



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

روح انگیز نامداری (نویسنده مسؤل)

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، 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 کمتر مورد 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 بهینه شهروندان از زمان بهره گرفت.

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

۱- مقدمه

یکی از راه‌های 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 مذکور ایفا کند.

از آنجا که سیستم اتوبوسرانی شهری عمده‌ترین بخش از سیستم حمل و نقل عمومی کشور و حتی در بسیاری از شهرها تنها وسیله حمل و نقل عمومی می‌باشد و 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 می‌رسد. تحقیقات نشان می‌دهد زمان سپری شده در اتوبوس و مدت زمان توقف آن در ایستگاه بخش نامطلوب سفر برای مسافران اتوبوس است. این امر می‌تواند 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.

ایستگاه‌ها نمایانگر مکان‌هایی هستند که در آنجا مسافران به شبکه‌های حمل و نقل دسترسی پیدا می‌کنند. مدت زمان توقف اتوبوس در ایستگاه، مقدار زمانی است که یک اتوبوس در ایستگاه توقف می‌کند تا به مسافران سرویس دهد، به اضافه زمان باز و بسته شدن در، که این زمان با توجه به شلوغ‌ترین 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 می‌باشد. (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^۱ نیز در سال ۱۹۸۳ میلادی به مطالعاتی در مورد میزان تأخیر اتوبوس‌ها با توجه به سوار و پیاده شدن مسافران پرداختند و دو عامل در تأخیر 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 (Guenther and Sinha, 1983). مدل ارائه شده در تحقیق آنها 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.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Time (z)} = z [5 - 1/2 \ln (z)] \quad \text{وقتی که } z \leq 23 \\ \text{Time (z)} = 1/2 z \quad \text{وقتی که } z \geq 24 \end{array} \right. \quad (۱)$$

^۱ Guenther and Sinha

از مدل های بدست آمده به این نتیجه رسیدند که به ازای هر توقف در ایستگاه ۵ الی ۱۰ ثانیه صرف باز و بسته شدن در شده، به علاوه ۳ الی ۵ ثانیه به ازای سوار و پیاده شدن هر مسافر زمان صرف می شود. در هر حال مدل های مدت زمان توقف بر اساس نمونه های کوچک، نیروی کمی برای نشان دادن تاثیر دیگر فاکتورها نظیر وجود بالابر، نحوه جمع آوری کرایه و تعداد درها دارد.

لیواین و تورنگ^۲ در سال ۱۹۹۴ میلادی، مطالعاتی در مورد تأثیر اتوبوس های کف پایین بر زمان توقف اتوبوس در ایستگاه داشتند که در آن مطالعه پایین بودن کف اتوبوس را به عنوان یک عامل مؤثر بر سرویس دهی به عموم مسافران اعم از افراد ناتوان و بچه ها می دانند 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 سال ۱۹۹۷ میلادی با بررسی تاثیر تعداد مسافران سوار و پیاده شده بر زمان توقف اتوبوس (Cohen, and Crawford, 1997). به مدل های مختلفی برای اتوبوس های تک در و دو در دست یافتند که با بکارگیری روش های گوناگون به مقایسه ضرایب تخمین زده پرداختند. در این تحقیق تعداد مسافران سوار و پیاده شده و زمان توقف هر اتوبوس در هر ایستگاه ثبت شد تا خصوصیات مختلف اتوبوس هایی که در این خط کار می کنند را با هم مورد مقایسه قرار دهند. پیونگ^۴ در تحقیق خود در سال ۲۰۰۰ میلادی بر روی خط قرمز MBTA 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 سوار شدن 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 در تعیین ظرفیت و سطح سرویس دهی خطوط حمل و نقل موجود می داند. با توجه به اطلاعات به دست آمده، مدت زمان توقف در ایستگاه به صورت زیر می باشد:

۶۰ ثانیه : برای مناطق CBD، مراکز حمل و نقل همگانی، نقاط تبادل اصلی و ایستگاه های پارک-سوار

۳۰ ثانیه : در ایستگاه های اصلی

۱۵ ثانیه : برای ایستگاه های معمولی

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

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc} \quad (2)$$

t_d = زمان توقف

P_a = تعداد مسافران پیاده شده در ۱۵ دقیقه اوج از شلوغ ترین در

t_a = زمان پیاده شدن هر مسافر

P_b = تعداد مسافران سوار شده در ۱۵ دقیقه اوج از شلوغ ترین در

t_b = زمان سوار شدن هر مسافر

t_{oc} = زمان باز و بسته شدن در

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

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 از خطوط 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 زمان بندی 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 میسر شد.

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، موقعیت یاب 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 زمان بندی پرداخت و داده‌ها را در طی ساعات ۷ تا ۱۰ صبح جمع‌آوری کرد (Kim, 2007). مشاهدات نشان داد که ۳۶ درصد از اتوبوس ها با بیش از ۵ دقیقه تأخیر به ایستگاه می رسند و ۳۳ درصد از اتوبوس ها طبق برنامه زمان بندی 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 زمان بندی به ایستگاه وارد می‌شوند.

بنا به زمان قابل توجه 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 متغیر 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 شمسی ۲۰ خط و ۱۲۵ دستگاه اتوبوس سازمانی به صورت روزانه وظیفه سرویس‌دهی به شهروندان را بر عهده دارند. طبق آخرین آمار گرفته شده روزانه ۱۳ هزار 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-اسیوندت 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 رگرسیون^{۱۱} 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

$$DT = -1/0.2 + 2/6.0B + 3/5.1A + 0/6.0S + 12/9.6F + 2/0.6Ask$$

$$t \quad (-0/47) \quad (7/43) \quad (13/24) \quad (6/81) \quad (7/41) \quad (2/83) \quad (3)$$

$$R^2 = 0/6196 \quad R^2 = 0/6088 \quad F = 57/02$$

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 مجازی ۰ و ۱)

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 آماره t استیودنت برای هر یک از آن‌ها در سطح $0/01$ معنی‌دار می‌باشند. با توجه به آماره F که معادل $57/02$ می‌باشد کل مدل در سطح $0/01$ 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 $2/60$ درصد افزایش می‌یابد، همچنین به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد پیاده‌شونده، مدت زمان توقف به طور متوسط $2/15$ درصد افزایش می‌یابد، به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد ایستاده در اتوبوس، مدت زمان توقف به طور متوسط $60/$ 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 $2/06$ درصد افزایش و اگر نحوه بلیت‌گیری به صورت نقدی باشد، مدت زمان توقف به طور متوسط $12/96$ درصد 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 می‌پردازیم. یکی از مهمترین مفروضات 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 $1/19$ است، می‌توان دریافت که بین جملات اخلال مدل (۱) در سطح معنی‌داری $0/05$ 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.

$$DT = -9/93 + 4/24 B + 5/19 A + 0/98 S + 21/32 F + 3/45 Ask - 0/01 FIT^2 + 7/88 E^{-5} FIT^3$$

$$t \quad (-1/10) \quad (2/22) \quad (2/28) \quad (2/25) \quad (2/24) \quad (2/02) \quad (-0/71) \quad (0/51) \quad (4) \quad (R^2 = 0/6241)$$

$$R^2 = 0/6089 \quad F = 41/03$$

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

$$F = \frac{(R^2_{\text{جدید}} - R^2_{\text{قدیم}}) / (\text{تعداد متغیرهای توضیحی جدید})}{(1 - R^2_{\text{قدیم}}) / (n - \text{تعداد پارامترهای در مدل جدید})} \quad (5)$$

چون آماره F محاسباتی در رابطه (۶) معادل $1/03$ می‌باشد که در سطح احتمال $0/05$ معنی‌دار نمی‌باشد، افزایش در سطح R^2 معنی‌دار نیست. بنابراین فرضیه H_0 (تصریح مدل) رد نمی‌شود و لذا مدل (۱) به خوبی تصریح شده است.

$$F = \frac{0/6241 - 0/6196}{(1 - 0/6196) / (181 - 7)} = 1/03 \quad (6)$$

مدل دوم این مسیر، برای برآورد مدت زمان توقف زمانی که تعداد کلی مسافران سوار و پیاده شده از اتوبوس در ایستگاه موجود می‌باشد، به کار 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.

$$DT = -1/19 + 3/01P + 0/59 S + 13/00 F + 1/81 Ask$$

$$t \quad (-0/55) \quad (13/59) \quad (6/70) \quad (7/41) \quad (2/55) \quad (7)$$

$$R^2 = 0/6145 \quad \bar{R}^2 = 0/6058 \quad F = 70/15$$

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 مجازی ۰ 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 معادل ۷۰/۱۵ 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 متوسط ۳/۰۱ 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 می‌پرسند، مدت زمان توقف به طور متوسط ۱/۸۱ درصد افزایش و اگر نحوه ی بلیط‌گیری به صورت نقدی باشد، مدت زمان توقف به طور متوسط ۱۳/۰۰ 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 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 اخلاص 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.

$$DT = -11/94 + 5/46 P + 1/06 S + 23/56 F + 3/36 Ask - 0/02 FIT^2 + 1/26 E^{-4} FIT^3$$

$$t \quad (-1/28) \quad (2/42) \quad (2/40) \quad (2/40) \quad (2/11) \quad (-0/71) \quad (0/51) \quad (8)$$

$$R^2 = 0/6188 \quad \bar{R}^2 = 0/6057 \quad F = 47/08$$

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

$$F = \frac{(0/6188 - 0/6145) / (2)}{(1 - 0/6145) / (181 - 7)} = 0/97 \quad (9)$$

چون آماره F محاسباتی در رابطه (۹) معادل $0/97$ می باشد که در سطح احتمال $0/05$ معنی دار نمی باشد، افزایش در سطح R^2 معنی دار نیست. بنابراین فرضیه H_0 (تصریح مدل) رد نمی شود 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 تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر مدت زمان توقف بدست آمده است که در رابطه (۱۰) نشان داده شده است.

$$DT = -1/09 + 2/95B + 3/07A + 0/55S + 9/51F + 1/85 Ask \quad (10)$$

$$t \quad (-0/41) \quad (7/45) \quad (10/34) \quad (5/79) \quad (4/53) \quad (2/11)$$

$$R^2 = 0/6969 \quad R^2 = 0/6756 \quad F = 32/65$$

که در آن :

DT = مدت زمان توقف

B = تعداد افراد سوارشونده

A = تعداد افراد پیاده شونده

S = تعداد افراد ایستاده در اتوبوس

F = نحوه پرداخت کرایه (بلیطی یا نقدی، متغیر مجازی ۰ و ۱)

Ask = تعداد افرادی که نام خط را می پرسند

تعداد نمونه های برداشت شده در ساعات اوج ۷۷ مورد می باشد.

همانگونه که در مدل سوم چند متغیره مشاهده می شود، تمام ضرایب متغیرهای مستقل موافق انتظار ظاهر شده اند، ضرایب متغیرهای مستقل با توجه به آماره t استیوودنت برای هر یک از آن ها در سطح $0/01$ معنی دار می باشند. با توجه به آماره F که معادل $32/65$ می باشد کل مدل در سطح $0/01$ معنی دار است.

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

به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد سوار شونده، مدت زمان توقف به طور متوسط $2/95$ درصد افزایش می یابد، همچنین به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد پیاده شونده مدت زمان توقف به طور متوسط $3/07$ درصد افزایش می یابد، به طور متوسط به ازای افزایش یک درصد در تعداد افراد ایستاده در اتوبوس، مدت زمان توقف به طور متوسط 55% 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 متوسط $1/85$ درصد افزایش و اگر نحوه بلیط گیری به صورت نقدی باشد، مدت زمان توقف به طور متوسط $9/51$ درصد افزایش خواهد داشت.

در انجام آزمون ناهمسانی واریانس وایت، پس از تخمین ضرایب مدل و انجام آزمون معنی داری کل رگرسیون (مدل) و آزمون معنی دار بودن تک تک ضرایب، حال به بررسی مشکلاتی که ممکن است در مدل های رگرسیون پیش آید پرداخته می شود. یکی از مهمترین فروض رگرسیون کلاسیک در روش حداقل مربعات معمولی این است که جملات خطا (u_i ها) که در تابع رگرسیون

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

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

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

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

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

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

چون آماره F محاسباتی در رابطه (۱۲) معادل $۰/۵۵$ می باشد که در سطح احتمال $۰/۰۵$ معنی دار نمی باشد، افزایش در سطح R^2 معنی دار نیست. بنابراین فرضیه H_0 (تصریح مدل) رد نمی شود و لذا مدل به خوبی تصریح شده است.

۳- نتایج و بحث

الف) عواملی که از مدل تحلیل عاملی پیشنهادی در این مقاله تعیین می شوند با اطمینان حدود ۹۰ درصد، در تبیین پارامتر وابسته معنادار بوده اند.

ب) - در هر سه مدل برآورد شده ملاحظه می شود، متغیر نحوه پرداخت کرایه بیشترین تأثیر بر مدت زمان توقف را دارا می باشد. 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 می شود که مدل ۱ دارای R^2 بالاتری نسبت به مدل ۲ می باشد. زیرا اثر دو متغیر مجزا بر تبیین پارامتر وابسته نسبت به یک متغیر مستقل بیشتر می باشد.

د) - مدل ۲ این مسیر برای پیش بینی مدت زمان توقف در صورت نداشتن داده های مجزا برای افراد سوارشونده و پیاده شونده از اتوبوس و در دسترس بودن کل تعداد مسافران به کار می رود.

ه) - نحوه پرداخت کرایه نیز اگر به صورت مکانیزه باشد که با استفاده از دستگاه های مکانیزه، مسافران بتوانند به طور مشترک از یک بلیط یا کارت بلیط برای سوار شدن به اتوبوس استفاده کنند، باعث می شود که مسافران با معطلی کمتری سوار اتوبوس شوند؛ که این خود به نفع مسافران سوار شونده و همچنین مسافران داخل وسیله می باشد، این امر باعث بالا رفتن مطلوبیت و جذب بیشتر افراد به این سیستم می شود.

و) - متوسط مدت زمان توقف اتوبوس در ساعات اوج در این خط $۲۷/۸۱$ ثانیه می باشد، که ۳ ثانیه بیشتر از مدت زمان توقف در طول روز می باشد.

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 ایستگاه های این مسیر و در نهایت در ساختن برنامه زمان بندی برای استفاده بهینه 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- Guenther, 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.