع مدل‌های ضرایب رشد است. در مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران که در تابستان ۱۳۸۷ در شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران انجام شد، برای ساخت مدل‌های توزیع سفر شهر تهران مدل جاذبه مورد توجه قرار گرفت اما در نهایت به دلیل ضعف آن در براورد سفرهای سال پایه و مشکلات ذاتی مدل‌های جاذبه در مورد سفرهای شغلی و تحصیلی، مورد اقبال واقع نشد. در مطالعه مذکور جهت ساخت مدل‌های توزیع سفر شهر تهران از زمان سفر سواری به عنوان متغیر مقاومت سفر و از تابع نمایی جهت ساخت مدل‌ها استفاده شد. در پژوهش حاضر رویکرد جدیدی برای برآورد توزیع سفر شهروندان تهرانی به کمک مدل‌های انتخاب مقصد مورد بررسی قرار گرفته است. در مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر در این پژوهش از ساختار لوجیت چندگانه استفاده شده است.

1-ali.fotoohi78@gmail.com
2-omidafsahi@yahoo.com
3-mhossein_nowroozi@yahoo.com

۲- بیان و تشریح مسأله

مدل‌های سنتی توزیع سفر قادر به درنظرگرفتن متغیرهای تاثیرگذار بر نحوه انتخاب مقصد مسافران نیستند و اگرچه برای برآورد تقاضا سفر در سال‌های نزدیک به سال پایه کارایی دارند اما برای بررسی تغییر خصوصیات سفر و ویژگی‌های مقصد و به طور کلی ویژگی‌های مختلف سیستم حمل و نقل کارایی نداشته و یا دارای محدودیت‌هایی هستند[۱]. برای حل این مشکل استفاده از مدل‌های انتخاب مقصد سفردر نقاط مختلف دنیا مورد توجه قرار گرفته است.

لازمه درک بهتر نحوه توزیع سفر و در نتیجه اتخاذ سیاست‌های مدیریت حمل و نقل کارآمد، استفاده از مدل‌های رفتاری است. این دسته از مدل‌ها ویژگی‌های سیستم حمل و نقل و ویژگی‌های مسافرین را در فرایند انتخاب مقصد لحاظ می‌کنند و به همین دلیل به سیاست‌های مختلف حمل و نقلی حساس هستند و به همین دلیل ابزار مناسبی برای تحلیل سیاست‌ها مختلف هستند[۱].

هدف از انجام این پژوهش ساخت مدل انتخاب مقصد سفر برای شهر تهران و بررسی میزان کارایی آن از نظر بازسازی مشاهدات است. برای انجام این مطالعه از بانک اطلاعاتی سفرهای شهر تهران استفاده شده است.

۳- بررسی مطالعات پیشین

در این بخش روند تکاملی مدل‌های انتخاب مقصد در نقاط مختلف دنیا شرح داده شده و به مطالعات انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر اشاره شده است.

در مطالعه انجام شده در سال ۱۹۹۰ توسط بیتس و همکاران فرایند چهار مرحله‌ای برنامه‌ریزی

حمل و نقل بررسی شده و این نتیجه گرفته شده که مدل‌های توزیع سفر بخش بحرانی فرایند چهار مرحله‌ای برآورد تقاضای سفر هستند[۲]. بن‌اکیوا در سال ۱۹۷۳ رویکرد ناهمفزون را برای توزیع سفر به کار برد[۳] و مک فادن در سال ۱۹۷۸ نشان داد که با فرض توزیع مشابه و مستقل مولفه خطا در بین انتخاب‌های مختلف، می‌توان ضرایب مدل لوجیت چندگانه را بر روی زیر مجموعه‌ای از انتخاب‌های ممکن تخمین زد به گونه‌ای که با بیشینه‌سازی مطلوبیت تصادفی سازگار باشد[۴]. بن‌اکیوا در سال ۱۹۸۴ جهت رفع مشکل تعدد گزینه‌ها در مدل‌های انتخاب مقصد، نمونه‌گیری از مجموعه انتخاب را پیشنهاد کرد و چند روش نمونه‌گیری از جمله نمونه‌گیری تصادفی ساده و روش نمونه‌گیری بر مبنای اهمیت گزینه‌ها را ارائه کرد[۵]. خلاصه‌ای از مطالعات خارجی انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر در جدول (۳-۱) ارایه شده است.

در بین مطالعات داخلی انجام شده در زمینه مدل‌های انتخاب مقصد سفر می‌توان به پژوهش زحمت‌بران در سال ۱۳۷۳ اشاره کرد. وی در این پژوهش از مدل لوجیت چندگانه برای مدل‌سازی انتخاب مقصد سفرهای شهر اصفهان استفاده کرد. نتایج حاصل از مطالعه عبارتند از :۱- احتمال رفتن فرد به محلی که در آن اشتغال غیر پایه زیادتر است، بیشتر است؛ ۲- برای فرد مطلوب‌تر است که برای خرید به ناحیه‌ای نزدیک محل سکونت خود برود؛ ۳- با طولانی شدن مسافت سفرهای با هدف خرید، فرد از وسیله نقلیه شخصی خود کمتر استفاده می‌کند[۶]. در مطالعه‌ای دیگر شفاهی در سال ۱۳۷۳ از رویکرد ناهمفزون برای توزیع سفرهای شهر شیراز استفاده کرده است. در این مطالعه، برای برآورد پارامترهای مدل‌های توزیع سفر از دو روش تمایل بیشینه و روش غیر تمایل بیشینه استفاده شده است[۷]. رحیمی در سال ۱۳۹۲ در پژوهش خود برای توزیع سفرهای با هدف خرید در شهر شیراز از رویکرد ناهمفزون استفاده کرد. در این پژوهش برای رفع مشکل تعدد گزینه‌ها، برای هر مشاهده یک سبد گزینه به کمک روش نمونه‌گیری بر مبنای اهمیت گزینه‌ها تشکیل شده و در نهایت از ساختار لوجیت چندگانه شرطی برای توزیع سفرها استفاده شده است. برای مقایسه نتایج مدل انتخاب مقصد با روش فراتر، از یک نمونه ۳۰ درصدی از اطلاعات سفرهای شیراز استفاده شده و در نهایت ماتریس توزیع بدست آمده از هر روش برای کل مشاهدات با ماتریس سفرهای مشاهده شده مقایسه شده است. برای مقایسه ماتریس‌های بدست آمده از هر یک از دور روش با ماتریس سفرهای مشاهده شده، از برازش خطی درایه‌های ماتریس‌ها استفاده شده است که این عدد برای ماتریس بدست آمده از روش فراتر ۰/۳۶ برای ماتریس بدست آمده از مدل انتخاب مقصد ۰/۱۴ است[۱]. خلاصه‌ای از مطالعات داخلی انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر در جدول (۳-۲) ارائه شده است.

سال انجام پژوهش	پژوهشگر	محل انجام پژوهش	اهداف و یافته‌های برجسته پژوهش		
۱۹۸۴	بن- آکیوا [۵]	فرانسه، پاریس	۱	هدف پژوهش	توزیع و تفکیک وسیله سفرهای با هدف خرید و شخصی
			۲	تعداد مشاهدات	هدف خرید: ۱۰۲۰ سفر - هدف شخصی: ۹۰۶ سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۵۹۵ ناحیه
			۴	روش نمونه‌گیری	تمونه‌گیری بر مبنای اهمیت گزینه‌های طبقه‌بندی شده در ۴ گروه
			۵	تعداد نمونه	۷ مقصد برای هر مشاهده
			۶	شیوه سفر	پیاده‌روی، دوچرخ، سواری شخصی، حمل‌ونقل همگانی
			۷	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه
			۸	متغیرهای مهم	زمان سفر، تعداد فروشگاه‌ها و مراکز خرید، نسبت هزینه سفر به درآمد، جنسیت، سن،
۲۰۰۱	بات و همکاران [۸]	آمریکا، دالاس	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای با هدف تفریح
			۲	تعداد مشاهدات	۷۷۷ سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۹۱۹ ناحیه
			۴	روش نمونه‌گیری	تمونه‌گیری تصادفی ساده
			۵	تعداد نمونه	۱۰ مقصد برای هر مشاهده
			۶	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه با مطلوبیت‌های غیر خطی در پارامتر
			۷	متغیرهای مهم	متغیرهای مربوط به کاربری‌های تفریحی، ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی مسافر
۲۰۰۵	چوو و همکاران [۹]	آمریکا، فلوریدا	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای شغلی در سه منطقه به صورت جداگانه و مقایسه نتایج توزیع سفر با مدل جاذبه
			۲	تعداد مشاهدات	۱۳۶۱ سفر - ۱۲۹۷ سفر - ۴۱۰ سفر
			۳	روش نمونه‌گیری	نمونه‌گیری تصادفی ساده
			۴	تعداد نمونه	۱۰ مقصد برای هر مشاهد
			۵	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه
			۶	متغیرهای مهم	زمان سفر، میزان اشتغال بر حسب نوع شغل در مقصد سفر
۲۰۰۹	یانگ و همکاران [۱۰]	چین، شانگهای	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای باهدف شغلی
			۲	تعداد مشاهدات	۱۳۹۹ سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۲۲ ناحیه
			۴	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه با مطلوبیت‌های غیر خطی در پارامتر
			۵	متغیرهای مهم	میزان کاربری شغلی بر حسب نوع شغل، ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی مسافر و زمان سفر

جدول (۳-۱). مطالعات خارجی انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر

سال انجام پژوهش	پژوهشگر	محل انجام پژوهش	اهداف و یافته‌های برجسته پژوهش		
۲۰۰۹	مینگوی و همکاران [۱۱]	چین، آنیانگ	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای غیر ضروری
			۲	تعداد مشاهدات	۸۴۰ سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۳۲ ناحیه
			۴	روش نمونه‌گیری	تمونه‌گیری بر مبنای اهمیت گزینه‌های طبقه‌بندی شده
			۵	تعداد نمونه	۸ مقصد برای هر مشاهده
			۶	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه با مطلوبیت‌های غیر خطی در پارامتر
			۷	متغیرهای مهم	تعداد کارمندان شاغل در محل شغل در مقصد سفر، مسافت بین مبدا و مقصد، جنسیت، سن و درآمد
۲۰۱۳	وانگ و همکاران [۱۲]	آمریکا، مریلند	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای با هدف شغلی و خرید و سایر اهداف و مقایسه نتایج توزیع سفر با مدل جاذبه
			۲	تعداد مشاهدات	۴۹۰۰۰ سفر برای همه اهداف سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۸ ناحیه
			۴	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه
			۵	متغیرهای مهم	میزان اشتغال بر حسب نوع شغل و هدف سفر، مسافت بین مبدا و مقصد و درآمد

ادامه جدول (۳-۱). مطالعات خارجی انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر

سال انجام پژوهش	پژوهشگر	محل انجام پژوهش	اهداف و یافته‌های برجسته پژوهش		
۱۳۷۳	زحمت بران[۶]	اصفهان	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای با هدف شغلی، تحصیلی و تفریح
			۲	تعداد مشاهدات	۳۰۰۰۰ برای همه اهداف سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۵۵
			۴	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه
			۵	متغیرهای مهم	جنسیت، سن، مالکیت وسیله، فاصله مبدا و مقصد سفر و میزان کاربری تجاری مقصد
۱۳۷۳	شفاهی[۷]	شیراز	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای شهر شیراز
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۱۵۶ ناحیه
			۶	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت جندگانه
			۷	متغیرهای مهم	جمعیت، میزان اشتغال غیر پایه و فاصله بین مبدا و مقصد سفر
۱۳۹۲	رحیمی[۸]	شیراز	۱	هدف پژوهش	توزیع سفرهای با هدف خرید و مقایسه نتایج توزیع سفر با روش فراتر
			۲	تعداد مشاهدات	۸۳۵ سفر
			۳	تعداد نواحی مورد مطالعه	۱۵۶ ناحیه
			۴	روش نمونه‌گیری	تمونه‌گیری بر مبنای اهمیت گزینه‌ها
			۵	تعداد نمونه	۴ مقصد برای هر مشاهده
			۶	مدل ایجاد شده	مدل لوجیت چندگانه
			۷	متغیرهای مهم	مسافت بین مبدا و مقصد سفر، زیربنای کاربری تجاری مقصد حاصلضرب متغیر صفر و یک مالکیت وسیله در مسافت

جدول (۳-۲). مطالعات داخلی انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر

۳-۱- معرفی ساختار و متغیرهای مدل انتخاب مقصد شهر تهران

در این مطالعه از مدل‌های انتخاب گسسته و مشخصاً از مدل لوجیت چندگانه برای مدل‌سازی انتخاب مقصد سفر استفاده شده است. در این حالت گزینه‌های فرد تصمیم‌گیرنده شامل نواحی ترافیکی موجود است. از یک سو برآورد ضرایب مدل لوجیت با همه گزینه‌های موجود پرهزینه بوده و سوی دیگر تعداد زیادی از گزینه‌های پیش روی هر مسافر دارای احتمال اندکی برای انتخاب شدن هستند و در صورت مدل‌سازی با همه گزینه‌های موجود ضرایب مدل با خطای معیار قابل توجهی برآورد می‌شوند[۵]. بنابراین پیش مدل‌سازی با انجام نمونه‌گیری از مجموعه گزینه‌های موجود یک سبد گزینه برای هر مسافر ایجاد می‌شود و سپس مدل لوجیت به جای کل گزینه‌های موجود برروی یک زیر مجموعه از گزینه‌ها برآورد می‌شود. در ادامه روش ایجاد سبد گزینه که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته، بیان می شود.

روش‌های گوناگونی برای انتخاب زیر مجموعه از گزینه‌های موجود پیشنهاد شده که پرکاربردترین آنها روش‌های نمونه‌گیری بر مبنای اهمیت گزینه‌های ارایه شده توسط بن‌اکیوا است[۵]. در این روش‌ها احتمال ورود هر گزینه ممکن به سبد گزینه برای هر مسافر تعیین شده و در نهایت احتمال انتخاب سبد گزینه از میان همه حالت‌های ممکن محاسبه می‌شود.

$$G_{ni} = M_i \times e^{-\alpha d_{ni}} \quad (۱)$$

$$q_{ni} = \frac{G_{ni}}{\sum_j G_{nj}} \quad (۲)$$

G_{ni}: جذابیت ناحیه i برای فرد n

q_{ni} : احتمال ورود ناحیه i به سبد گزینه فرد n

M_i : معیار مربوط به اندازه ناحیه i

d_{ni} : فاصله بین مبدا سفر فرد n و ناحیه i

α : مقدار $\frac{2}{d}$ برای آن پیشنهاد شده که در آن میانگین طول سفرهای مشاهده شده است[۵].

برای تهیه سبد گزینه هر مسافر ابتدا ناحیه انتخاب شده توسط هر مسافر از مجموعه گزینه‌های ممکن حذف شده و سپس با توجه به احتمال ورود هر گزینه به سبد انتخاب به صورت تصادفی به تعداد مشخص از مجموعه گزینه‌ها اقدام به انتخاب گزینه می‌شود. پس از مشخص شدن سبد گزینه جهت ادامه فرایند برآورد ضرایب مدل، ابتدا گزینه‌های تکراری از سبد گزینه حذف می‌شوند و سپس احتمال انتخاب سبد گزینه تهیه شده از بین همه سبدهای گزینه ممکن به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود[۵].

$$q_{K_n} = \prod_{\substack{j\in K_n \\ j\neq D_n}} q_{nj} \times \prod_{\substack{j\notin K_n \\ j\neq D_n}} \left(1-q_{nj}\right) \qquad (۳)$$

q_{K_n}: احتمال انتخاب سبد گزینه K برای فرد n از میان همه حالت‌های ممکن

D_n : گزینه انتخاب شده توسط فرد n

K_n : سبد گزینه تهیه شده برای فرد n

از آن‌جایی که در فرایند مدل‌سازی از یک سبد گزینه به جای کل انتخاب‌های ممکن استفاده می‌شود و احتمال ورود هریک از گزینه‌های ممکن به سبد گزینه هر مسافر باهم برابر نیستند لازم است اصلاحاتی در فرم کلی مدل لوجیت چندگانه انجام شود. به عبارت دیگر احتمال انتخاب سبد گزینه تهیه شده از میان همه حالت‌های ممکن برای هر مسافر، با ضریب یک وار تابع احتمال لوجیت چندگانه می‌شود[۳۱].

$$P_n\left(i|K_n\right) = \frac{e^{V_{ni}+\ln\left(q\left(K_n|i\right)\right)}}{\sum_{j\in K_n} e^{V_{nj}+\ln\left(q\left(K_n|j\right)\right)}} \qquad (۴)$$

$P_n\left(i|K_n\right)$: احتمال انتخاب گزینه i به شرط انتخاب سبد گزینه K برای فرد n

$q\left(K_n|i\right)$: احتمال انتخاب سبد گزینه Kبه شرط انتخاب گزینه i برای فرد n

مشابه مدل لوجیت چندگانه، برای برآورد ضرایب مدل لوجیت چندگانه شرطی نیز تابع درست نمایی ایجاد می‌شود و در ادامه با بیشینه کردن مقدار این تابع ضرایب مدل لوجیت چندگانه برآورد می‌شوند. با این تفاوت که در تابع درست نمایی بیشینه، احتمال شرطی جایگزین احتمال ساده می‌شود[۳۱].

$$CL = \prod_{n}\prod_{j\in K_n}\left(P_n\left(j|K_n\right)\right)^{y_{nj}} \qquad (۵)$$

جهت انتخاب متغیرها پس از بررسی پژوهشهای داخلی و خارجی پیرامون موضوع مورد مطالعه و بررسی بانک‌های اطلاعاتی در دسترس و قابل اطمینان، در نهایت متغیرهایی که در جدول (۴-۱) معرفی شده‌اند جهت مدلسازی انتخاب شدند. برای پرداخت مدل لوجیت چندگانه شرطی، دستورات لازم برای بیشینه نمودن تابع درست‌نمایی در محیط نرم افزار مطلب نوشته شد. لازم به ذکر است که برای ساخت سبد گزینه، عملیات نمونه‌گیری برای هر مشاهده ۵۱ بار تکرار شده است (بدون جانشینی). به این ترتیب حداکثر اندازه سبد انتخاب گزینه برای هر مسافر برابر با ۵۱ خواهد بود.

متغیر	توضیح	متغیر	توضیح
FTIME	زمان سفر بین مبدا و مقصد	DPARK	متغیر صفر و یک مربوط به نواحی ترافیکی پارک‌های مهم
DIS	فاصله بین مبدا و مقصد بر روی شبکه	DREL	متغیر صفر و یک مربوط به نواحی اماکن مذهبی
BUSA	زیربنای کاربری اداری ناحیه ترافیکی	DCUL	متغیر صفر و یک مربوط به نواحی اماکن فرهنگی
SHOPA	زیربنای کاربری تجاری ناحیه ترافیکی	DSQ	متغیر صفر و یک مربوط به نواحی میادین مهم
SCIA	مجموع زیربنای کاربری آموزشی و آموزش عالی ناحیه ترافیکی	JOB1	متغیر صفر و یک مربوط به کارمندان
INDA	زیربنای کاربری صنعتی ناحیه ترافیکی	JOB2	متغیر صفر و یک مربوط به فروشندگان
MILA	زیربنای کاربری نظامی ناحیه ترافیکی	JOB3	متغیر صفر و یک مربوط به معلمان و اساتید
MEDA	زیربنای کاربری درمانی ناحیه ترافیکی	JOB4	متغیر صفر و یک مربوط به کارگران
SCHA	زیربنای کاربری آموزشی ناحیه ترافیکی	JOB5	متغیر صفر و یک مربوط به نظامیان
UNIA	زیربنای کاربری آموزش عالی ناحیه ترافیکی	JOB6	متغیر صفر و یک مربوط به پزشکان و مشاغل مشابه
JOB	تعداد سفرهای شغلی جذب شده به ناحیه ترافیکی	STU	متغیر صفر و یک مربوط به دانش‌آموزان (کمتر از 18 سال)
EMP	تعداد کارمندان شاغل در محل شغل در ناحیه ترافیکی	UST	متغیر صفر و یک مربوط به دانشجویان (بیشتر از 18 سال)
BED	تعداد تخت بیمارستان در ناحیه ترافیکی	AIM1	متغیر صفر و یک مربوط به هدف سفر خرید کالا
SHOP	تعداد واحد کسبی در ناحیه ترافیکی	AIM2	متغیر صفر و یک مربوط به هدف سفر مراجعه به ادارات
PARK	تعداد پارک‌های ناحیه ترافیکی	AIM3	متغیر صفر و یک مربوط به هدف سفر مراجعه به مراکز درمانی
DCO	سرانه مالکیت وسیله ناحیه ترافیکی	AIM4	متغیر صفر و یک مربوط به هدف سفر تفریح و ورزش
SHPZ	متغیر صفر و یک مربوط به نواحی جاذب سفرهای یا هدف خرید	AIM5	متغیر صفر و یک مربوط به هدف سفر دیدار نزدیکان
BAZ	متغیر صفر و یک مربوط به ناحیه بازار	AIM6	متغیر صفر و یک مربوط به همه اهداف سفر به غیر از هدف سفر دیدار نزدیکان
TZ	متغیر صفر و یک مربوط به محدوده طرح ترافیک		

جدول (۴-۱). متغیرهای مورد استفاده جهت پرداخت مدلهای انتخاب مقصد شهر تهران

۳-۲- نتایج پرداخت مدل‌های انتخاب مقصد سفر

همانگونه که پیشتر ذکر شد مدل‌ها به تفکیک هدف شامل اهداف شغلی، تحصیلی ، تفریح و خرید پرداخت شده اند. در مدل انتخاب مقصد سفرهای شغلی از تعداد سفرهای شغلی جذب شده به هر ناحیه به عنوان متغیر اندازه در محاسبه جذابیت هر ناحیه استفاده شده است. در جدول (۵-۱) متغیرها و ضرایب پرداخت شده برای مدل انتخاب مقصد سغرهای شغلی ارائه شده است.

متغیر	ضریب	آزمون t
FTIME	-۰/۲۰	-۱۹۸/۱۴
JOB	۰/۲۱	۱۹۷/۱۸
BUSA*JOB۱	۰/۲۵	۴۸/۴۱
SHOPA*JOB۲	۱۲/۸۵	۱۷/۴۳
SCIA*JOB۳	۰/۵۰	۲۰/۱۷
INDA*JOB۴	۰/۱۹	۳۲/۱۷
MILA*JOB۵	۰/۰۳	۳۶/۴۵
MEDA*JOB۶	۰/۹۱	۱۰/۴۳
TZ	۰/۴۰	۳۰/۰۲

جدول (۵-۱). جدول مدل انتخاب مقصد سفرهای شغلی.

با توجه به ضرایب بدست آمده با افزایش تعداد سفرهای شغلی جذب شده به یک ناحیه که به نوعی نشان‌دهنده موقعیت‌های شغلی یک ناحیه است، مطلوبیت ناحیه به عنوان مقصد سفرهای کاری افزایش می‌یابد. همچنین علامت مثبت متغیر صفر و یک مربوط به محدوده طرح ترافیک نشان‌دهنده افزایش مطلوبیت نواحی درون محدوده طرح ترافیک به عنوان مقصد سفرهای شغلی است که علت این موضع را نیز باید در تعداد بالای موقعیت‌های کسب و کار در محدوده طرح ترافیک جستوجو کرد. علامت منفی ضریب زمان سفر آزاد نشان‌دهنده کاهش مطلوبیت گزینه‌ها با افزایش زمان سفر بین مبدا تا آنها است که منطقی به نظر می‌رسد. علامت مثبت سایر متغیرهای مدل هم نشان‌دهنده این موضوع است که هر چه کاربری مرتبط با شغل افراد در یک ناحیه افزایش پیدا کند مطلوبیت ناحیه به عنوان مقصد سفرهای شغلی افزایش پیدا می‌کند.

در مدل انتخاب مقصد سفرهای تحصیلی از زیربنای کاربری آموزشی برای افراد زیر هجده سال و از زیربنای کاربری آموزشی عالی برای افراد بالای هجده سال به عنوان متغیر اندازه در محاسبه جذابیت هر ناحیه استفاده شده است. در جدول (۵-۲) متغیرها و ضرایب پرداخت شده برای مدل انتخاب مقصد سفرهای با هدف سفر تحصیلی ارائه شده است.

متغیر	ضریب	آزمون t
DIS	-۰/۳۱	-۱۷/۸۴
FTIME	-۰/۲۸	-۱۷/۴۹
SCHA*STU	۰/۱۳	۶۶/۳۸
UNIA*UST	۰/۰۸	۶۷/۰۱
DIS*UST	۰/۳۰	۱۰/۵۵
FTIME*UST	۰/۰۸	۲/۸۷

جدول (۵-۲). جدول مدل انتخاب مقصد سفرهای تحصیلی

با توجه به ضرایب بدست آمده با افزایش مسافت و زمان سفر آزاد بین مبدا و مقصد مطلوبیت گزینه به عنوان مقصد سفر با هدف تحصیلی کاهش می‌یابد. علامت متغیر حاصل از ضرب متغیر صفر و یک مربوط به افراد بالای ۱۸ سال در مسافت و زمان سفر آزاد بین مبدا و مقصد سفر مثبت شده که می‌توان علت آن را کاهش اثر فاصله و زمان سفر آزاد بین مبدا- مقصد برای افراد با سن بالای ۱۸ سال نسبت به دانش‌آموزان دانست که منطقی هم به نظر می‌رسد. علامت مثبت دو متغیر دیگر نشان می‌دهد که با افزایش زیربنای کاربری آموزشی و افزایش زیربنای کاربری آموزش عالی مطلوبیت گزینه به عنوان مقصد سفرهای تحصیلی به ترتیب برای افراد زیر ۱۸ سال و بالای ۱۸ سال افزایش می‌یابد.

در مدل انتخاب مقصد سفرهای خرید کالا و دریافت خدمات، از زیربنای کاربری تجاری برای سفرهای با هدف خرید کالا، از زیربنای کاربری اداری برای سفرهای با هدف مراجعه به ادارات و از زیربنای کاربری درمانی برای سفرهای با هدف مراجعه به مراکز درمانی به عنوان متغیر اندازه در محاسبه جذابیت هر ناحیه استفاده شده است. در جدول (۵-۳) متغیرها و ضرایب پرداخت شده برای مدل انتخاب مقصد سفرهای با هدف سفر خرید کالا و دریافت خدمات ارائه شده است.

متغیر	ضریب	آزمون t
DIS	-۰/۱۲	-۸/۰۶
FTIME	-۰/۲۸	-۱۹/۵۲
SHOP*AIM۱	۱/۹۳	۶/۸۰
EMP*AIM۲	۲/۱۸	۲۹/۸۳
BED*AIM۳	۲۴/۳۶	۳۷/۱۸
TZ*SHOP	-۲/۹۵	-۱۲/۶۱
BAZAR*SHOP*AIM۱	-۰/۶۱	-۳/۵۷
DCO*SHOP*AIM۱	۳۶/۳۹	۱۹/۹۰
TZ*BED*AIM۳	۱۵/۸۲	۶/۷۸
SHPZ*AIM۳	۲/۱۳	۵۵/۱۱

جدول (۵-۳). جدول مدل انتخاب مقصد سفرهای خرید کالا و دریافت خدمات

با توجه به ضرایب بدست آمده با افزایش مسافت و زمان سفر آزاد بین مبدا و مقصد سفر مطلوبیت گزینه به عنوان مقصد سفر با هدف خرید کالا و خدمات کاهش می‌یابد. افزایش تعداد واحدهای کسبی، تعداد کارمندان شاغل در محل شغل و تعداد تخت بیمارستان به ترتیب باعث افزایش مطلوبیت گزینه مورد نظر برای سفرهای با هدف خرید کالا، مراجعه به ادارات و مراجعه به مراکز درمانی می‌شود. قرار گرفتن یک ناحیه در محدوده طرح ترافیک و محدوده بازار از اثرات مثبت تعداد واحد کسبی در جذب سفرهای با هدف خرید کالا می‌کاهد. افزایش سرانه مالکیت وسیله نقلیه هر ناحیه منجر به افزایش اثر مثبت تعداد واحد کسبی در جذب سفرهای با هدف خرید کالا می‌شود.

واقع شدن در محدوده طرح ترافیک باعث افزایش اثر مثبت تعداد تخت بیمارستان در جذب سفرهای با هدف مراجعه به مراکز درمانی می‌شود که علت این موضوع تجمع مراکز درمانی در محدوده طرح ترافیک است.

در مدل‌های انتخاب مقصد سفرهای با هدف تفریح، از جمعیت ساکن در هر ناحیه برای سفرهای دید و بازدید و از جمع زیربنای کاربری‌های مذهبی، فرهنگی، ورزشی، تفریحی و فضای سبز برای سفرهای با هدف تفریح به عنوان متغیر اندازه در محاسبه جذابیت نواحی ترافیکی استفاده شده است. در جدول (۵-۴) متغیرها و ضرایب پرداخت شده برای مدل با هدف سفر تفریح ارائه شده است.

متغیر	ضریب	آزمون t
DIS	-۰/۰۳	-۲/۱۷
FTIME	-۰/۳۰	-۲۳/۴۳
PARK*AIM۴	۰/۱۴	۱۴/۵۶
DPARK*AIM۴	۲/۰۳	۱۷/۳۰
DREL*AIM۴	۲/۳۴	۱۴/۶۲
DCUL*AIM۴	۰/۹۳	۵/۲۴
POP*AIM۵	۰/۴۸	۴۷/۰۶
DSQ*AIM۶	۱/۱۱	۲۰/۳۵
TZ	-۰/۱۲	-۳/۱۵

جدول (۵-۴). جدول مدل انتخاب مقصد سفرهای تفریحی

۴- ارزیابی کارایی مدل

با توجه به ضرایب بدست آمده با افزایش مسافت و زمان سفر آزاد بین مبدا و مقصد سفر، مطلوبیت گزینه به عنوان مقصد سفرهای با هدف تفریح و سایر اهداف کاهش می‌یابد. با افزایش تعداد پارک‌های یک ناحیه مطلوبیت ناحیه به عنوان مقصد سفرهای با هدف تفریح افزایش پیدا می‌کند. با افزایش جمعیت ساکن در یک ناحیه مطلوبیت ناحیه به عنوان مقصد سفرهای دید و بازدید و دیدار نزدیکان افزایش می‌یابد. واقع شدن در محدوده طرح ترافیک منجر به کاهش یافتن مطلوبیت گزینه مورد نظر به عنوان مقصد سفرهای با هدف تفریح می‌شود. مناطق دارای مراکز فرهنگی، مذهبی و پارک‌های مهم از مطلوبیت بیشتری برای انتخاب شدن به عنوان مقصد سفرهای با هدف تفریح هستند.

برای ارزیابی توان مدل‌ها در بازسازی رفتار افراد در انتخاب مقصد سفربا اهداف مختلف، احتمال انتخاب مقصد سفرها توسط افراد از طریق مدل‌ها بر روی همه گزینه‌های موجود برآورد شد. سپس گزینه انتخابی مسافر با گزینه دارای بیشترین احتمال مقایسه شد و در نهایت درصد برآورد صحیح نسبت به کل مشاهدات در سطح نواحی ترافیکی و مناطق به عنوان شاخص ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفتند. در جدول (۶-۱) درصد برآوردهای صحیح مدل‌ها برای اهداف مختلف ارائه شده است.

هدف سفر	شغلی	تحصیلی	خرید	تفریح
در سطح نواحی ترافیکی	۶/۶۷	۱۳/۳۶	۱۳/۹۳	۱۰/۶۴
در سطح مناطق شهرداری	۱۶/۷۴	۵۴/۸۲	۳۸/۴۵	۴۴/۰۵

جدول (۶-۱).درصد پیش بینی صحیح مدل انتخاب مقصد

نتایج ارائه شده در جدول (۶-۱) نشان می دهد که درصد پیش بینی صحیح مدل انتخاب مقصد برای هدف سفر شغلی کمتر از سایر اهداف و برای هدف سفر تحصیلی و خرید بیش از سایر اهداف است. یکی از دلایل کارایی بهتر مدل‌های انتخاب مقصد سفرهای تحصیلی و خرید این است که این سفرها دارای تنوع کمتری نسبت به سایر اهداف سفر هستند و به لحاظ مشخصات سفر با یکدیگر مشابهت بیشتری دارند.

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش فرایند پرداخت مدل انتخاب مقصد سفر با ساختار لوجیت چندگانه شرطی صورت گرفت. ضرایب پرداخت شده برای متغیرهای توابع مطلوبیت مدل‌های انتخاب مقصد شهر تهران به تفکیک اهداف مختلف دارای علامت‌های منطقی و مورد انتظار هستند. درصد پیش بینی صحیح مدل‌ها نیز با توجه به تنوع رفتاری و محدودیت در بکارگیری متغیرها (به دلیل فقدان آنها یا قابل اطمینان نبودن آنها) دور از انتظار نیست. اما برای بهره‌گیری از مدل‌های ساخته شده در مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران لازم است تا دقت آنها در پیش بینی ماتریس توزیع سفر با مدل فعلی مورد استفاده مورد مقایسه قرار گیرد. راهکار پیشنهادی آن است که پس از تهیه بانکهای اطلاعاتی مربوط به امارگیری مبدا-مقصد سال ۳۹۳۱ ، پیش بینی ماتریس توزیع سفرها با دو مدل ضرایب رشد و انتخاب مقصد (بر اساس اطلاعات پایه‌ای سال ۳۸۳۱) انجام شود و با این اطلاعات مقایسه شوند. که این فعالیت جزء برنامه های آتی این پژوهش می باشد.

۶- مراجع

۱- رحیمی، "مدلسازی انتخاب مقصد در سفرهای خرید؛ مطالعه موردی شیراز"، پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۹۲.

2- J. J. Bates and M. Dasgupta, “Review of Techniques of Travel Demand Analysis: Interim Report”, Transport and Road Research Laboratory, 1990.

3- M. Ben-Akiva, H. F. Gunn and L. A. Silman, “Disaggregate Trip Distribution Models,” in Japanese Society of Civil Engineers, 1984.

4- D. McFadden, “Modelling the Choice of Residential Location,” Spatial Interaction Theory and Planning Models, Vols. North Holland, Amsterdam, pp. 75-96, 1978.

5- M. Ben-Akiva and S. R. Lerman, “Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand”, Cambridge, Massahusetts: MIT Press, 1985.

۶- زحمت بران، "مدل های انتخاب مقصد سفر لوجیت چندگانه: مطالعه موردی شهر اصفهان"، پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف،تهران ۱۳۷۳

۷- شفاهی،"مدل های تولید و توزیع سفر: مطالعه موردی شیراز"، ۱۳۷۳

8- M. A. Pozsgay and C. R. Bhat, “Destination Choice Modeling for Home-Based Recreational Trips: Analysis and Implications for Land Use, Transportation, and Air Quality Planning,” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1777, pp. 47-54, 2007.

9- L. F. Chow, F. Zhao, M. T. Li and S. C. Li, “Development and Evaluation of Aggregate Destination Choice Models for Trip Distribution in Florida,” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1931, pp. 18-27, 2005.

10- M. Yang, W. Wang, X. Chen, W. Wang and R. Xu, “Influence of Spatial Factors, Individual Sociodemographics, and Travel Mode on Destination Choice in China,” in Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washington DC, 2009.

11-H. Mingwei, H. Min and G. Shengy, “Destination Choice Modeling for Home-Based Noncommute Trips: Some Improvements in Utility Function and Case Study in China,” in Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washington DC, 2009.

12- Y. Wang, X. Zhu, R. Moeckel, S. Mahapatra and S. Mishra, “Comparison Between Gravity and Destination Choice Models for Trip Distribution in Maryland,” in Transportation Research Board 92nd Annual Meeting, Washington DC, 2013.

13- K. Train, Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge University Press, 2002.