فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال ششم / شماره ۱۷ / پاییز ۱۳۹۰

مدل سازی مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه های خطوط عادی اتوبوس (مطالعه موردی شهر آبادان)

روح انگیز نامداری (نویسنده مسؤول)
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاداسلامی، واحد آبادان
Email:namdari52@gmail.com
آتوسا تنگستانی پور
کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، سازمان اتوبوسرانی تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۷ * تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

چکیده

سیستم اتوبوسرانی یکی از زیر مجموعه های سیستم حمل و نقل درون شهری همگانی در کشور های در حال توسعه است. تحقیقات نشان می دهد که، مدت زمان توقف در ایستگاه اتوبوس در حدود ۲۶ درصد از کل زمان سفر را به خود اختصاص می دهد،در نتیجه با استفاده از اولویت بندی عوامل مؤثر بر مدت زمان توقف اتوبوس و ارائه راهکارهایی در این راستا می توان در جهت کاهش زمان سفر گام برداشت. در مدل سازی مدت زمان توقف در ایستگاه، معمولاً ۱ تا ۳ پارامتر مستقل مؤثر به صورت کلاسیک انتخاب می شود. فرآیند انتخاب عوامل مؤثر، یکی از مهم ترین اجزای مدل سازی است که کمترمورد توجه قرار گرفته شده است. در پژوهش حاضر پارامترهای مؤثر بر مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه، تعداد افراد سوار شده، پیاده شده، ایستاده در اتوبوس و تعداد افرادی که مسیر عبور را می پرسند و سرانجام نحوه پرداخت کرایه در نظر گرفته شده است. داده های بکارگرفته شده در این پژوهش از آمارگیری میدانی در ایستگاه های مسیر عادی اتوبوس شهر آبادان بدست آمده که پس از ایجاد بانک اطلاعاتی خطوط با استفاده از نرم افزار SPSS به پیش بینی مدل مدت زمان توقف اتوبوس پرداخته شده و سپس اعتبارسنجی مدل ها بیان گردیده است.به دلیل عدم وجود بار ترافیکی بالا در شهرستان آبادان، نتایج حاصل از مدل فوق می تواند در جهت برنامه ریزی صحیح سیستم اتوبوسرانی، زمان بندی خطوط اتوبوسرانی و در نهایت استفاده بهینهٔ شهروندان از زمان بهره گرفت.

واژه‌های کلیدی: مدت زمان توقف، ایستگاه اتوبوس، مدل رگرسیونی، آبادان.

۱- مقدمه

یکی از راه حل‌های مؤثر و مفید معضل تراکم ترافیک و مسائل ناشی از آن که مورد توجه مدیریت شهری قرار گرفته،گسترش کمی و کیفی سیستم‌های حمل و نقل همگانی و ترغیب مردم به استفاده از این وسایل به جای خودرو شخصی است. که این امر مستلزم ایجاد سیستم‌های حمل و نقل همگانی کارآمد قابل رقابت با حمل‌ونقل شخصی است که توانایی تأمین نیازهای استفاده‌کنندگان را داشته و بتواند نقش بسزایی در کاهش ترافیک و افزایش دسترسی شهروندان به وسایل مذکورایفا کند.

از آنجا که سیستم اتوبوسرانی شهری عمده‌ترین بخش از سیستم حمل و نقل عمومی کشور وحتی در بسیاری از شهرها تنها وسیله حمل و نقل عمومی می‌باشدو انتظار می‌رود که برای سال‌های نسبتاً طولانی نیز چنین باشد، لذا بالا بردن سطح ارائه خدمت توسط این سیستم از طریق اجرای تدابیر فنی و مهندسی یک امر ضروری بنظر می رسد. تحقیقات نشان می‌دهدزمان سپری شده در اتوبوس و مدت زمان توقف آن در ایستگاه بخش نامطلوب سفر برای مسافران اتوبوس است. این امرمی‌تواند به عنوان معیار مهمی در بهبود کیفیت سرویس اتوبوسرانی و کاهش فاصله آن با وسیله نقلیه شخصی توسط متصدیان حمل و نقل، مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

ایستگاه ها نمایانگر مکان هایی هستند که در آنجا مسافران به شبکه های حمل و نقل دسترسی پیدا می کنند. مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه، مقدار زمانی است که یک اتوبوس در ایستگاه توقف می کندتا به مسافران سرویس‌دهد، به اضافه زمان باز و بسته شدن در، که این زمان با توجه به شلوغ‌ترین در در نظر گرفته می‌شود (Vuchic, 2005).

در تحقیقات قبلی ثابت شده است که در هر مدلی از حمل و نقل همگانی، مدت زمان توقف یک عامل اثرگذار بر سرعت عملیات، راحتی سوارشدن، قابلیت اطمینان به سیستم، جذب مسافر و نتیجتاً بر عملکرد خط می باشد. (Kittleson et al, 2003) .هدف از این تحقیق، بررسی مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه‌های اتوبوس و ارائه مدلی برای آن می‌باشد.

- اشاره‌ای بر مطالعات گذشته

گوینتنر و سینها[1] نیز در سال ۱۹۸۳ میلادی به مطالعاتی در مورد میزان تاخیر اتوبوس‌ها با توجه به سوار و پیاده شدن مسافران پرداختند و دو عامل در تاخیر اتوبوس را به اثبات رساندند: اول، تأخیر ناشی از توقف و شروع به حرکت در ایستگاه‌ها و دیگری زمان توقف، مدت زمانی که صرف سوار و پیاده شدن مسافران اتوبوس می‌شود (Guenthner and Sinha,1983). مدل ارائه شده در تحقیق انها برای مدت زمان توقف در هر ایستگاه به صورت زیر است :

$$\varepsilon = 5/00 - 1/2(\ln(z))$$

$R^2 = ./۳۶$

که در آن :

ε : مدت زمان توقف به ازای هر مسافر

Z : تعداد افراد سوار و پیاده شونده در یک ایستگاه

مقدار پایین R^2 نشان می‌دهد که زمان توقف فقط به تعداد افراد سوار و پیاده شده بستگی ندارد بلکه عوامل دیگری نیز در آن تاثیرگذارند. آنها از مدل فوق دریافتند که ماکزیمم زمان توقف وقتی که در یک ایستگاه ۲۴ مسافر وجود دارد، اتفاق می‌افتد و در نهایت مدلی برای مدت زمان توقف ارائه شد که در رابطه زیر نشان داده شده است.

$$\begin{cases} Time\ (z) = z\ [\ 5 - 1/2\ \ln\ (z)] & z \le 23 \quad \text{وقتی که} \\ Time\ (z) = 1/2\ z & z \ge 24 \quad \text{وقتی که} \end{cases} \qquad (۱)$$

[1] Guenthner and Sinha

از مدل‌های بدست آمده به این نتیجه رسیدند که به ازای هر توقف در ایستگاه ۵ الی۱۰ ثانیه صرف باز و بسته شدن در شده، به علاوه۳ الی ۵ ثانیه به ازای سوار و پیاده شدن هر مسافر زمان صرف می‌شود. در هر حال مدل‌های مدت زمان توقف بر اساس نمونه های کوچک، نیروی کمی برای نشان دادن تاثیر دیگر فاکتورها نظیر وجود بالابر، نحوه جمع‌آوری کرایه و تعداد درها دارد.

لیواین و تورنگ[۲] در سال ۱۹۹۴ میلادی، مطالعاتی در مورد تأثیر اتوبوس‌های کف پایین بر زمان توقف اتوبوس در ایستگاه داشتند که در آن مطالعه پایین بودن کف اتوبوس را به عنوان یک عامل مؤثر بر سرویس‌دهی به عموم مسافران اعم از افراد ناتوان و بچه‌ها می‌دانند که منجر به کاهش زمان سوار و پیاده شدن مسافران و در نتیجه زمان توقف می شود (Levine, and Torng,1994). در این پژوهش ایشان به مقایسه عملکرد اتوبوس های کف پایین و اتوبوس های معمولی پرداختند. کوهن و کرافورد[۳] در سال۱۹۹۷ میلادی با بررسی تاثیر تعداد مسافران سوار و پیاده شده بر زمان توقف اتوبوس (Cohen, and Crawford, 1997). به مدل‌های مختلفی برای اتوبوس‌های تک‌در و دو در دست یافتند که با بکارگیری روشهای گوناگون به مقایسه ضرایب تخمین زده پرداختند. در این تحقیق تعداد مسافران سوار و پیاده شده و زمان توقف هر اتوبوس درهر ایستگاه ثبت شد تا خصوصیات مختلف اتوبوس‌هایی که در این خط کار می‌کنند را با هم مورد مقایسه قراردهند. پیونگ [۴]درتحقیق خود در سال ۲۰۰۰ میلادی بر روی خط قرمزMBTA مترو نیویورک، مدلی را ارائه کرد که توانست مدت زمان توقف در ایستگاه را با توجه به حجم مسافر سوار و پیاده شده در هر ایستگاه و تعداد مسافر ایستاده در اتوبوس پیش بینی کند (Puong, 2000). وی دریافت که زمان سوارشدن نهایی از یک در رابطه مستقیم با تعداد افراد ایستاده در وسط راهرو دارد. گزارش شماره ۱۰۰ منتشر شده توسط TCRP در سال ۲۰۰۳، مدت زمان توقف را مهمترین عامل درتعیین ظرفیت و سطح سرویس دهی خطوط حمل و نقل موجود می‌داند. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، مدت زمان توقف در ایستگاه به صورت زیر می‌باشد :

۶۰ ثانیه : برای مناطق CBD، مراکز حمل و نقل همگانی، نقاط تبادل اصلی و ایستگاه‌های پارک– سوار

۳۰ ثانیه : در ایستگاه‌های اصلی

۱۵ ثانیه : برای ایستگاه‌های معمولی

و همچنین زمان توقف با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc} \qquad (۲)$$

t_d = زمان توقف

P_a = تعداد مسافران پیاده‌شده در ۱۵ دقیقه اوج از شلوغ‌ترین در

t_a = زمان پیاده‌شدن هر مسافر

P_b = تعداد مسافران سوارشده در ۱۵ دقیقه اوج از شلوغ‌ترین در

t_b = زمان سوارشدن هر مسافر

t_{oc} = زمان باز و بسته‌شدن در

t_a و t_b با توجه به تعداد درها و نحوه سوار و پیاده شدن متفاوت است و مقدار زمان سوارشدن وقتی که مسافر ایستاده در اتوبوس وجود دارد ۲۰درصد افزایش پیدا می‌کند، زمان باز و بسته‌شدن درها نیز ۲ تا ۵ ثانیه طول می کشد. همچنین برای اتوبوس‌های کف پایین، زمان سوارشدن ۲۰ درصد کاهش، زمان پیاده‌شدن از در جلو ۱۵ درصد و زمان پیاده‌شدن از در عقب ۲۵ درصد کاهش پیدا می‌کند.

2. Levine and Torng
3. Cohen and Crawford
4. Puong

داکر و همکارانش[۵] در سال ۲۰۰۴ میلادی برای مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه مدلی را بسط دادند، که در آن همه داده‌ها ازخطوط معمولی جمع آوری شده، که ۶۱ درصد از آن مشاهدات از اتوبوس‌های کف پایین بدست آمده بود، وی با کمک از مجموعه نسبتاً بزرگی از مشاهدات که در حدود ۳۵۰۰۰۰ بود و با استفاده از دستگاه APC(شمارنده خودکار مسافران) توانست تاثیر ساعات مختلف روز را بر زمان توقف بدست آورد (وی دریافت که ساعات اوج صبح زمان توقف کوتاه‌تری دارد). همچنین اثر برنامه زمان بندی بر زمان توقف را نیز بررسی کرد (وقتی اپراتوار، از برنامه زمان‌بندی عقب بماند، زمان توقف کوتاه‌تری دارد). با توجه به کثرت داده های بدست آمده توسط دستگاه‌های شمارنده اتوماتیک، امکان بررسی و امتحان عوامل مختلف نظیر نوع اتوبوس(کف پایین یا معمولی)، ساعات مختلف روز و نوع مسیر و تخمین مدل‌های مجزا برای آن‌ها میسرشد.

میلکوویتس[۶] در سال ۲۰۰۷ میلادی به مدل‌سازی عوامل تاثیرگذار بر زمان توقف اتوبوس با استفاده از داده‌های جمع آوری شده بوسیله دستگاه‌های شمارنده مسافران[۷]، موقعیت‌یاب وسیله[۸] و شمارنده کرایه‌ها[۹]، پرداخت و چهار مدل با متغیرهای مختلف نظیر مدل خطی ساده، مدل خطی چند متغیره، مدل غیر خطی چند متغیره و مدل غیر خطی تک متغیره را برآورد کرد (Milkovits, 2008). با توجه به کثرت داده های حاصله با استفاده از روش های فوق، مدل های بدست آمده دارای دقت و تنوع بالایی هستند، که در موقعیت های متفاوت می توان از آن مدل ها استفاده نمود.

کیم[۱۰] نیز در سال ۲۰۰۷ میلادی به بررسی تفاوت زمان واقعی رسیدن با زمان رسیدن طبق برنامه زمان‌بندی پرداخت و داده‌ها را در طی ساعات ۷ تا ۱۰ صبح جمع‌آوری کرد (Kim, 2007). مشاهدات نشان داد که ۳۶درصد از اتوبوس ها با بیش از ۵ دقیقه تأخیر به ایستگاه می رسند و ۳۳ درصد از اتوبوس ها طبق برنامه زمان‌بندی شده به ایستگاه وارد می‌شوند. با توجه به داده‌ها دریافت که زمان توقف در ساعات اوج کمتر از زمان توقف در ساعات غیراوج می‌باشد (به دلیل اینکه سرفاصله اتوبوس‌ها کمتر است)، در نتیجه درصد بیشتری از اتوبوس‌ها در زمان‌های اوج، نسبت به زمان‌های غیراوج طبق برنامه زمان‌بندی به ایستگاه وارد می‌شوند.

بنا به زمان قابل‌توجه تأخیر در طی مسیر با اتوبوس‌های شهری، معمولاً در ایران برای استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی تمایل کمتری وجود دارد. از آنجا که زمان سفر به عنوان یک شاخص برای سنجش کارایی و عملکرد حمل و نقل عمومی می باشد و بر میزان جذب مسافر به این سیستم، هزینه عملیاتی و سرعت عملیاتی تاثیر گذار است، لذا در این تحقیق با برداشت‌های عملی از خطوط اتوبوسرانی عادی شهری، عوامل اثر گذار بر مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه مورد ارزیابی و تحلیل قرار خواهد گرفت. با تحلیل نتایج عوامل مؤثر، می‌توان راهکارهای مناسبی برای کاهش زمان سفر با اتوبوس ارائه نمود که نهایتاً باعث افزایش مطلوبیت سیستم و جذب مسافران بیشتر به آن خواهد گردید. با توجه به مواردی که عنوان شد، ضرورت ارائه مدلی دقیق برای تخمین عامل مدت زمان توقف آشکار است.

با توجه به شرایط عملکردی متفاوت تحقیقات انجام شده با کشور ما، سعی شده که تمامی عوامل اثر گذار بر مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه را شناسایی کرده و سپس اثر آنها بر متغییر وابسته فوق بررسی شود. در ابتدا چنین فرض گردیده که متغیرهای اثر گذار بر متغیر وابسته، مستقل از یکدیگر می باشند. برای انجام این تحقیق و ساختن مدل مورد نظر، باید در ابتدا به جمع‌آوری داده های واقعی در محل پرداخت. با در نظر گرفتن شرایط مورد نیاز، فرم‌های آمارگیری برای بررسی رفتار مسافران مختلف در همه ساعات روز و زمانهای اوج طراحی شد (FHWA, 1998).

سیستم اتوبوسرانی شهر آبادان، طبق آخرین آمار بدست آمده در پاییز سال ۱۳۸۸ شمسی۲۰خط و ۱۲۵ دستگاه اتوبوس سازمانی به صورت روزانه وظیفه سرویس‌دهی به شهروندان را بر عهده دارند. طبق آخرین آمار گرفته شده روزانه ۱۳هزار و ۶۴۵ نفر را در سطح شهر جابجا می‌کنند. آمارگیری از خطوط ذکر شده در پنج روز کاری شنبه تا چهارشنبه از تاریخ ۱۳۸۸/۰۹/۲۸ تا

---

5. Kenneth J. Dueker, Thomas J. Kimpel, James G. Strathman
6. Milkovits
7. APC
8. AVL
9. AFC
10. Kim

۱۳۸۸/۱۰/۰۲ از ساعت ۶/۳۰ صبح آغاز شد و تا ساعت ۶ بعدازظهر ادامه داشت (از آنجایی که سعی شده بود که آمارها کاملاً تصادفی باشند روز پنج شنبه آمارگیری صورت نگرفت). و همچنین روش آمارگیری به این صورت بود که در ابتدا آمارگیران وارد اتوبوس شده و زمان ورود اتوبوس به ایستگاه، زمان باز شدن در اتوبوس (با استفاده از کرنومتر)، تعداد مسافر وارد شده به اتوبوس، تعداد مسافر پیاده شده از اتوبوس، تعداد افراد ایستاده در راهرو را برای دو قسمت مجزای آقایان و خانم‌ها در جدول از پیش آماده شده ثبت کرده و این کار را برای مسیرهای رفت و برگشت انجام داده ند. سپس با ورود داده‌ها در دو نرم افزار SPSS و Eviews، و ورود متغیرهای مختلف و آزمون خروجی هر مدل، به برآورد مدل مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه پرداخته شد. تنها وسیله لازم در این آمارگیری دو عدد ساعت دقیق دارای ثانیه شمار می‌باشد، که قبل از شروع آمارگیری این دو ساعت باید با یکدیگر تنظیم شده باشند.

۲ – مواد و روشها

با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در این آمارگیری به برآورد سه مدل مختلف برای این خطوط پرداخته شده است (Abrishami, 1998). به این منظور ابتدا وجود رابطه خطی بین متغیرهای یاد شده بررسی گردید که به اثبات رسید. سپس با استفاده از داده‌های حاصل از آمارگیری، وجود رابطه های خطی بین متغیرهای یاد شده تأیید شد.

در آمار گیری انجام شده به نحوه جاگذاری میله وسط اتوبوس جهت جداسازی قسمت بانوان و آقایان نیز توجه گردیده بدین صورت که آیا این امر در طولانی شدن مدت زمان توقف اتوبوس تاثیر گذار است یا خیر و از آنجایی که تعداد داده های بدست آمده جهت برآورد تاثیر این متغیر تعداد نسبتاً کمی می باشند، لذا با ورود متغیر ذکر شده در مدل ها مشخص شد که این متغیر بر مدل های برآورد شده اثر گذار نمی باشد؛ بدین صورت که با استفاده از آزمون t–اسیودنت ضریب این متغیر معنی دار نمی باشد. در نتیجه این متغیر در مدل های برآورد شده حذف گردید.

در مدل اول مدت زمان توقف اتوبوس تحت یک مدل خطی چند متغیره رگرسیونی[11] به عنوان تابعی از تعداد مسافران سوار و پیاده شده از اتوبوس، نحوه پرداخت کرایه، متغیر مجازی تعداد مسافر ایستاده و همچنین تعداد افرادی که مسیر عبوری را می‌پرسند، مدل‌بندی شده است. مدل دوم این مسیر، برای برآورد مدت زمان توقف در زمانی که تعداد کلی مسافران سوار و پیاده شده از اتوبوس در ایستگاه موجود می‌باشد، بکار می‌رود.

مدل سوم نیز مشابه مدل اول برای ساعات اوج برآورد شده است. در این رابطه از تمام آمارهای برداشت شده در ایستگاه‌های مختلف که در مجموع ۱۸۱ مورد می‌باشد، استفاده شد.

- **مدل خطی چند متغیره**

$$DT = -۱/۰۲ + ۲/۶۰B + ۳/۵۱A + ۰/۶۰S + ۱۲/۹۶F + ۲/۰۶Ask$$

$$t \quad (-۰/۴۷) \quad (۷/۴۳) \quad (۱۳/۲۴) \quad (۶/۸۱) \quad (۷/۴۱) \quad (۲/۸۳) \qquad (۳)$$

$$R^2 = 0/۶۱۹۶ \qquad R^2 = 0/۶۰۸۸ \qquad F = ۵۷/۰۲$$

که در آن :

DT = مدت زمان توقف

B = تعداد افراد سوارشونده

A = تعداد افراد پیاده‌شونده

S = تعداد افراد ایستاده در اتوبوس

F = نحوه پرداخت کرایه (بلیطی یا نقدی، متغیر مجازی۰ و۱)

Ask = تعداد افرادی که مسیر عبوری را می‌پرسند.

[11]. Regression Model

همانگونه که در رابطه (۳) مشاهده می‌شود، تمام ضرایب متغیرهای مستقل موافق انتظار ظاهر شده‌اند، ضرایب متغیرهای مستقل با توجه به آمارهt استیودنت برای هر یک از آن‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشند. با توجه به آماره F که معادل ۵۷/۰۲ می‌باشد کل مدل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

همانطوری که در مدل رابطه ۳ ملاحظه می‌شود، متغیر نحوه پرداخت کرایه بیشترین تأثیر بر مدت زمان توقف را دارا می‌باشد.

تفسیر ضرایب هر یک از متغیرها به صورت زیر می‌باشد:

به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد سوارشونده، مدت زمان توقف به طور متوسط ۲/۶۰ درصد افزایش می‌یابد، همچنین به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد پیاده‌شونده، مدت زمان توقف به طور متوسط۲/۱۵ درصد افزایش می‌یابد، به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد ایستاده در اتوبوس، مدت زمان توقف به طور متوسط۶۰/. درصد افزایش یافته به ازای افزایش به طور متوسط یک درصد در تعداد افرادی که مسیر خط را می‌پرسند، مدت زمان توقف به طور متوسط ۲/۰۶درصد افزایش و اگر نحوه بلیط‌گیری به صورت نقدی باشد، مدت زمان توقف به طور متوسط۱۲/۹۶درصد افزایش می‌یابد.

- آزمون ناهمسانی واریانس وایت

پس از تخمین ضرایب مدل و انجام آزمون معنی‌داری کل رگرسیون (مدل) و آزمون معنی‌دار بودن تک‌تک ضرایب، حال به بررسی مشکلاتی که ممکن است در مدل‌های رگرسیون پیش آید می پردازیم. یکی از مهمترین مفروضات رگرسیون کلاسیک در روش حداقل مربعات معمولی این است که جملات خطا (ui ها) که در تابع رگرسیون ظاهر می‌شوند، دارای واریانس همسان با مقدار ثابت هستند. بنابراین با توجه به آماره F آزمون وایت که معادل ۱/۱۹ است، می‌توان دریافت که بین جملات اخلال مدل (۱) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ هیچ‌گونه ناهمسانی واریانس وجود ندارد.

- آزمون رمزی

برای انجام این آزمون، ابتدا مدل رابطه (۳) تخمین زده می‌شود، سپس یک یا چند متغیر توضیحی به مدل رابطه (۳) اضافه شده و به صورت رابطه (۴) تخمین زده می‌شود.

$$DT = -۹/۹۳ + ۴/۲۴\,B + ۵/۱۹A + ۰/۹۸S + ۲۱/۳۲F + ۳/۴۵Ask - ۰/۰۱FIT^{۲} + ۷/۸۸E^{-۵}\,FIT^{۳}$$

t (-۱/۱۰) (۲/۲۲) (۲/۲۸) (۲/۲۵) (۲/۲۴) (۲/۰۲) (-۰/۷۱) (۰/۵۱) (۴) (R^2= ۰/۶۲۴۱

R^2= ۰/۶۰۸۹ F = ۴۱/۰۳

مقدار آماره F آزمون رمزی محاسبه شده از فرمول (۵) در رابطه (۶) نشان داده شده است :

$$F = \frac{(R^{۲}_{\text{جدید}} - R^{۲}_{\text{قدیم}}) / (\text{تعداد متغیرهای توضیحی جدید})}{(۱-R^{۲}_{\text{قدیم}}) / (n - \text{تعداد پارامترهای در مدل جدید})} \qquad (۵)$$

چون آمارهF محاسباتی در رابطه (۶) معادل ۱/۰۳ می‌باشد که در سطح احتمال ۰/۰۵معنی‌دار نمی‌باشد، افزایش در سطح $R^{۲}$ معنی‌دار نیست. بنابراین فرضیهH (تصریح مدل) رد نمی‌شود و لذا مدل (۱) به خوبی تصریح شده است.

$$F = \frac{(۰/۶۲۴۱ - ۰/۶۱۹۶)/(\quad ۲)}{(۱ - ۰/۶۱۹۶)/(۱۸۱ - ۷)} = ۱/۰۳ \qquad (۶)$$

مدل دوم این مسیر، برای برآورد مدت زمان توقف زمانی که تعداد کلی مسافران سوار و پیاده شده از اتوبوس در ایستگاه موجود می‌باشد، به‌کار می‌رود؛ که در رابطه (۷) نشان داده شده است. این مدل در زمان هایی که تعداد مسافر سوار و پیاده شده از اتوبوس به صورت مجزا در دسترس نمی باشد، بکار برده می شود.

$$DT = -۱/۱۹ + ۳/۰۱P + ۰/۵۹ S + ۱۳/۰۰ F + ۱/۸۱ Ask$$
$$t \quad (-۰/۵۵) \quad (۱۳/۵۹) \quad (۶/۷۰) \quad (۷/۴۱) \quad (۲/۵۵) \qquad (۷)$$
$$R^2 = ۰/۶۱۴۵ \quad \overline{R^2} = ۰/۶۰۵۸ \quad F = ۷۰/۱۵$$

که در آن :

DT = مدت زمان توقف

P = تعداد افراد سوارشونده و پیاده‌شونده

S = تعداد افراد ایستاده در اتوبوس

F = نحوه پرداخت کرایه (بلیط یا نقدی، متغیر مجازی۰ و ۱)

Ask = تعداد افرادی که نام خط را می‌پرسند

همانگونه که در مدل رابطه (۷) مشاهده می‌شود، تمام ضرایب متغیرهای مستقل موافق انتظار ظاهر شده‌اند، ضرایب متغیرهای مستقل با توجه به آماره t استیودنت برای هر یک از آن‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشند. با توجه به آماره F که معادل۷۰/۱۵ می‌باشد کل مدل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

همانطوری که در رابطه (۷) ملاحظه می‌شود، متغیر نحوه پرداخت کرایه بیشترین تأثیر بر مدت زمان توقف را دارا می‌باشد. تفسیر ضرایب به صورت زیر می‌باشد:

به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد سوار شونده و پیاده شونده، مدت زمان توقف به طور متوسط۳/۰۱ درصد افزایش می‌یابد. همچنین به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد ایستاده در اتوبوس، مدت زمان توقف به طور متوسط ۵۹/. درصد افزایش یافته و نیز به ازای افزایش به طور متوسط یک درصد در تعداد افرادی که مسیر خط را می پرسند، مدت زمان توقف به طور متوسط۱/۸۱ درصد افزایش و اگر نحوه ی بلیط‌گیری به صورت نقدی باشد، مدت زمان توقف به طور متوسط ۱۳/۰۰ در صد افزایش خواهد داشت.

در انجام آزمون ناهمسانی واریانس وایت، پس از تخمین ضرایب مدل و انجام آزمون معنی‌داری کل رگرسیون (مدل) و آزمون معنی‌دار بودن تک‌تک ضرایب، حال به بررسی مشکلاتی که ممکن است در مدل‌های رگرسیون پیش آید پرداخته می‌شود. یکی از مهمترین فرضها رگرسیون کلاسیک در روش حداقل مربعات معمولی این است که جملات خطا (u_i ها) که در تابع رگرسیون ظاهر می‌شوند، دارای واریانس همسان با مقدار ثابت هستند. بنابراین با توجه به آماره F آزمون وایت که معادل ۱/۴۸ است، می‌توان دریافت که بین جملات اخلال مدل نشان داده شده در رابطه (۷) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ هیچگونه ناهمسانی واریانس وجود ندارد.

برای انجام آزمون رمزی، ابتدا مدل رابطه (۷) تخمین زده می‌شود، سپس یک یا چند متغیر توضیحی به مدل رابطه (۷) اضافه شده و به صورت زیر تخمین زده می‌شود.

$$DT = -۱۱/۹۴ + ۵/۴۶ P + ۱/۰۶ S + ۲۳/۵۶ F + ۳/۳۶ Ask - ۰/۰۲ FIT^{۲} + ۱/۲۶E^{-۴} FIT^{۳}$$
$$t \quad (-۱/۲۸) \quad (۲/۴۲) \quad (۲/۴۰) \quad (۲/۴۰) \quad (۲/۱۱) \quad (-۰/۷۱) \quad (۰/۵۱) \qquad (۸)$$
$$R^2 = ۰/۶۱۸۸ \quad \overline{R^2} = ۰/۶۰۵۷ \quad F = ۴۷/۰۸$$

مقدار آماره F آزمون رمزی محاسبه شده از فرمول (۵) به صورت زیر است:

$$F = \frac{(۰/۶۱۸۸ - ۰/۶۱۴۵)/(۲)}{(۱-۰/۶۱۴۵)/(۱۸۱-۷)} = ۰/۹۷ \qquad (۹)$$

چون آمارهF محاسباتی در رابطه (۹) معادل ۰/۹۷ می‌باشد که در سطح احتمال ۰/۰۵معنی‌دار نمی‌باشد، افزایش در سطح R^2 معنی‌دار نیست. بنابراین فرضیهH (تصریح مدل) رد نمی‌شود و لذا مدل به خوبی تصریح شده است.

- **مدل خطی ساعات اوج**

در این مدل نیز مدت زمان توقف اتوبوس به عنوان تابعی از متغیرهای مستقل مشابه مدل اول، برای ساعات اوج برآورد شده است و ضرایب تـأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر مدت زمان توقف بدست آمده است که در رابطه(۱۰) نشان داده شده است.

$$DT = -۱/۰۹ + ۲/۹۵B + 3/۰۷A + ۰/۵۵S + ۹/۵۱F + ۱/۸۵Ask$$

$$t \quad (-۰/۴۱) \quad (۷/۴۵) \quad (۱۰/۳۴) \quad (۵/۷۹) \quad (۴/۵۳) \quad (۲/۱۱) \qquad (۱۰)$$

$$R^2 = ۰/۶۹۶۹ \qquad R^2 = ۰/۶۷۵۶ \quad F = ۳۲/۶۵$$

که در آن :

DT = مدت زمان توقف

B = تعداد افراد سوارشونده

A = تعداد افراد پیاده‌شونده

S = تعداد افراد ایستاده در اتوبوس

F = نحوه پرداخت کرایه (بلیطی یا نقدی، متغیر مجازی۰ و ۱)

Ask = تعداد افرادی که نام خط را می‌پرسند

تعداد نمونه‌های برداشت شده در ساعات اوج ۷۷ مورد می‌باشد.

همانگونه که در مدل سوم چند متغیره مشاهده می‌شود، تمام ضرایب متغیرهای مستقل موافق انتظار ظاهر شده‌اند، ضرایب متغیرهای مستقل با توجه به آمارهt استیودنت برای هر یک از آن‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشند. با توجه به آماره F که معادل ۳۲/۶۵ می‌باشد کل مدل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

همانطوری که در مدل نشان داده شده در رابطه (۱۰) ملاحظه می‌شود، متغیر نحوه پرداخت کرایه بیشترین تأثیر بر مدت زمان توقف را دارا می‌باشد. تفسیر ضرایب به صورت زیر می‌باشد:

به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد سوار شونده، مدت زمان توقف به طور متوسط ۲/۹۵ درصد افزایش می‌یابد، همچنین به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد پیاده شونده مدت زمان توقف به طور متوسط ۳/۰۷ درصد افزایش می‌یابد، به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد ایستاده در اتوبوس، مدت زمان توقف به طور متوسط ۵۵٪ درصد افزایش یافته و نیز به ازای افزایش به طور متوسط یک درصد در تعداد افرادی که مسیر خط را می‌پرسند، مدت زمان توقف به طور متوسط ۱/۸۵ درصد افزایش و اگر نحوه بلیط‌گیری به صورت نقدی باشد، مدت زمان توقف به طور متوسط ۹/۵۱ درصد افزایش خواهد داشت.

در انجام آزمون ناهمسانی واریانس وایت، پس از تخمین ضرایب مدل و انجام آزمون معنی‌داری کل رگرسیون (مدل) و آزمون معنی‌دار بودن تک‌تک ضرایب، حال به بررسی مشکلاتی که ممکن است در مدل‌های رگرسیون پیش آید پرداخته می‌شود. یکی از مهمترین فروض رگرسیون کلاسیک در روش حداقل مربعات معمولی این است که جملات خطا (u_i ها) که در تابع رگرسیون

ظاهر می‌شوند، دارای واریانس همسان با مقدار ثابت هستند. بنابراین با توجه به آماره F آزمون وایت که معادل ۱/۳۴ است، می‌توان دریافت که بین جملات اخلال مدل رابطه (۱۰) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ هیچگونه ناهمسانی واریانس وجود ندارد.
در انجام مجدد آزمون رمزی، ابتدا مدل رابطه (۱۰) تخمین زده می‌شود، سپس یک یا چند متغیر توضیحی به مدل رابطه (۱۰) اضافه شده و به صورت رابطه (۱۱) تخمین زده می‌شود.

$$DT = -۹/۹۳ + ۴/۰۹\,B + ۴/۱۴A + ۰/۷۵S + ۱۲/۷۲F + ۲/۳۷Ask - ۰/۰۱FIT^{۲} + ۱/۳۲E^{-۴}\,FIT^{۳}$$

t (-۰/۳۱) (۱/۳۶) (۱/۳۴) (۱/۳۵) (۱/۲۴) (۱/۰۷) (-۰/۴۸) (۰/۶۱) (۱۱)

$R^2 = ۰/۷۰۱۶ \quad R^2 = ۰/۶۷۱۳ \quad F = ۲۳/۱۸$

مقدار آماره F آزمون رمزی محاسبه شده از فرمول (۵) به صورت زیر است :

$$F = \frac{(۰/۷۰۱۶ - ۰/۶۹۶۹)/(۲)}{(۱ - ۰/۷۰۱۶)/(۷۷ - ۷)} = ۰/۵۵ \qquad (۱۲)$$

چون آماره F محاسباتی در رابطه (۱۲) معادل ۰/۵۵ می‌باشد که در سطح احتمال ۰/۰۵معنی‌دار نمی‌باشد، افزایش در سطح R^2 معنی‌دار نیست. بنابراین فرضیه H (تصریح مدل) رد نمی‌شود و لذا مدل به خوبی تصریح شده است.

۳- نتایج و بحث

الف) عواملی که از مدل تحلیل عاملی پیشنهادی در این مقاله تعیین می‌شوند با اطمینان حدود ۹۰ درصد، در تبیین پارامتر وابسته معنادار بوده‌اند.
ب)- در هر سه مدل برآورد شده ملاحظه می‌شود، متغیر نحوه پرداخت کرایه بیشترین تأثیر بر مدت زمان توقف را دارا می‌باشد.
ج)- با مقایسه مدل ۱ مسیر عادی با تعداد مجزای افراد سوار و پیاده شده از اتوبوس با مدل ۲ این مسیر که تعداد کل مسافر در هر ایستگاه را در نظر گرفته است مشاهده می‌شود که مدل ۱ دارای R^2 بالاتری نسبت به مدل ۲می‌باشد.زیرا اثر دو متغیر مجزا بر تبیین پارامتر وابسته نسبت به یک متغیر مستقل بیشتر می باشد.
د)- مدل ۲ این مسیر برای پیش‌بینی مدت زمان توقف در صورت نداشتن داده‌های مجزا برای افراد سوارشونده و پیاده شونده از اتوبوس و در دسترس بودن کل تعداد مسافران به‌کار می‌رود.
ه)-نحوه پرداخت کرایه نیز اگر به صورت مکانیزه باشد که با استفاده از دستگاه‌های مکانیزه، مسافران بتوانند به طور مشترک از یک بلیط یا کارت بلیط برای سوار شدن به اتوبوس استفاده کنند، باعث می‌شود که مسافران با معطلی کمتری سوار اتوبوس شوند؛ که این خود به نفع مسافران سوار شونده و همچنین مسافران داخل وسیله می‌باشد، این امر باعث بالا رفتن مطلوبیت و جذب بیشتر افراد به این سیستم می‌شود.
و)- متوسط مدت زمان توقف اتوبوس در ساعات اوج در این خط ۲۷/۸۱ ثانیه می‌باشد، که ۳ ثانیه بیشتر از مدت زمان توقف در طول روز می‌باشد.
ز)- از آنجایی که تعداد متغیرهای مستقل اثرگذار بر متغیر وابسته نسبت به مطالعات پیشین انجام شده، بالا می باشد هر سه مدل تخمین زده شده برای این خط، R^2 نسبتاً بالایی دارند.
ح)- نتایج اعتبار سنجی مدل ها گویای این امر می باشد که مدل ها به خوبی تصریح شده اند.
ی)- از آنجایی که شهر آبادان دارای ترافیک خیابانی چندانی نمی باشد، لذا با استفاده از محاسبه مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه می توان به تهیه برنامه زمان بندی برای خطوط اتوبوسرانی این شهر پرداخت.
ی)- داشتن مدت زمان توقف اتوبوس در برآورد ظرفیت خط، تعیین سرفاصله زمانی مشخص، تعیین زمان رسیدن اتوبوس به هر ایستگاه از طریق نصب تابلوهای ویژه در هر یک از ایستگاه‌های این مسیر و در نهایت در ساختن برنامه زمان‌بندی برای استفاده بهینهٔ شهروندان از زمان امری ضروری است.

۴- منابع

1- Cohen, G. and Crawford, K.M. 1997. A Problem in Estimating Bus Stop Times. Appl. Statist,

2- FHWA. 1998. Travel Time Data Collection Handbook. Federal Highway Administration.

3- Guenthner, R.P. and Sinha, K.C. 1983. Modeling Bus Delays Due to Passenger Boarding and Alighting. Transportation Research Record. 915:7-13.

4- Gujarati, D. 1998. Basic Econometrics. Abrishami, H. (trans).Tehran: Tehran University Press.

5- Kim, W.H. 2007. A Methodology for Estimation of Bus Dwell Time and Prediction Intervals.

6- Kittleson & Associates et al. 2003. Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM). 2nd ed. TCRP Report 100, Washington D.C.

7- Levine, J.C. and Torng, G.W. 1994. Dwell-Time Effects of Low-Floor Bus Design. Journal of Transportation Engineering, 120: 6.Nov & Dec.

8- Milkovits, M.N. 2008. Modeling the Factors of Bus Dwell Time. Transportation Research Board Annual Meeting. p:08-28.

9- Puong, A. 2000. Dwell time model and analysis for the MBTA Red Line. Journal of Transportation. Engineering, p:240-244

10- Strathman, J.G, T.J. Kimpel, K.J. Dueker. 2004. Determinants of Bus Dwell Time. Journal of Public transportation.7:1.

11- Vuchic, V.R. 2005. Urban Transit: Operations, Planning, and Economics. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey: Hoboken.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی