

تأثیر ازدحام جمعیت در ساعات پیک بر استفاده مسافران از مترو

رضا مویدفر*، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

حمید نیک پسند، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: r-moayedfar@araku.ac.ir

دریافت: 95/02/12 - پذیرش: 95/06/15

چکیده

در این مقاله به بررسی این موضوع خواهیم پرداخت که چگونه مطلوبیت و جذابیت استفاده از مترو از سوی مسافران در کنار آیتم‌های اصلی هزینه و زمان در انتخاب این مود تأثیرگذار خواهد بود. روش ما جهت ساده سازی این مورد، استفاده از تراکم و ازدحام مسافریین به عنوان موردی است که می‌توان میزان رضایت و مطلوبیت مسافریین را جهت انتخاب مود نشان دهد. جهت کمی کردن این آیتم و در نهایت مقایسه آن با موارد ذکر شده از تراکم مسافران سرپایی در هر متر مربع از وسیله نقلیه استفاده می‌کنیم. با استفاده از مدل لاجیت خطی، با مقایسه دو شرایط: یک- شرایط بدون ازدحام در مترو و اتوبوس و دو- شرایط ازدحام جمعیت در مترو و بدون ازدحام در اتوبوس، به بررسی این موضوع خواهیم پرداخت که چه تعداد از مسافران ترجیح خواهند داد تا از مزایای مترو (هزینه و زمان) چشم پوشی کنند و در عوض آسایش بیشتری داشته باشند و در نهایت از نتایج به دست آمده می‌توان متوجه شد که تغییرات در میزان ازدحام جمعیت می‌تواند تأثیر زیادی بر روی انتخاب مود مسافران داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: مترو، ازدحام جمعیت، چگالی مسافران سرپایی، آنالیز الاستیسته

1- مقدمه

به انتخاب مود پرداخته نشده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که احساسات درونی مسافران تأثیرات بیشتری در تصمیم‌گیری آن‌ها دارد و یک فاکتور مهم در آنالیز شکل‌دهی تصمیم آن‌ها در انتخاب مود می‌باشد. وسایل مختلف برقرار باشد.

2- پیشینه تحقیق

نازولو مدل مجزایی که عملکرد زمانی و مالی حمل‌ونقل سریع‌السیار را ارزیابی می‌کند ارائه کرده است و به طور خاص به این موضوع می‌پردازد که استفاده هر چو بیشتر از حمل‌ونقل سریع‌السیار و به ویژه مترو چه عوایدی را از بعد هزینه‌ای و زمانی برای دولت و سرمایه گذاران این صنف به همراه دارد. های یانگ مدل به کمینه رسانی هزینه‌ها را توسعه داده و در رابطه با امتیاز صرفه جویی زمانی با اتوبوس‌های تندرو مطالعه کرده است، در مجموع در مقاله خود به این مهم می‌پردازد که

حمل‌ونقل سریع‌السیار (مترو) و حمل‌ونقل عمومی زمینی (اتوبوس) مهم‌ترین عضو هسته اصلی سیستم حمل‌ونقل در شهرهای بزرگ می‌باشند. حمل‌ونقل سریع‌السیار (مترو) هنگامی که توسعه پیدا می‌کند، به عنوان جز کلیدی در سیستم حمل‌ونقل عمومی درون شهری قرار می‌گیرد، که بسیار کار آمد و سازگار با شرایط محیطی و شرایط پر جمعیت و با ظرفیت بالا نیز می‌باشد. با توسعه سریع مترو، رابطه تنگاتنگ بین مترو و حمل‌ونقل عمومی (اتوبوس) مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. در سیستم حمل‌ونقل درون شهری مهم‌ترین فاکتورهایی که در انتخاب مسافران مؤثر است: هزینه سفر، زمان سفر و راحتی سفر می‌باشند.

بیشترین مطالعات موجود در خصوص انتخاب مود بر روی خصوصیات بیرونی و ویژگی‌هایی که به سادگی قابل اندازه‌گیری می‌باشند، مانند زمان و هزینه متمرکز شده‌اند و به احساسات درونی مسافریین (تراکم جمعیت درون وسیله نقلیه) و تأثیر آن

تجربیات شخصی و با عنایت به پرسش و پاسخ‌هایی که با استفاده کنندگان و مسافران دائمی سفرهای درون شهری انجام داده است، این ایده را مطرح می‌کند که می‌بایست یک فاکتور و ضریبی بین احساس راحتی مسافران و چگونگی توزیع سفرهای درون شهری با وسایل مختلف برقرار باشد.

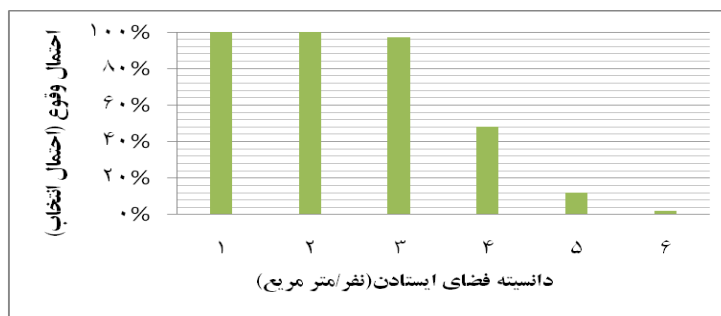
3- چگالی مسافران سرپایی در مترو

در این مقاله از چگالی مسافران سرپایی جهت انعکاس احساس درونی مسافران از تراکم استفاده می‌نماییم. چگالی مسافران سرپایی در وسایل نقلیه را می‌توان توسط محاسبه فضای ایستادن و شمارش مسافران به دست آورد. به‌عنوان مثال برای یک وسیله نقلیه مشخص که فضای ایستادن آن ثابت است با محاسبه تعداد مسافران، تعداد مسافران در هر متر مربع مشخص می‌شود که از آن به عنوان چگالی مسافران تعبیر می‌شود (نفر بر مترمربع).

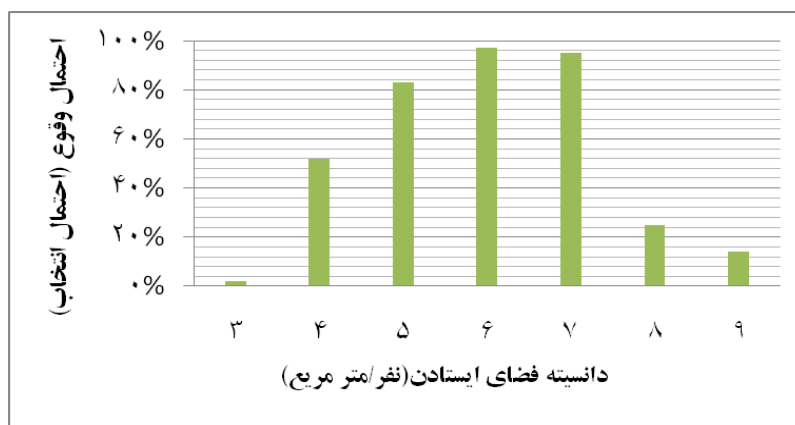
به صورت عمومی استاندارد فضای ایستادن وسایل نقلیه می‌تواند در دو مفهوم طبقه‌بندی شود: یکی استاندارد مطلوب است (سه نفر بر مترمربع) و دیگری استاندارد متراکم (شش نفر بر مترمربع). این پژوهش بر اساس وسیله نقلیه سریع‌السیر (متروی تهران) جهت محاسبه فضای ایستادن، می‌باشد و براساس فضای واقعی اندازه‌گیری شده‌ی ایستادن مسافران می‌باشد.

بنابراین به روابط فضای اندازه‌گیری شده واقعی و احساس تراکم از طرف مسافران خواهیم رسید و تراکم را به واسطه فضای ایستادن مسافران توصیف خواهیم کرد. این تحقیق به ترتیب در ساعت شلوغی و غیر شلوغی در مترو انجام شده است که نتیجه آن نیز در نمودارهای 1 تا 3 مشخص می‌باشد.

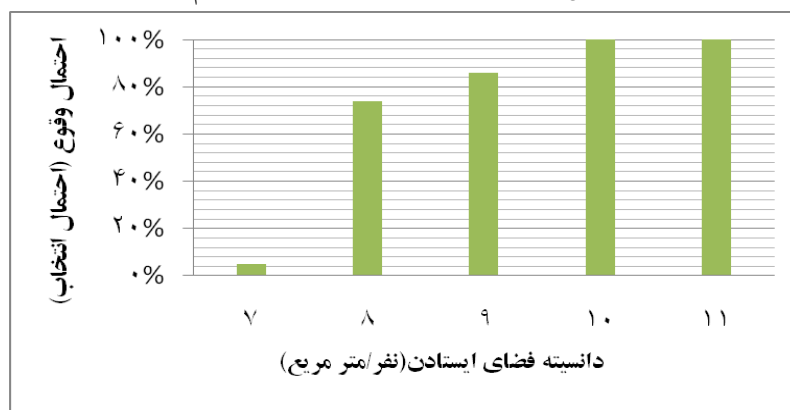
چگونه شهروندان با استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی مختلف هزینه‌های متفاوتی را متحمل می‌شوند و در نهایت هم آثار و تبعات مثبت استفاده از اتوبوس‌های تندرو را بررسی کرده و به این نتیجه می‌رسد که استفاده از اتوبوس‌های تندرو علاوه بر صرفه‌جویی‌های مالی موجب صرفه‌جویی‌های زمانی بسیاری نیز برای استفاده کنندگان می‌شود. ماکائوگان طول مسیر و زمان سفر را در دو حالت حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل سریع‌السیر مقایسه کرده و مورد آنالیز قرار می‌دهد، و یک تابع بر حسب هزینه ارائه می‌دهد که در آن هر دو مود ترافیکی را در یک مدل لاجیت قرار می‌دهد، در واقع یک مطالعه خیلی کاربردی و جدیدی انجام می‌دهد و دو پارامتر موثر از استفاده دو مود ترافیکی اتوبوس‌های معمولی درون شهری و مترو را که این دو پارامتر طول مسیر سپری شده و زمان مصرف شده می‌باشند. به این صورت که زمان و طول مسیر را برای یک سفر با یک مبدا و مقصد ثابت را در هر دو حالت بررسی می‌کند و سپس تمام این آیتم‌ها به صورت هزینه‌ای که برای مسافر صرف می‌شود تبدیل می‌کند و مورد مقایسه قرار می‌دهد. لیان لیجوان یک مدل لاجیت شامل زمان و هزینه سفر را بر اساس مطلوبیت آن از دید مسافران درون شهری ارائه می‌دهد تا بتوان بین حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل سریع‌السیر مقایسه‌ای انجام داد، تفاوت تحقیق لیجوان با سایر تحقیقات انجام شده در این است که ایشان مقایسه خویش را صرفاً از دید مسافران انجام داده و هیچ نگاهی به سود و زیان یک بنگاه اقتصادی یا دولتی بر این موضوع نداشته است و در واقع از دیدگاه او تنها هزینه و زمانی مسافران و استفاده کنندگان از وسایل نقلیه صرف می‌کنند مورد بررسی و در نهایت نتیجه‌گیری قرار گرفته است. کومار از شواهد و



شکل 1. احتمال انتخاب مسافران در شرایط راحتی و بدون تراکم



شکل 2. احتمال انتخاب مسافران در شرایط متراکم



شکل 3. احتمال انتخاب مسافران در شرایط بسیار متراکم

شرایط متراکم 6 نفر بر مترمربع می باشد. احتمال انتخاب در شرایط کاملاً متراکم هنگامی اتفاق می افتد که میزان فضای ایستادن بیشتر از 8 نفر بر مترمربع باشد. بنابراین میزان بحرانی فضای ایستادن در شرایط بسیار متراکم 9 نفر بر مترمربع می باشد. تمامی این استانداردهای محاسبه شده در جدول 1 خلاصه شده است.

از نمودارهای بالا می توان متوجه شد که احتمال انتخاب در شرایط غیر متراکم هنگامی اتفاق می افتد که میزان فضای ایستادن کمتر از 4 نفر بر مترمربع باشد. بنابراین میزان بحرانی فضای ایستادن در شرایط بدون تراکم 3 نفر بر مترمربع می باشد. احتمال انتخاب در شرایط متراکم هنگامی اتفاق می افتد که میزان فضای ایستادن کمتر از 8 نفر بر مترمربع و بیشتر از 4 نفر بر مترمربع باشد. بنابراین میزان میانگین فضای ایستادن در

جدول 1. ارزیابی میزان تراکم

درجه تراکم	چگالی ایستادن مسافران (نفر/متر مربع)	احساسات درونی مسافران از تراکم
راحت و بدون تراکم	≥ 3	مسافران به راحتی می توانند حرکت کنند، کتاب بخوانند، و آسایش نسبی دارند.
متراکم	7-4	مسافران می توانند خیلی کند حرکت کنند، به سختی می توانند مطالعه کنند، به افراد دیگر برخورد می کنند و آرامش خیلی کمی دارند.
بسیار متراکم	≤ 8	مسافران به سختی می توانند حرکت کنند، کاملاً به مسافران دیگر چسبیده اند و احساس پرس شدن دارند.

بر اساس عملکرد آماری خطوط متروی تهران در طول مدت شلوغی میزان فضای ایستادن به 6 نفر بر مترمربع می‌رسد. در شرایط 6 نفر بر مترمربع مسافران احساس راحتی ندارند و فقط به سختی قادر به ورود و خروج هستند. بنابراین در نهایت آنالیز بر اساس دسته‌ی شرایط متراکم می‌باشد.

4- مدل کردن تاثیر میزان تراکم درون وسیله نقلیه

4-1- آمار و اطلاعات

روش اصلی جهت ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی برای برآورد پارامترهای مدل، آمارگیری از نمونه‌هایی در شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل است. گرچه فرآیند جمع‌آوری آمار و اطلاعات به نظر ساده می‌آید، ولی در حقیقت یکی از مراحل دشوار، زمانبر و هزینه‌بر در فرآیند مدلسازی انتخاب وسیله نقلیه است. در بسیاری از مطالعات برنامه ریزی حمل‌ونقل تا حدود نصف بودجه صرف جمع‌آوری آمار و اطلاعات می‌شود.

در این پژوهش از روش بیانی (SP) برای به دست آوردن تاثیر تغییرات تراکم بر انتخاب مود مطلوب استفاده می‌شود. روش SP بر اساس اقتصاد و شرایط مالی متکی است و از سال 1970 از این روش برای مطالعه بر روی ترافیک استفاده نموده‌اند. این روش در طی 30 سال به صورت عمیق در مسائل ترافیک وارد شده است. Hensher و Hole به طور موفقیت آمیزی از روش SP و مدل مشخص مجزایی برای انتخاب مود استفاده کرده‌اند.

روش SP کمک می‌کند تا داده‌های آماری و شمارشی به دست آورده شده، همان انتخاب مطلوبی را که ما پیشنهاد می‌کنیم را ارزیابی دهند. مشخصات شخصی مهم شامل سن، درآمد سالانه، شغل و ... می‌باشد که در آنالیز مسافرت‌ها و مقیاس نتایج انتخاب‌ها استفاده می‌شوند.

در روش SP، ابتدا آمارگیری و شمارش می‌تواند برای رسیدن به داده‌ها و ارتقاء کارآیی تحقیق موثر باشد. به هر حال، می‌توان متوجه شد که ممکن است نتایج آمارگیری دقیقاً بر واقعیت منطبق نباشد و گاهی اوقات اختلافاتی وجود داشته باشد. بنابراین در این الگو، مود منتخب فرضی می‌بایست قادر باشد تا ویژگی‌های مودهای ترافیکی مختلف (نزدیک به مود انتخابی) را برآورده سازد.

ضمناً، در طراحی الگو مطالعه SP بسیاری از ویژگی‌ها و

خصوصیات مختلف وجود دارند که ممکن است پاسخ‌های افراد را تحت تاثیر قرار دهند و قابلیت اعتماد نتایج آمارگیری را تحت تاثیر قرار دهند.

پارامترهای طراحی این روش شامل 4 آیت: زمان درون وسیله نقلیه، زمان بیرون وسیله نقلیه، هزینه و میزان تراکم مسافری درون وسیله نقلیه می‌باشد. تعیین میزان تاثیر فاکتورها بستگی به هدف مطالعه دارد.

در این پژوهش از 350 پرسشنامه اخذ شده، عملیات پردازش و بررسی آنها انجام گردیده است و در نهایت تعداد 327 رکورد ثبت شده قابل اطمینان، جهت استخراج متغیرهای مورد نیاز مدلسازی مورد استفاده قرار گرفته است.

4-2- مدل سازی انتخاب مجزا بر اثر تراکم جمعیت

مدل سازی انتخاب بر اثر تراکم می‌تواند کمک کند که فهم رفتارهای انفرادی مسافران سیستماتیک شود. مدل لاجیت چند جمله‌ای (MNL) یکی از روش‌های معمولی در انتخاب مدل است. این مدل از فرضیه استقلال متقابل پایگاه داده‌ها (زمان درون وسیله نقلیه، زمان بیرونی یا انتظار وسیله نقلیه، هزینه و تراکم) و تابع توزیع گامبل اقتباس می‌شود. عبارت ریاضی آن (رابطه 1) نیز به صورت زیر است:

(1)

$$P_m = \frac{\exp(V_m)}{\sum_{j=1}^{C_n} \exp(V_j)}$$

P_{in} : احتمال این که مسافر n مود ترافیکی i را انتخاب نماید.

V_{in} : تابع خدماتی و شرایطی که به واسطه آن مسافر n مود ترافیکی i را انتخاب می‌کند.

C_n : تمامی مودهایی که یک مسافر می‌تواند انتخاب کند.

تابع خدماتی V_{in} از ضرب چند عبارت است. به هر حال برای تسهیل آنالیز و کالیبره کردن ضرایب موجود، عموماً از تابع خطی $V_{in} = \sum \beta_k X_{ink}$ استفاده می‌شود، که X_{ink} خصوصیت k ام حمل‌ونقلی است که به واسطه‌ی آن مود i ام توسط نفر n ام انتخاب می‌شود.

انتخاب یک مود خاص حاصل میزان برتری‌ها و کمبودهای کیفیت سرویس آن مود می‌باشد. بنابراین، کیفیت سرویس مهمترین فاکتور تعیین‌کننده انتخاب مود می‌باشد. ضمناً،

O_{in} : زمان سپری شده بیرون وسیله نقلیه می‌باشند.

مودهای انتخاب عبارت است از:

$$C = \{ i = 1(\text{BUS}), i = 2(\text{metro}) \}$$

بر اساس داده‌های انتخاب مود از 327 پاسخنامه معتبر در تحقیق، $327 \times 9 = 2943$ پارامترهای درجه‌بندی شده با نرم افزار Biogeme تکمیل شده‌اند که نتایج این درجه‌بندی در جدول 1 نشان داده شده است.

بر اساس نتایج درجه‌بندی می‌توان دریافت که، مقادیر ضرایب مختلف کمتر از صفر می‌باشد و مقادیر مختلف T تست در مدل از 1.96 بیشتر است، سطح اطمینان نتایج بیش از 95٪ می‌باشد. دقت روش مدل سازی لاجیت به دلیل استفاده از ضریب تعیین "R2" می‌باشد. مقدار قابل قبول ضریب تعیین "R2" بین 0.2 تا 0.4 می‌باشد. ضریب بالای 0.2 به این معنا است که مدل دارای سطح اطمینان بالایی است، و متغیر منتخب در رفتار انتخابی مسافری موثر می‌باشد.

از نتایج به دست آمده در مدل می‌توان فهمید که مقدار ضریب زمان درون وسیله نقلیه از زمان بیرون وسیله نقلیه بیشتر است، که نشان دهنده این موضوع است که زمانی که مسافران درون وسیله نقلیه سپری می‌کنند برای آنها از زمانی که بیرون وسیله نقلیه می‌گذرانند با اهمیت تر است. مسافران ترجیح می‌دهند که زمان انتظار یا پیاده روی بیشتری را تحمل کنند تا اینکه درون وسیله نقلیه متراکم بمانند. همچنین می‌توان دریافت که ضریب تراکم بالاتر از این دو ضریب (زمان درون وسیله نقلیه و زمان بیرون وسیله نقلیه) است، بنابراین، تراکم به صورت شخصی بر انتخاب مود حمل‌ونقل مسافران تاثیر می‌گذارد.

مشخصه‌های اقتصادی و اجتماعی و مشخصه‌های سفر همچنین می‌تواند بر انتخاب مود موثر باشد. کیفیت سرویس می‌تواند بوسیله یک سری از پارامترها از قبیل زمان سفر، هزینه سفر، راحتی، ایمنی و تراکم بیان شود. بگونه‌ای که زمان و هزینه بطور مستقیم بر چگونگی یک مود خوب و بد تأثیر دارد. در مطالعه مود سفر زمان سفر تنها شامل زمان درون وسیله نقلیه نمی‌شود بلکه شامل تمام زمان‌های پیاده روی، و انتظار نیز می‌شود. برای انتخاب مود، مسافری تمام زمان‌های مختلف را در نظر می‌گیرند و در نهایت کل زمان سپری شده را به عنوان زمان سفر لحاظ می‌کنند و همچنین تراکم را نیز به عنوان یک فاکتور مهم در انتخاب مود در نظر می‌گیرند. برخی از مسافران ترجیح می‌دهند که پول و زمان بیشتری صرف کنند ولی در عوض آسایش بیشتری داشته باشند و در وسایل نقلیه متراکم نشوند. بنابراین، این پژوهش سعی می‌کند که یک آنالیز کیفی از تراکم را ارائه دهد. بر اساس آنالیز بالا تراکم، هزینه سفر، زمان درون وسایل نقلیه و زمان بیرون وسایل نقلیه را به عنوان معیارهای تعیین کننده در انتخاب مودهای حمل‌ونقل در نظر می‌گیریم.

$$V_{in} = A_i + \beta_1 R_{in} + \beta_2 C_{in} + \beta_3 I_{in} + \beta_4 O_{in} \quad (2)$$

A_i : ثابت انتخاب مود، $A_1 = 0$

β_k : ضریب متغیر مستقل

R_{in} : تراکم

C_{in} : هزینه سفر

I_{in} : زمان سپری شده درون وسیله نقلیه

جدول 1. نتایج تخمین پارامترهای مدل

متغیرات	ضریب ثابت		ضریب متغیر پارامتر			
	BUS	METRO	درجه تراکم	هزینه سفر	زمان درون وسیله نقلیه	زمان بیرون وسیله نقلیه
ضریب	0	1.050	-0.347	-0.558	-0.121	-0.101
مقدار T تست	-	6.1	-11.3	-8.1	-14.7	-10.8
ρ^2	0.313					
ρ^2 تعدیل شده	0.308					

3-4- آنالیز الاستیسیته تراکم

فرضیه براساس مدل لاجیت عبارت است از (رابطه 3):

$$P_{in} = \frac{\text{Exp}(\sum \beta_k X_{ink})}{\sum \text{exp}(\sum \beta_k X_{jnk})}$$

بنابراین داریم (رابطه 4):

$$\frac{dP_{in}}{dX_{ink}} = \frac{\beta_k e^{\sum \beta_k X_{ink}} (\sum \text{exp}(\sum \beta_k X_{jnk})) - \text{exp}(\sum \beta_k X_{ink}) \cdot \text{exp}(\sum \beta_k X_{jnk})}{(\sum \text{exp}(\sum \beta_k X_{jnk}))^2}$$

بنابراین مقدار نقطه الاستیسیته بر اساس رابطه زیر محاسبه خواهد شد (رابطه 5):

$$E = \frac{P_{in}}{X_{ink}} \cdot \frac{dP_{in}}{dX_{ink}} = \beta_k X_{ink} [1 - P_{in}]$$

و به صورت مشابه می توان مقدار نقطه الاستیسیته عمودی را بر اساس رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\frac{dP_{jn}}{dX_{ink}} = \frac{-\text{exp}(\sum \beta_k X_{ink}) \cdot \beta_k \cdot \text{exp}(\sum \beta_k X_{jnk})}{(\sum \text{exp}(\sum \beta_k X_{jnk}))^2}$$

و (رابطه 6)

$$E = \frac{P_{jn}}{X_{ink}} \cdot \frac{dP_{jn}}{dX_{ink}} = -\beta_k X_{ink} P_{in}$$

ریال لحاظ نموده ایم، و زمانها را مطابق جدول ذیل واقعی در نظر گرفتیم. در جدول 2 وضعیت هر دو مود را نمایش می دهیم.

در طرح حالت اول، می توان مستقیماً نقطه الاستیسیته هر کدام از مشخصه های حمل و نقل اتوبوس و مترو را بر اساس فرمولهای (5) و (6) محاسبه نمود، که نتایج این محاسبات در جدول 3 نمایش داده شده است.

کار شمارش و آمارگیری در مرکز شهر و نزدیک به هسته مرکزی شهر انجام شده است، برای اینکه هر دو مود حمل و نقل اتوبوس و مترو در هسته مرکزی شهر جهت انتخاب مسافران در دسترس می باشد. سیستم اتوبوس به نسبت سیستم مترو قابلیت پایین تری دارد، و این امر موجب مشکل شدن کار آنالیز می شود. بنابراین توسط آیتم زمان این مشکل را می توان حل کرد.

ما هزینه ی مترو را 4000 ریال و هزینه اتوبوس را 2000

جدول 2. وضعیت های دو مود اتوبوس و مترو در حالت اول

مود ترافیک	تراکم	هزینه (ریال)	زمان درون وسیله نقلیه (دقیقه)	زمان بیرون وسیله نقلیه (دقیقه)
اتوبوس	متراکم	2000	45	10
مترو	متراکم	4000	25	20

جدول 3. نقطه‌ی الاستیسیته دو مود اتوبوس و مترو در حالت اول

نقطه‌ی الاستیسیته زمان بیرون وسیله نقلیه	نقطه‌ی الاستیسیته زمان درون وسیله نقلیه	نقطه‌ی الاستیسیته هزینه	نقطه‌ی الاستیسیته تراکم	مود ترافیک
-0.801	-4.319	-0.885	-2.477	اتوبوس
-0.418	-0.626	-0.462	-0.646	مترو

جدول 4. نقطه‌ی الاستیسیته عمودی دو مود اتوبوس و مترو در حالت اول

نقطه‌ی الاستیسیته زمان بیرون وسیله نقلیه	نقطه‌ی الاستیسیته زمان درون وسیله نقلیه	نقطه‌ی الاستیسیته هزینه	نقطه‌ی الاستیسیته تراکم	مود ترافیک
0.209	1.126	0.231	0.431	اتوبوس
1.602	2.399	1.770	1.651	مترو

یک عدد منفی باشد، دو مود ترافیکی به صورت متمم و مکمل یکدیگر خواهند بود. به وضوح در حالت تکامل، مودی که عدد مطلق بزرگتری دارد به عنوان بخش اصلی است و مود دیگر مکمل آن است. هنگامی که مقدار نقطه الاستیسیته عمودی یک عدد مثبت باشد، دو مود ترافیکی به صورت متقابل یکدیگر خواهند بود. و به وضوح در این حالت، مودی که عدد مطلق بزرگتری دارد به عنوان بخش اصلی است و مود دیگر مقابل آن و نقش کوچک‌تری دارد. با مقایسه مقدار نقطه الاستیسیته عمودی دو مود مترو و اتوبوس، درمی‌یابیم مقدار نقطه الاستیسیته عمودی تمام آیتم‌های زمان درون و وسیله نقلیه، زمان بیرون و وسیله نقلیه، هزینه و تراکم در مود مترو بزرگتر از مقادیر نقطه الاستیسیته عمودی مشابه آن در مود اتوبوس می‌باشد، که این نشان دهنده‌ی تغییر سطح سرویس مود مترو است که تأثیر به‌سزایی برای تقاضای آن به نسبت مود اتوبوس می‌باشد.

با فرض اینکه میزان تراکم درون وسیله نقلیه کاهش پیدا کند و به حالت غیر متراکم برسد، ولی مابقی آیتم‌های زمان و هزینه بدون تغییر باقی بمانند، وضعیت به صورت جدول 5 خواهد شد.

با محاسبه‌ی نقطه‌ی الاستیسیته‌ی مشخصه‌ها و پارامترهای مختلف هر دو مود ترافیک از قبیل تراکم، زمان و هزینه برای تعیین تاثیر اجزای مختلف که باعث تغییر مشخصه‌های مختلف می‌شود، بطور مشخصی می‌توان متوجه شد که حساسیت تقاضا برای یک مود خاص به میزان سطح سرویس آن مود بستگی دارد. با مقایسه تمام مقادیرهای نقاط الاستیسیته پارامترهای این دو مود، همچنین متوجه می‌شویم که انتخاب اتوبوس دارای نقطه الاستیسیته بالاتری نسبت به سیستم مترو در تمام آیتم‌های زمان درون وسیله نقلیه، زمان بیرون وسیله نقلیه، هزینه و تراکم می‌باشد. مقدار الاستیسیته تراکم در اتوبوس خیلی بیشتر از سیستم مترو می‌باشد، که نشان دهنده‌ی آن است که آیتم تراکم در انتخاب اتوبوس از حساسیت و جایگاه بالایی برخوردار است. در این مطالعه، آیتم‌های مهم تأثیر گذار در انتخاب مود شامل تراکم و زمان درون وسیله نقلیه می‌باشند.

نقطه الاستیسیته عمودی (Cross Elasticity)، نشان می‌دهد که چگونه تغییرات در سطح سرویس در یک مود ترافیکی بر روی تقاضا برای یک مود دیگر (مود رقیب) تأثیرگذار خواهد بود. هنگامی که مقدار نقطه الاستیسیته عمودی

جدول 5. وضعیت‌های دو مود اتوبوس و مترو در حالت دوم

زمان بیرون وسیله نقلیه (دقیقه)	زمان درون وسیله نقلیه (دقیقه)	هزینه (ریال)	تراکم	مود ترافیک
10	45	2000	غیر متراکم	اتوبوس
20	25	4000	متراکم	مترو

جدول 6. نقطه‌ی الاستیسیته دو مود اتوبوس و مترو در حالت دوم

نقطه‌ی الاستیسیته زمان بیرون وسیله نقلیه	نقطه‌ی الاستیسیته زمان درون وسیله نقلیه	نقطه‌ی الاستیسیته هزینه	نقطه‌ی الاستیسیته تراکم	مود ترافیک
-0.581	-3.132	-0.642	-0.559	اتوبوس
-0.858	-1.285	-0.948	-0.884	مترو

در طرح حالت دوم، می‌توان مستقیماً نقطه الاستیسیته هر کدام از مشخصه‌های حمل‌ونقل اتوبوس و مترو را بر اساس فرمول‌ها محاسبه نمود، که نتایج این محاسبات در جدول 6 نمایش داده شده است. با مقایسه مقادیر نقاط الاستیسیته در اتوبوس و مترو، می‌توان متوجه شد که پس از کاهش تراکم در اتوبوس، مقدار الاستیسیته تراکم به شدت کاهش پیدا می‌کند، و بنابراین مقدار الاستیسیته زمان و هزینه تغییر خواهند کرد، به طوری که به یک مطلوبیت مشخصی خواهد رسید، و حساسیت مسافری به روی آیت‌های هزینه و زمان کاهش پیدا می‌کند.

5- خلاصه آنالیز

از نتایج آنالیزهای بالا می‌توان دریافت، که تغییرات در میزان تراکم درون مترو می‌تواند تاثیر زیادی بر روی انتخاب مسافران داشته باشد. این پژوهش با آنالیز کردن نسبت و سهم سیستم مترو در دو حالت: اول (هر دو متراکم) و دوم (مترو متراکم ولی اتوبوس غیر متراکم)، تاثیرات تغییرات تراکم را بر روی انتخاب مود شفاف می‌سازد.

از طریق فرمول‌های مربوطه می‌توان محاسبه کرد که تحت شرایط یک، نسبت تسهیم اتوبوس 20.7٪، و نسبت سیستم مترو 79.3٪ می‌باشد، که به معنای این است که سهم انتخاب سیستم مترو بسیار بالاتر از انتخاب اتوبوس می‌باشد.

در حالت دوم اتوبوس بدون تراکم فرض شده است و آیت‌های زمان و هزینه بدون تغییر باقی مانده‌اند، با استفاده از فرمول‌های مربوطه برای تخمین نسبت تسهیم، نسبت تسهیم

اتوبوس 42.5٪، و سیستم مترو 57.5٪ به دست می‌آید، که به وضوح رشد نسبت تسهیم اتوبوس را نشان می‌دهد، که نتیجتاً نشان می‌دهد که تغییرات تراکم به صورت گسترده‌ای در رفتار مسافری برای انتخاب مود تأثیرگذار است.

6- نتیجه‌گیری

بر اساس آنچه که در فصول بالا برای آنالیز تاثیر تراکم درون وسیله نقلیه بر روی مطلوبیت انتخاب مود حمل‌ونقل بررسی کردیم، نتایج ذیل به دست آمد:

برای به دست آوردن میزان تراکم درون وسیله نقلیه، معیار خاصی وجود ندارد و به سختی می‌توان به مقدار دقیقی برای آن رسید، و قابلیت اعتماد به مصاحبه‌ها و پاسخنامه‌ها برای تعیین این عدد ضعیف است. بنابراین در این پژوهش از چگالی مسافری سرپایی به جای مصاحبه‌های حضوری برای تعیین میزان تراکم ازدحام درون وسیله نقلیه استفاده شده، و تراکم به وسیله نتایج آن کلاس بندی شده است.

بر اساس پارامترهای انتخاب مود (هزینه، زمان درون وسیله نقلیه، زمان بیرون وسیله نقلیه و تراکم درون وسیله نقلیه)، از نتایج آنالیز می‌توان دریافت که با لحاظ کردن تاثیر تراکم درون وسیله نقلیه در کنار آیت‌های دیگر برای انتخاب مود، هنگامی که تراکم درون وسیله نقلیه بیشتر می‌شود حساسیت مسافری بر روی آیت زمان درون وسیله نقلیه به شدت بیشتر می‌شود، چراکه مسافران تمایل دارند زمان درون وسیله نقلیه در شرایط ازدحام را کاهش دهند و زمان کمتری را در شرایط متراکم در مترو سپری کنند.

بر اساس آنالیز نقطه الاستیسیته، می‌توان به این مهم دست

7(3): pp.140-143.

Liang Lijuan, Wu Jiaorong, Wang Hao. Competition Model between Rapid and Bus Transit, Urban Mass Transit, 2009(9): pp. 30-34.

Kumar, C. V. P., Basu. D. and Maitra. B. Modeling generalized cost of travel for rural bus users: TRB 2012 Annual Meeting Paper revised from original submittal. A case study. [J]. Journal of 1 Public Transportation, 2004, 7(2): pp.59-62.

Shen jingyan, on the Carriage Passenger Capacity and the Crowdedness Involved [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2007, 20(5):pp.14-18.

Hensher, D.A., Stated preference analysis of travel choices: the state of the practice [J] Transportation, 1994, 21(2): pp.107-133.

Hole,A.R., Modelling commuters mode choice in Scotland.[D]. Department of Economics, University of St Andrews, 2003.

یافت که انتخاب مود مسافران بسیار حساس به تراکم درون وسیله می‌باشد، و پس از کاهش تراکم درون وسیله تقلیه، حساسیت مسافری به هزینه و زمان نیز به مراتب کاهش می‌یابد و در می‌یابیم تغییر سطح سرویس مترو می‌تواند تأثیر به سزایی بر تقاضای اتوبوس داشته باشد.

7- مراجع

Agostino Nuzzolo , Umberto Crisalli, Francesca Gangemi. A behavioural choice model for the evaluation of railway supply and pricing policies [J]. Transportation Research Part A 34, 2000: pp. 395-404

Hai Yang, Hoi yan Kong, Qiang meng. Value-of-time distributions and competitive bus service [J]. Transportation Research Part E 37, 2004: pp. 441- 424

Ma Chao-qun, Wang Yu-ping¹, Chen Kuan-min. Competition Model between Urban Rail and Bus Transit, [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2007,

Reaction of passengers for using of metro in peak time of traffic

R. Moayedfar, Assistant professor, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.

*H. Nikpasand, M.Sc. Student, Faculty of Engineering, Islamic Azad University,
South of Tehran, Tehran, Iran.*

E-mail: r-moayedfar@araku.ac.ir

Received: April 2016-Accepted: September 2016

ABSTRACT

In this paper, study for how favorite use of metro, impact in using metro for passengers. Us method for simplification, use passengers crowded for case that show level of favorite of the passengers. For quantity this item and finally comparison that by other impacted items use of standing space density of passengers. By using of Multinomial Logit Model, and by comparison of two condition : one- condition of crowded passengers in metro and bus, two-condition of crowded passengers in metro and no crowded in bus, studying for this fact that how many of passengers forgive because of premium of metro and prefer having comfort. And finally, as result could get that by changing in condition of crowded passenger, will change in mode selection of passengers.

Keywords: Metro, Population Congestion, Density of Standing Passengers, Elasticity Analysis