فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

ارائه مدل پیش بینی زمان سفر اتوبوس BRT با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان به همراه تحلیل اجزای اصلی

شاهین شعبانی[۱]، مهدی معتمدی سده[۲]، سید جواد خادم الفقرا[۳]

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شمال، تهران، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شمال، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شمال، تهران، ایران

چکیده

پیش بینی زمان سفر و تأخیر، نقش بسزایی در جلوگیری از مواجه شدن استفاده کنندگان راه با ترافیک سنگین و متعقاباً افزایش اعتماد آنها به تسهیلات ترافیکی دارد. در تحقیق حاضر، ابتدا با استفاده از اطلاعات بدست آمده از داده‌های سیستم جمع آوری اطلاعات سازمان کنترل ترافیک تهران، پایگاه داده اصلی جهت پیش بینی زمان سفر اتوبوس BRT پایه ریزی می‌شود. بدین منظور از خط اتوبوس تندرو فرهنگسرا- آزادی به عنوان نمونه مورد بررسی استفاده می‌گردد. در مدلسازی صورت پذیرفته از روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان به همراه تحلیل اجزای اصلی استفاده شده است. با استفاده از روش بیان شده، زمان سفر در نمونه مورد بررسی، پیش بینی شده و نتایج آن مورد بحث و بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان به همراه تحلیل اجزای اصلی دارای دقتی بالا در پیش بینی هدف مورد نظر بوده و توانسته است نتایج مربوط به پیش بینی زمان سفر عبوری را بهبود بخشد. بنابراین روش ارائه شده در پژوهش حاضر می‌تواند در کاربردهای عملی بکارگرفته شده و در برنامه ریزی زمان سفر اتوبوس‌های تندرو نقش موثری را ایفا نماید.

واژگان کلیدی: زمان سفر، پیش بینی، ماشین بردار پشتیبان، تحلیل اجزای اصلی، BRT.

۱– مقدمه

پیش بینی زمان سفر و تأخیر، نقش بسزایی در جلوگیری از مواجه شدن استفاده کنندگان با ترافیک سنگین و متعقاباً افزایش اعتماد آنها به تسهیلات ترافیکی دارد. از سوی دیگر اطلاعات زمان سفر در زمینه‌های مختلفی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از جمله کاربردهای این پیش بینی می‌توان دریافت روند تغییرات جریان ترافیک را نام برد که خود کاهش هزینه‌های سفر، پرهیز از ترافیک سنگین، افزایش اعتماد مسافران در انتخاب یک مسیر بهینه قبل از سفر و در خلال سفر را ایجاد نماید. همچنین در کاربرد حمل و نقل بار و نیز حمل و نقل عمومی باعث کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت سرویس می‌شود [۱]. برای مدیران ترافیک، اطلاعات زمان سفر، یک شاخص مهم برای ارزیابی عملکرد شبکه و کیفیت سرویس تسهیلات ترافیکی می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که در بعضی از شهرهای دنیا سرعت اتوبوس‌های تندرو آنقدر پایین بوده که این سیستم نتوانسته نیاز ترافیکی آن مناطق را پاسخگو باشد، لذا برای افزایش سرعت و به عبارت دیگر کاهش زمان سفر نیاز به مطالعه دقیق تر و علمی تر روش‌های افزایش سرعت و کاهش زمان سفر وجود دارد.

۲- پیشینه پژوهش

در تحقیقی که توسط طبیبی در سال ۱۳۹۱ با هدف ارائه مدل پیش بینی زمان سفر در شبکه جادهای کشور انجام پذیرفت، روش شبکه عصبی در مدلسازی بکار گرفته شد. اطلاعات استفاده شده در این تحقیق شامل خروجی ترافیک شمارها و اطلاعات جمع آوری شده به روش ماشین شناور می‌باشد. نتایج این مدلسازی نشان داد که به ترتیب نوع راه، نوع منطقه، حجم جریان ترافیک، شرایط آب و هوایی و در نهایت شب و روز بیشترین تاثیر را بر زمان سفر دارند. همچنین بیشترین درصد افزایش زمان سفر به ازای تغییرات در هر یک از عوامل موثر در زمان سفر، در آزادراه هموار و کمترین آن در راه اصلی در منطقه کوهستانی مشاهده می‌شود [۲]. در تحقیقی که توسط حجازی در خصوص اثر سنجی اجزای سامانه اتوبوس تندرو بر معیارهای کیفیت حمل و نقل به عمل آمده است نحوه‌ی تأثیر معیارهای مختلف سامانه اتوبوس تندرو به زمان سفر بررسی گردیده است. بررسی‌های کلی نشان داده که مهمترین عامل مؤثر بر زمان سفر، مسیرهای اتوبوس تندرو می‌باشند و متعاقبا" استفاده از سیستم‌های اولویت دهی چراغ راهنمایی در رتبه بعدی قرار دارد [۱]. تحقیقی در سال ۲۰۱۰ توسط هوانگ[1] و همکاران تحت عنوان پیش بینی زمان سفر اتوبوس‌های BRT با استفاده از روش احتمالات آمار پایه صورت گرفته است. در این تحقیق روش احتمالی برای پیش بینی زمان سفر BRT بوسیله آنالیز اطلاعات ترافیک گذشته پیشنهاد شده است. لاین یک BRT در جینان[2] که مجهز به واحدهای gps می‌باشد، به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نامعینی در پیش بینی زمان سفر به پراکندگی اطلاعات اندازه گیری شده در ساعات خاص روز و روزهای مشابه هفته‌ها بستگی دارد [۳]. در تحقیقی که توسط‌هاین[3] و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام گردید، تخمین و پیش بینی زمان سفر اتوبوس‌ها توسط دو مدل سازی مهم که باعث تسهیل امور حمل و نقل برای استفاده کنندگان و کمک به مدیران شبکه حمل و نقل می‌گردند، صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که تخمین و پیش بینی زمان سفر اتوبوس‌ها باعث جذاب شدن بیشتر حمل و نقل عمومی می‌گردید. در این تحقیق بینش جدید در ویژگی‌های اتوبوس در ترافیک و فاکتورهای مؤثر در زمان سفر مهیا گردیده است [۴]. همچنین در تحقیقی که توسط لی[4] و هکاران تحت عنوان چهار چوب جدیدی برای پیش بینی زمان سفر اتوبوس‌ها بر اساس خط و سیر تاریخی انجام گرفته است، ایده اصلی استفاده از خط و سیرهای (مسیرهای) تاریخی شبیه مسیرهای جاری به منظور پیش بینی قطعات مسیر آینده می‌باشد. در استفاده از این روش چارچوب پیش بینی زمان سفر جدیدی به نام HTTP [5] و دو طرح پیش بینی زمان سفر به نام‌های قطعه گذشته (PS)[6] و ترکیب موقت (TP)[7] توسعه یافته است. که این پیش بینی‌ها زمان‌های سفر مطلوب و منطقی و منطبق بر واقعیت را در تایوان ارائه نموده است. این سیستم پیش بینی سفر قابلیت هیبرید کردن دو طرح فوق را داشته که در مواقع لزوم نتایج بدست آمده از ترکیب دو روش فوق با دقت بالاتری می‌باشد [۵]. تحقیقی در سال ۲۰۱۲ توسط چن[8] و همکاران تحت عنوان پیش بینی زمان سفر بر اساس SVM و فیلتر کالمن صورت گرفته است. این مدل پیش بینی از ماشین بردار پشتیبان (SVM) به منظور پیش بینی اولیه زمان سفر و از الگوریتم فیلتر کالمن برای اصلاح دینامیکی نتایج استفاده شده است. پیش بینی زمان سفر BRT در ساعت پیک و غیر پیک صبح به وسیله هر دو روش SVM و فیلتر کالمن انجام گردیده است. نتایج بررسی‌ها نشان داده که استفاده از این مدل از درجه صحت بالایی در پیش بینی زمان سفر برخوردار است و ضمناً دقت پیش بینی زمان سفر در ساعات غیر پیک نسبت به ساعات پیک بالاتر است [۶]. تحقیقی توسط دینگ[9] و همکاران تحت عنوان پیش بینی زمان سفر اتوبوس‌های تندرو و با استفاده از مدل هیبرید ARIMA [10] و SVM انجام گردید. استفاده از مدل پیش بینی هیبریدی عموما بیشترین مزایای ریاضیات سنتی و روش‌های فیزیکی و روش‌های مدرن علمی که با همدیگر ترکیب می‌شوند را ارائه می‌نماید. این تئوری دو روش ARIMA و SVM را بصورت سازگار با هم ترکیب می‌نماید. این مبحث زمان توقف اتوبوس را به دو بخش توقف‌های BRT در قسمت خطی خود و قسمت غیر خطی اقامتی تقسیم می‌کند و سپس به صورت مرتب و پی در پی از روش مقتضی برای پیش بینی آنها استفاده می‌کند. در نهایت دو قسمت به منظور رسیدن به نتیجه نهایی ترکیب می‌شوند [۷].

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه پیش بینی پارامترهای جریان ترافیک از جمله زمان سفر، ماشین بردار

1 Huang
2 Jinan
3 hien
4 Li

5 Hitorical Time Prediction
6 Passed Segment
7 Temporal Fea ture
8 CHEN
9 Ding
10 Autoregressive Integrated Moving Arerage Model

پشتیبان روشی ایده آل در این زمینه بوده که در تحقیق حاضر، از ترکیب این روش با تحلیل اجزای اصلی استفاده گردیده است. لازم به ذکر است، پایگاه داده ورودی به مدل جهت آموزش، بر اساس پارامترهای بومی کشور پایه ریزی شده است و مهمترین عوامل تاثیرگذار بر زمان سفر در مدل سازی در نظر گرفته شده اند.

۳- روش تحقیق

بر مبنای تحقیقات انجام شده، روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان روش دقیق، سریع و جدید نسبت به روش‌های دیگر در زمینه پیش بینی بوده و توانسته است جایگاه ویژه ای در زمینه پیش بینی پارامترهای مختلف جریان ترافیک کسب نماید. بنابراین در پژوهش حاضر بر آن شدیم که از روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان با تحلیل اجزای اصلی به منظور توسعه مدل پیش بینی زمان سفر اتوبوس BRT استفاده نماییم.

۳- ۱- رگرسیون ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های یادگیری با نظارت است که از آن برای طبقه بندی و رگرسیون استفاده می‌کنند. این روش از جمله روش‌های جدیدی است که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون نشان داده است. روش‌هایی نظیر روش شبکه‌های عصبی، مدل‌های خودرگرسیو میانگین متحرک یکپارچه، رگرسیون غیرپارامتری و تئوری فیلترینگ کالمان سعی در کاهش خطای آموزش شبکه داشته حال آنکه روش ماشین بردار پشتیبان ریسک عملیاتی مربوط به مدل سازی را کاهش می‌دهد. رگرسیون ماشین بردار پشتیبان یا SVR، در حقیقت حالت تعمیم یافته ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) می‌باشد. در حالت SVM، ورودی‌ها در فضای n بعدی ولی خروجی‌ها باینری یا دو مقداری می‌باشند. حال آنکه در حالت SVR خروجی‌ها می‌توانند بی نهایت مقدار را به خود اختصاص دهند. از SVR می‌توان برای تخمین تابع، مدل سازی، پیش بینی سری‌های زمانی و ... استفاده کرد. در این روش داده‌ها یا همان ورودی و خروجی مدل، در فضای پیوسته می‌باشند.

$$\{x_i, t_i\} \quad x_i \in R^m \quad , \quad t_i \in R \qquad (۱)$$

در رابطه بالا x_i ها ورودی مدل و عضو یک فضای m بعدی و t_i ها خروجی مدل و عضو اعداد حقیقی می‌باشند. نخست هدف تخمین یک رگرسیون خطی با مقدار $y_i = \omega^T x_i + b$ بوده، در نهایت رگرسیون خطی را با کرنل تریک[1] به یک رگرسیون غیر خطی تبدیل خواهیم کرد. اگر فرض کنیم آستانه پذیرش خطا برابر ε باشد، یعنی تا زمانی که نقاط پیش بینی شده در این باند قرار گیرند، مدل قابل قبول خواهد بود.

در صورتی که مقدار تخمین زده خارج از این باند باشد، باید مدل جریمه شود. تابع خطا به منظور جریمه به صورت زیر می‌باشد.

$$L_\varepsilon(x_i, t_i) = \begin{cases} 0 & |t_i - y_i| \le \varepsilon \\ \delta_i = |t_i - y_i| - \varepsilon & \text{Otherwise} \end{cases} \qquad (۲)$$

حال باید برای همه داده‌ها، مقدار تابع خطا کمینه گردد.

$$R_{emp} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} L(x, t) \qquad (۳)$$

در رابطه بالا مقدار R_{emp} به ریسک عملیاتی معروف می‌باشد. از طرفی باید w را مینیمم کنیم که به منظور ساده سازی مدل می‌توان $\frac{1}{2}w^T w$ را مینیمم کرد. شرایط حاکم بر مدل نیز به صورت زیر می‌باشد:

$$-\varepsilon \le t_i - y_i \le +\varepsilon \qquad (۴)$$

حال اگر رابطه بالا برقرار نباشد، یعنی برای برقراری رابطه مقادیری باید به $+\varepsilon$ اضافه و یا از $-\varepsilon$ کم شود، داریم:

$$-\varepsilon - \xi_i^- \le t_i - y_i \le +\varepsilon + \xi_i^+ \qquad \xi_i^-, \xi_i^+ \ge 0 \qquad (۵)$$

مقادیر ξ_i^-, ξ_i^+ تخطی مدل از مقدار مجاز خطا می‌باشند. می‌توان نشان داد:

$$\begin{cases} \xi_i^- + \xi_i^+ = L_\varepsilon(x_i, t_i) \\ \xi_i^- . \xi_i^+ = 0 \end{cases} \qquad (۶)$$

حال رابطه ریسک عملیاتی را باز نویسی می‌کنیم و با استفاده از لاگرانژ و مشتق گیری و ساده سازی به رابطه زیر میرسیم:

$$\min \frac{1}{2}\sum_i \sum_j \left(\alpha_i^+ - \alpha_i^-\right)\left(\alpha_j^+ - \alpha_j^-\right) x_i . x_j - \sum_i \left(\alpha_i^+ - \alpha_i^-\right) t_i + \varepsilon \sum_i \left(\alpha_i^+ + \alpha_i^-\right) \qquad (۷)$$

1 Kernel Trick

فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال ۱۶ / تابستان ۱۳۹۵ / شماره ۶۵

مقادیر α_i^+، α_i^-، μ_i^+ و μ_i^- ضرایب لاگرانژ در شرایط موجود می‌باشند.

حال اگر به جای $x_i.x_j$ در هدف از $k(x_i,x_j)$ استفاده کنیم، می‌توان به حالت غیر خطی SVR برای حل مسئله دست یافت. پس داریم:

$$\min \frac{1}{2}\sum_i\sum_j\left(\alpha_i^+-\alpha_i^-\right)\left(\alpha_j^+-\alpha_j^-\right)k(x_i,x_j) \\ -\sum_i\left(\alpha_i^+-\alpha_i^-\right)t_i+\varepsilon\sum_i\left(\alpha_i^++\alpha_i^-\right) \quad (8)$$

با تعیین مقادیر α_i^+ و α_i^- می‌توان به مدل SVR داده‌ها دست یافت [۸].

پیش بینی صورت پذیرفته در این پژوهش، با انجام یک رگرسیون غیر خطی برای داده‌های ترافیکی بدست آمده از نمونه مورد بررسی، انجام می‌پذیرد.

۳- ۲- تحلیل اجزای اصلی

در بعضی از حالات، ابعاد بردار ورودی و مولفه‌های بردارها، خیلی به یکدیگر وابسته بوده و کاهش ابعاد بردارهای ورودی مفید است. یک روش موثر برای انجام این کار، استفاده از مولفه‌های اصلی تحلیل می‌باشد. در این روش مولفه بردارهای ورودی متعامد بوده و نسبت به یکدیگر مستقل هستند. مولفه‌های متعامد (مولفه‌های اصلی) طوری مرتب می‌شوند که بزرگترین تغییر در ابتدا ظاهر شده و تعدادی از مولفه‌هایی که کمترین تاثیر را در تغییر مجموعه داده‌ها دارند، حذف شود.

۳- ۳- روش پیشنهادی

در ابتدای برنامه، داده‌های مورد نظر که بر اساس عوامل تأثیر گذار بر هدف، مرتب شده اند، فراخوانی می‌شوند. با توجه به اینکه آموزش شبکه بر اساس زوج‌های ورودی- هدف صورت می‌گیرد، داده‌های فراخوانی شده به نرم افزار، به دو قسمت داده‌های ورودی به مدل و داده‌های هدف، به صورت متناظر تقسیم می‌شوند. حال برای دستیابی به عوامل تأثیر گذار اصلی بر هدف مورد نظر که در پژوهش حاضر، زمان سفر اتوبوس BRT می‌باشد، تحلیل اجزای اصلی بر روی زوج‌های ورودی- هدف انجام می‌گیرد. در این عمل مولفه‌های اصلی که درصد مشارکت آنها کمتر از ۵٪ مجموع تغییرات در مجموعه داده‌ها است، حذف می‌شوند. بنابراین، با کاهش ابعاد بردارهای ورودی، مسئله در عین ساده سازی، از دقت و سرعت مطلوب تری برخوردار خواهد شد. در اینجا داده‌های ورودی شامل تغییرات زمان توقف در ایستگاه بین اتوبوس‌ها، چراغهای راهنمایی و رانندگی موجود در مسیر، مسیر حرکت اتوبوس تندرو، زمان توقف در ایستگاهها و اختلاف زمان‌های حرکت اتوبوس‌های متوالی بین دو ایستگاه می‌باشد. هدف نیز پیش بینی زمان سفر اتوبوس تندرو بین دو ایستگاه می‌باشد.

حال داده‌ها به دو قسمت آموزشی و آزمایشی با مقادیر به ترتیب ۸۰ و ۲۰ درصد تقسیم می‌شوند. مدل با ۸۰ درصد داده‌ها آموزش دیده و پس از آن با ۲۰ درصد داده‌ها اعتبار سنجی می‌شود تا با صحت این گونه تخمین‌ها، بتوان نسبت به پیش بینی در مورد آینده امیدوار بود. با استفاده از داده‌های قسمت آموزش و روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان مدل ایجاد شده و بر اساس کمینه سازی ریسک عملیاتی آموزش داده می‌شود. پس از آموزش مدل ایجاد شده، نوبت به تهیه خروجی از نرم افزار می‌رسد. همان طور که می‌دانیم، خروجی‌های نرم افزار در حقیقت پیش بینی مدل در مورد پیش بینی زمان سفر اتوبوس BRT می‌باشند، مقادیری که مدل تا بحال با آنها مواجه نشده و برای اولین بار اتفاق می‌افتند. بنابراین، مقادیر ورودی مربوط به زمان پیش بینی (به طور مثال روز آینده)، به مدل آموزش دیده ارائه شده و مقدار زمان سفر اتوبوس BRT در روز آینده از مدل درخواست می‌شود. انتظار می‌رود که مدل بتواند با خطای قابل قبول، زمان سفر مربوط به اتوبوس BRT بین دو ایستگاه مشخص در روز آتی را پیش بینی نماید.

حال به محاسبه میزان خطای آموزش و اعتبارسنجی پیش بینی صورت گرفته توسط مدل، می‌پردازیم. توابع ارزیابی که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است، **از جمله** میانگین مربعات خطا (MSE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد خطای نسبی (PRE) می‌باشد. بنابراین، مدل آموزش دیده با استفاده از توابع ارزیابی مذکور، اعتبار سنجی شده و برای پیش بینی حجم روزانه ترافیک در ده روز آینده مورد استفاده قرار می‌گیرد. **فرمول هریک از توابع ارزیابی به ترتیب در روابط (۹)، (۱۰) و (۱۱) آمده است.**

$$(9)\quad MSE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\hat{y}(i)-y(i)\right)^2$$

$$(10)\quad RMSE=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\hat{y}(i)-y(i)\right)^2}$$

$$(11)\quad PRE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{\left|\left(\hat{y}(i)-y(i)\right)\right|}{y(i)}*100$$

در روابط بالا N تعداد مشاهدات، $y(i)$ و $\hat{y}(i)$ به ترتیب مقدار

مشاهده و مقدار محاسبه شده توسط مدل می‌باشد. روش مدلسازی در پژوهش حاضر، بر اساس پارامترهای بومی کشور صورت پذیرفته و قابلیت استفاده در کاربردهای عملی را دارا می‌باشد.

۴– شبیه سازی و تحلیل داده‌ها

۴– ۱– مشخص نمودن مولفه‌های اصلی تحلیل

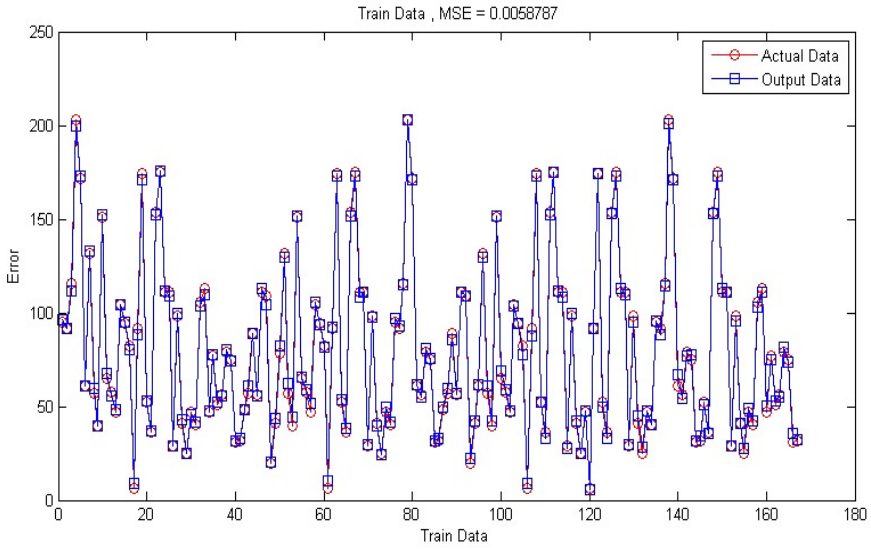
پایگاه داده اصلی با استفاده از نرم افزار متلب مورد پردازش قرار گرفته و مولفه‌های اصلی تحلیل مشخص می‌گردد. تحلیل اجزای اصلی سبب می‌گردد تا مولفه‌هایی که بیشترین تاثیر در مدل سازی را ایفا می‌کنند، در نظر گرفته شده و مدل از نظر ساختار داخلی به صورت بهینه تشکیل گردد. بنابراین دقت و سرعت شبکه در پیش بینی هدف مورد نظر به میزان چشم گیری افزایش می‌یابد. بر اساس این تحلیل، مسیر حرکت اتوبوس تندرو (فاصله بین دو ایستگاه)، تعداد تقاطع‌های دارای چراغ‌های راهنمایی و رانندگی موجود در مسیر، تعداد تقاطع‌های بدون چراغهای راهنمایی و رانندگی موجود در مسیر و تغییرات زمان توقف در ایستگاه بین اتوبوس‌ها، مولفه‌های اصلی در این تحلیل می‌باشند.

۴– ۲– ارائه نتایج شبیه سازی

در شکل (۱)، داده‌های واقعی زمان سفر به همراه داده‌های خروجی از مدل نمایش داده شده است.

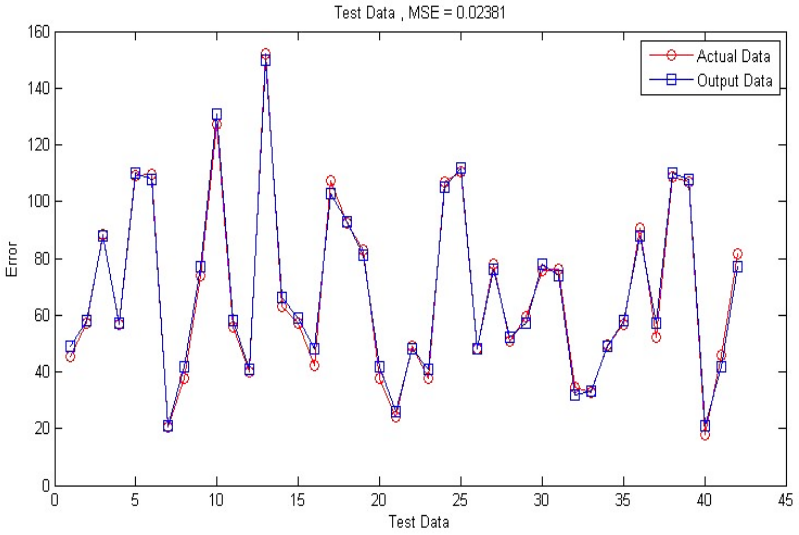
در شکل (۲)، جواب‌های خروجی مدل برای داده‌های آزمایشی نشان داده شده است.

از آنجاییکه هدف مطلوب و نهایی در پژوهش حاضر، پیش بینی در مورد آینده می‌باشد از تاریخ ۱۳۹۳/۰۱/۰۱ تا تاریخ ۱۳۹۳/۲/۳۱، پایگاه داده پایه ریزی شده و به عنوان ورودی به مدل ارائه می‌شود. حال روز آتی، یعنی زمان سفر بین ایستگاه‌های منتخب مربوط به ۱۳۹۳/۰۳/۰۱ از مدل به عنوان هدف مورد نظر درخواست می‌شود. در شکل‌های زیر، مقادیر MSE و RMSE مربوط به داده‌های آزمایشی مدل نمایش داده شده است.

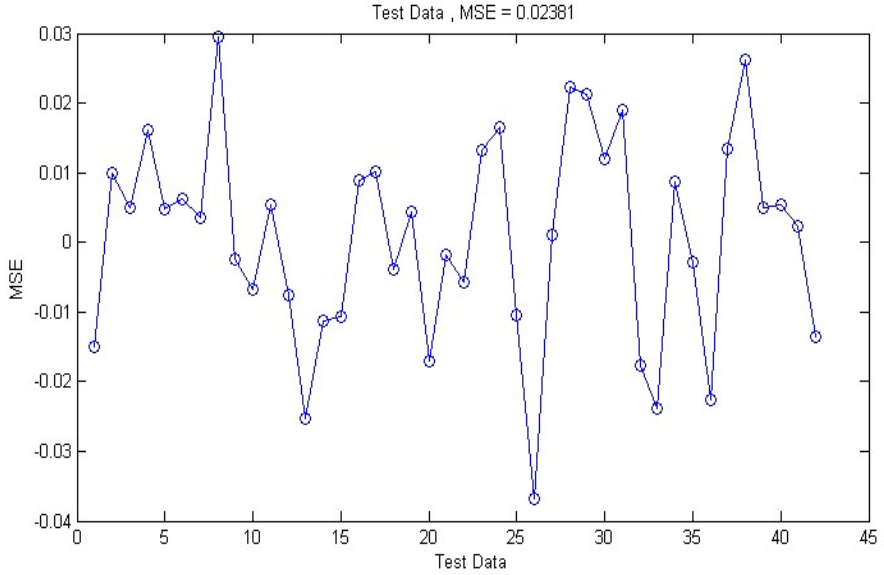


شکل۱: داده‌های واقعی زمان سفر اتوبوس BRT به همراه داده‌های خروجی مدل

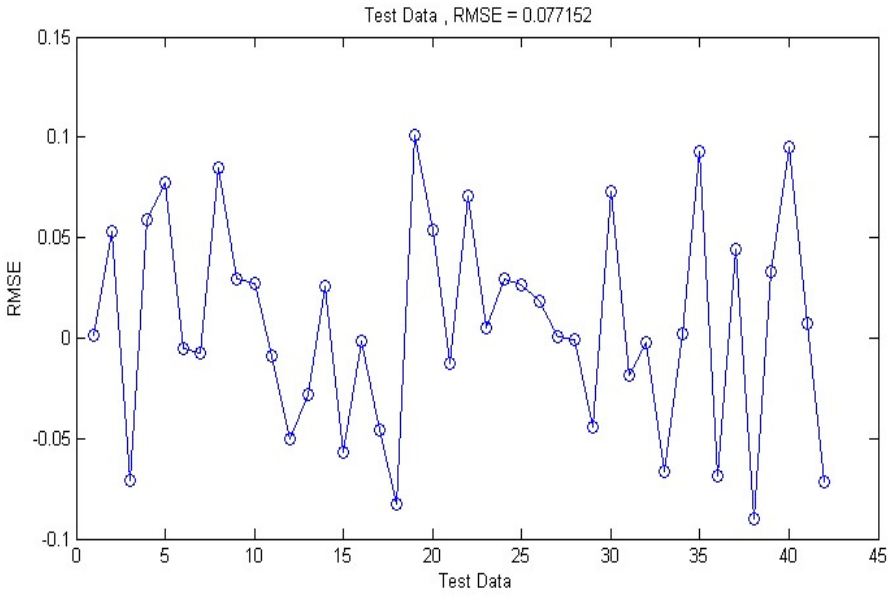
فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال ۱۶ / تابستان ۱۳۹۵ / شماره ۶۵



شکل۲: پاسخ خروجی مدل برای داده‌های آزمایشی



شکل۳: میانگین مربعات خطای داده‌های آزمایشی



شکل۴: مجذور میانگین مربعات خطای داده‌های آزمایشی

جدول ۱: پیش بینی زمان سفر بین ایستگاه‌های خط یک اتوبوس BRT

نام ایستگاه	بوعلی	فتحنایی	فرودگاه	سبلان	وحیدیه	پل	آیت	ابوریحان	خاقانی	تهرانپارس داریوش
فاصله ایستگاه‌ها	۳۳۶	۳۸۲	۶۰۰	۶۲۰	۶۵۷	۴۳۸	۵۷۴	۵۰۹	۶۵۸	۷۱۳
زمان سفر	۴۷	۴۰	۱۱۳	۷۷	۵۶	۷۵	۳۲	۵۷	۵۶	۱۰۹
خروجی مدل	۴۶	۴۲	۱۱۴	۷۷	۵۹	۷۴	۳۳	۵۸	۵۵	۱۱۲
درصد خطای نسبی	۲/۱۲	۵	۰/۸۸	-۱۲ ۵,۰E	۵/۳۵	۱/۳۳	۳/۱۲	۱/۷۵	۱/۷۸	۲/۷۵

۴- ۳- بحث و بررسی نتایج

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که روش ترکیبی رگرسیون ماشین بردار پشتیبان با تحلیل اجزای اصلی، در پیش بینی زمان سفر روز آینده با دقت بالایی عمل کرده و به عنوان روشی مطلوب شناخته می‌شود. این روش، متوسط زمان سفر اتوبوس BRT، برای روز آتی را می‌تواند با خطای نسبی حدود ۰ تا ۵/۳۵۷۱ درصد پیش بینی کند. میانگین خطای نسبی در این روش برابر ۲/۴۱۲۰ درصد و مقادیر میانگین مربعات خطا (MSE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) نیز برای روش حاضر، به ترتیب برابر ۰/۰۲۳۸ و ۰/۰۷۷۱ می‌باشد.

در زمینه پیش بینی زمان سفر اتوبوس BRT در جهان تحقیقات اندکی صورت پذیرفته است. در تحقیقی که در سال ۲۰۱۲ توسط چن و همکاران انجام گرفت به پیش بینی زمان سفر بر اساس SVM و فیلتر کالمن پرداخته شد. در این مدل

از ماشین بردار پشتیبان(SVM) به منظور پیش بینی اولیه زمان سفر و از الگوریتم فیلتر کالمن برای اصلاح دینامیکی نتایج استفاده شده است. نتایج نشان داد که درصد خطای نسبی در ساعات اوج برابر ۱۹/۹ درصد و در ساعات غیر اوج برابر ۱۶/۳ درصد می‌باشد، درحالی که مقدار درصد خطای نسبی در پژوهش حاضر برابر ۲/۴۱ درصد می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر از روش ترکیبی رگرسیون ماشین بردار پشتیبان با تحلیل اجزای اصلی، برای پیش بینی زمان سفر اتوبوس‌های تندرو در خط یک BRT تهران استفاده شده است. به طوریکه، ابتدا با استفاده از اطلاعات بدست آمده از داده‌های زمان سفر سیستم جمع آوری اطلاعات سازمان کنترل ترافیک تهران، پایگاه داده ای جهت آموزش مدل، پایه ریزی می‌شود. سپس تحلیل اجزای اصلی بر روی پایگاه داده ورودی صورت گرفته تا موثرترین داده‌های ورودی بر هدف تعیین گردد. در ادامه از روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان، برای پیش بینی زمان سفر ایستگاه‌های اتوبوس تندرو در نمونه مورد بررسی استفاده می‌گردد. سپس نتایج بدست آمده از این روش با پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه مورد بحث، بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که :

۱- روش ترکیبی رگرسیون ماشین بردار پشتیبان با تحلیل اجزای اصلی روند تغییرات داده‌های زمان سفر را به خوبی تشخیص داده و پاسخ‌های نزدیکی به مقادیر واقعی زمان سفر ارائه می‌دهد.

۲- روش پیشنهادی روشی با دقت بالا بوده و زمان سفر مربوط به فواصل بین ایستگاه‌های اتوبوس تندرو را با نوسان پایینی پیش بینی می‌کند.

۳- روش پیشنهادی سرعت مطلوبی در هنگام آموزش از خود نشان می‌دهد.

۴- نتایج روش پیشنهادی نشان می‌دهد که این روش در مقایسه با روش‌های موجود در تحقیق‌های مشابه، بهتر عمل کرده و توانسته است نتایج پیش بینی در زمینه زمان سفر را بهبود بخشد.

۵- مراجع

۱- حجازی، ج.، رادکیا، س. و سرکاری، م. اثر سنجی اجزای سامانه اتوبوس تندرو (BRT) بر معیارهای کیفیت حمل و نقل عمومی، (۱۳۹۲)، همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین، کرج.

۲- طبیبی، م.، پیش بینی زمان سفر در شبکه جادهای کشور با استفاده از شبکه عصبی، (۱۳۹۱)، یازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران.

3- Huang, G., Xing, J., Meng, L., Li, F., Ma, L. , 2010, Travel Time Prediction for Bus Rapid Transmit using a Statistics-Based Probabilistic Method. 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS), pp. 457-460.

4- Wang, Ch. L., Weiping S., Ling, J. Ch., Meng, Ch. ,2012, A New Framework for Bus Travel Time Prediction Based on Historical Trajectories. SIGSPATIAL GIS, Redondo Beach, CA, USA.

5- Kieu, L. M., Bhaskar, A., Chung, E. ,2012, Benefits and issues of bus travel time estimation and prediction. Australasian Transport Research Forum 2012 Proceedings 26 - 28 September 2012, Perth, Australia.

6- CHEN, X., GONG, H., Wang, J. , 2012, BRT Vehicle Travel Time Prediction Based on SVM and Kalman Filter. JOURNAL OF TRANSPORTATION SYSTEMS ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY Volume 12, Issue 4.

7- Ding, J., Yang, M., Cao, Y., Cong, S. , 2014, Dwell Time Prediction of Bus Rapid Transit. Applied Mechanices and Materials, Vols. 587-589, pp. 1993-1997.

8- Matlab Help, Support Vector Machines (SVM), 2014.

Travel Time Prediction for BRT Buses by Using Support Vector Machine (SVM) and Principal Component Analysis

Shahin Shabani, Mahdi Motamedi sedeh and Seyed Javad Khadem Alfoghara

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Payam Noor University, Tehran Shomal Center, Tehran, Iran
2- Master of science, Department of Civil Engineering, Payam Noor University, Tehran Shomal Center, Tehran, Iran
3- Master Student, Department of Civil Engineering, Payam Noor University, Tehran Shomal Center, Tehran, Iran

Abstract

Travel time and delay prediction plays a significant role in prevention of engaging road users with heavy traffics and subsequently increasing their confidence in traffic facilities. In the present study first of all by using the data obtained from data collection system of Tehran Traffic Control Organization, the main database to predict BRT bus travel time is established. Therefore Frhngsra-Azadi BRT line has used as a sample. In the conducted modeling, the support vector machine's regression analysis along with the principal component analysis is used. By using the stated method, travel time in sample is predicted and the results are discussed and compared. The results show that support vector machine's regression analysis along with principal component analysis has a high accuracy in predicting the intended purpose and has been able to improve the related results for prediction of transit travel time. Therefore the presented method in this study can be used in practical applications and play an effective role in travel time programming of BRT.

Keywords: Modeling, Travel time, Prediction, Support Vector Machine (SVM), Bus Rapid Transit (BRT).