فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

ارائه مدل پیش بینی سرعت ترافیک در شرایط بارندگی با بکارگیری شبکه‌های عصبی (مطالعه موردی : استان گیلان)

بابک میر بها[۱]، حسین پورخانی[۲]، سید رضا سید علیزاده گنجی[۳]

۱- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲- دانشجوی دکتریراه وترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۳- دانشجوی دکتریراه وترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

چکیده

روابط بین اجزای اصلی ترافیک به جهت اینکه ابزاری برای تحلیل‌های دقیق‌تر ارائه می‌دهند همواره از اهمیت زیادی نزد محققان برخوردار بوده‌اند. با لحاظ نمودن این امر که در اکثر مطالعات مشابه و از جمله منابع اصلی دانشگاهی سعی بر این بوده که روابط، عمدتاً برای شرایط آفتابی و مساعد هوایی ارائه گردد؛ این مقاله با تاثیر دادن شرایط بارش ساعتی برای یک راه اصلی با جدا کننده وسط واقع در منطقه پر بارش، مدلی برای پیش‌بینی سرعت جریان ترافیک مبتنی بر شبکه‌های عصبی ارائه نمود. به این منظور شبکه پرسپترون با سه ورودی حجم ترافیک ساعتی، درصد ساعتی وسائل نقلیه سنگین و وضعیت بارش (۱ برای بارش و ۰ برای عدم بارش) و خروجی سرعت متوسط، تعریف شده و آموزش دید. مدل موصوف دارای ضریب برازش ۰/۸۶ و بر اساس اطلاعات محور خمام-انزلی واقع در استان گیلان بوده است.

واژگان کلیدی: سرعت، جریان ترافیک، شبکه‌های عصبی

۱- مقدمه

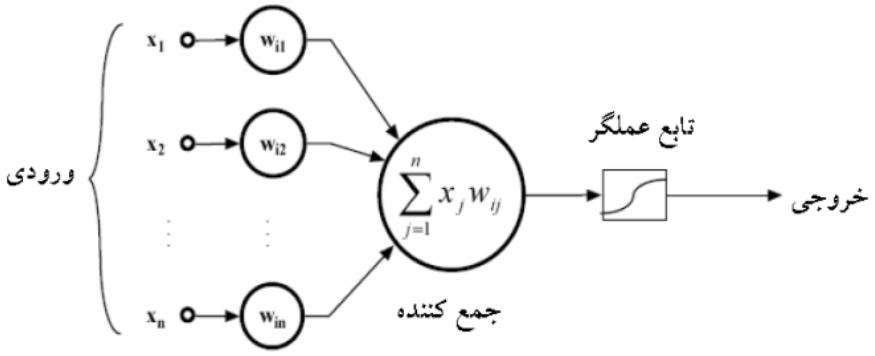
در مطالعات ترافیکی روابط بین سه پارامتر اصلی ترافیک یعنی سرعت، جریان ترافیک و چگالی همواره از اهمیت زیادی برخوردار بوده است.تحقیقات و بررسی‌های زیادی برای بدست آوردن روابط بین این سه پارامتر انجام شده است. معمولا روابط بین این سه پارامتر تحت عنوان تئوری جریان ترافیک شناخته شده و این امکان را برای مهندسین ترافیک فراهم می‌سازد که با دقت به طرح و ارزیابی تسهیلات مورد نظر بپردازند[۱]. شکل کلی این روابط در آئین نامه ظرفیت راه‌ها نیز بیان شده است که البته برای مناطق مختلف نیازمند کالیبره کردن به منظور طرح و ارزیابی دقیق تسهیلات مورد نظر می‌باشند. برای مثال در فصل ۱۴ آیین نامه مذکور جدول ۱ به عنوان رابطه بین حجم ترافیک و سرعت تردد آزاد پیشنهاد شده است[۲].

رابطه سرعت-حجم، سرعت-چگالی و حجم-چگالی پیش‌بینی عملکرد جریان ترافیک در مقاطع مختلف مسیررا بیان می‌نماید. در حالیکه طی سال‌ها، روابط مختلفی که بیان کننده ارتباط پارامترهای اساسی جریان ترافیک می‌باشد، انجام گرفته است ولی این مدل‌ها دارای شکل‌های مختلفی بوده وتاکنون یک مدل واحد ارائه نگردیده است. لذا کالیبره نمودن کلیه مدل‌ها وارائه مدل‌هایی متناسب با شرایط هر ناحیه ضروری می‌باشد. این مطالعه تلاش دارد تا بهترین مدل متناسب با کیفیت و خصوصیات جریان ترافیک بزرگراهی با عنایت به شرایط محلی یک محور خاص را ارائه نماید.

روابط پایه‌ای که در منابع برای پارامترهای اصلی جریان ترافیک ارائه می‌گردد عمدتاً برای شرایط مساعد جوی می‌باشند. این در حالی است که شرایط آب و هوایی تا حد زیادی بر رفتار ترافیکی تاثیر خواهد داشت. مخصوصاً در مناطقی که با پدیده بارش به کرات روبرو هستند اهمیت این موضوع دو چندان می‌گردد.

جدول ۱ : روابط پیشنهادی آیین نامه ظرفیت راهها ۲۰۱۰ برای سرعت تردد آزاد برای راههای چند خطه

سرعت تردد آزاد	سرعت برای تردد کمتر از ۱۴۰۰ وسیله در ساعت بر خط	سرعت برای تردد بیشتر از ۱۴۰۰ وسیله در ساعت بر خط
۶۰	۶۰	$60-\left[5.00\times\left(\frac{v_p-1400}{800}\right)^{1.31}\right]$
۵۵	۵۵	$55-\left[3.78\times\left(\frac{v_p-1400}{700}\right)^{1.31}\right]$
۵۰	۵۰	$50-\left[3.49\times\left(\frac{v_p-1400}{600}\right)^{1.31}\right]$
۴۵	۴۵	$45-\left[2.78\times\left(\frac{v_p-1400}{500}\right)^{1.31}\right]$



شکل ۱- یک مدل شبکه عصبی با چند ورودی

۲– زمینه‌های اصلی و پیشینه تحقیق

۲–۱– شبکه‌های عصبی مصنوعی

آموختن در مغز انسان در پی روبرو شدن با رویداد و تعمیم این رویدادها به شرایط جدید است . در شکل ۱ یک مدل با چند ورودی نشان داده شده است. با n ورودی بردار ورودی $[x_1,.....,x_n]$ و وزن‌های سیناپتیکی $[w_1,.....,w_n]$ مجموعه ورودی‌های نرون کامل می‌شود. در ادامه یک جمله با بردار b با حاصلضرب ماتریس وزن W با بردار ورودی X، جمع می‌شود . ورودی خالص NET بصورت رابطه (۱) حاصل می‌آید:

$$NETi = \sum_{i=1}^{n} X_i W_i + b \qquad (1)$$

در نهایت خروجی بصورت رابطه (۲) خواهد بود:

$$Out = f(NET) \qquad (2)$$

توابعی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند، توابع خطی، سیگموئیدی، هیپربولیک تانژانت می‌باشد. یادگیری در مدل‌های انتزاعی شبکه عصبی از طریق قاعده فراگیری پرسپترون امکان‌پذیر است. قاعده فراگیری پرسپترون چندلایه را قاعده پس‌انتشار گویند. مبنای ریاضی الگوریتم انتشار برگشتی، براساس روش بهینه‌سازی کاهش گرادیاناستوار است. گرادیان با علامت مثبت یک تابع، جهتی را در تابع مشخص می‌کند که تابع به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و گرادیان با علامت منفی جهتی را مشخص می‌نماید که تابع به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در الگوریتم انتشار برگشتی، تابع، مقدار خطا و متغیرهای تابع، وزن‌های شبکه‌اند.در روش بهینه‌سازی، یک تابع بصورت رابطه(۳) برای خطا تعریف می‌شود[۳] .

$$E_p = \frac{1}{2}\sum_j \left(t_{pj} - o_{pj}\right)^2 \qquad (3)$$

که در آن o_{pj} میزان خروجی و t_{pj} میزان خروجی می‌باشد. آنگاه از طریق گرادیان منفی ورابطه (۴) که قاعده زنجیری نیز

بدان اضافه شده است، اقدام به یافتن جواب بهینه در فضای اوزان می‌شود.

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} \frac{\partial net_{pj}}{\partial w_{ij}} \qquad (۴)$$

نتیجه کار برای تابع سیگموئیدی مطابق رابطه (۵) است.

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} o_{pj} \qquad (۵)$$

که در آن w_{ij} نشان دهنده وزن بین نرون i ام و نرون j ام در زمان t و η نرخ یادگیری و خروجی واقعی در گره مورد نظر است. میزان δ_{pj} نیز به ترتیب برای لایه‌های میانی و خروجی مطابق با روابط (۶) و (۷) بدست می‌آید(برای تابع سیگموئید).

$$\delta_{pj} = o_{pj}(1 - o_{pj})(t_{pj} - o_{pj}) \qquad (۶)$$

$$\delta_{pj} = o_{pj}(1 - o_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_{jk} \; o_{pj} \qquad (۷)$$

درروش تکمیلی عبارتی به تغییر وزن اضافه می‌شود که متناسب با مقدار تغیر وزن قبلی است. به محض اینکه تنظیم انجام می‌شود، مقدار آن در حافظه ذخیره می‌گردد و برای تعدیل وزن در مرحله بعد به کار گرفته می‌شود. معادلات تنظیم در این روش به صورت روابط (۸) و (۹) است[۴]:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} o_{pj} + \alpha \Delta w_{ij}(t) \qquad (۸)$$

$$\Delta w_{ij}(t) = w_{ij}(t) - w_{ij}(t-1) \qquad (۹)$$

که در معادله(۸)، a ضریب اندازهٔ حرکت بوده و مقدار آن حول و حوش ۰/۹ در تغییر است.

در روش بیشترین شیب نزولی نرخ یادگیری در طول پروسه یادگیری ثابت می‌باشد و عملکرد الگوریتم به انتخاب درست نرخ یادگیری بسیار حساس است. اگر نرخ یادگیری خیلی بالا باشد شبکه نوسان کرده و آموزش نمی‌بیند اگر نرخ یادگیری خیلی پایین باشد الگوریتم شبکه بسیارکند به جواب نهایی همگرا می‌شود[۵] . در حقیقت روش نرخ یادگیری متغیر سعی می‌کند نرخ یادگیری را تاحد ممکن بالا نگه دارد. در هر گام از روند یادگیری ابتدا شبکه با نرخ یادگیری موجود آموزش می‌بینند و خروجی‌های شبکه و خطای شبکه محاسبه می‌گردد اگر خطای دور فعلی نسبت به خطای دور قبلی از یک نسبت مشخصی که توسط طراح پیشنهاد می‌شود، بیشتر باشد، وزن‌ها و بایاس‌های موجود به همراه نرخ یادگیری؛ قبول نمی‌شوند و در یک ضریب کاهنده که توسط طراح پیشنهاد می‌شود ضرب می‌گردند. اگر خطای فعلی نسبت به خطای قبلی کمتر باشد نرخ یادگیری توسط یک ضریب افزایشی که توسط طراح پیشنهاد می‌شودافزایش می‌یابد .

در روش برجهنده فقط علامت مشتق برای تعیین جهت بروزرسانی وزن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و اندازه مشتقات تاثیری در بروز رسانی وزن‌ها ندارد. مقادیر بروز رسانی برای وزن‌ها و بایاس‌ها توسط یک فاکتورعمل‌کننده تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اگر مشتق تابع عمل‌کننده نسبت به وزن‌ها دارای علامت مشابه برای دو تکرار متوالی باشد؛ این فاکتور، افزایشی خواهد بود. در صورتی که مشتق تابع عمل‌کننده نسبت به وزن‌ها برای دو تکرار متوالی دارای علامت غیرمشابه باشد، فاکتور کاهنده خواهد بود. در صورتی که مشتق صفر باشد بروز رسانی بی‌تغییر می‌ماند.

کلیه الگوریتم‌های پس‌انتشار پایه، وزن‌ها را در مسیری با بیشترین شیب نزولی تغییر می‌دهد. که این، مسیری است که در آن تابع عمل‌کننده با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. این روش الزاماً موجب همگرایی سریع نمی‌شود. در روش گرادیان مزدوج جست‌وجوی مسیر بهینه در طول جهت‌های در هم آمیخته صورت می‌گیرد که عموماً همگرایی بیشتری را نسبت به روش بیشترین شیب نزولی در پی دارد. روش‌های گرادیان مزدوج با جست و جو در تندترین شیب نزولی شروع می‌شوند. پروسه عمومی برای تعیین مسیر جست‌وجوی جدید برای ترکیب با مسیر تندترین شیب نزولی با هماهنگی با مسیرهای جست‌وجوی قبلی بصورت رابطه (۱۰) خواهد بود[۶].

$$p_k = -g_k + \beta_k p_{k-1} \qquad (۱۰)$$

که در آن P_k شیب جست‌وجو در مرحله k، g_k بیشترین شیب در مرحله k، β_k نسبت مربع نرم‌گرادیان فعلی به مربع نرم گرادیان قبلی می‌باشد.

گونه دیگری از روش‌های گرادیان مزدوج برای بهینه‌سازی سریع، وجود داردکه عموماً در این روش تغییر وزن از رابطه (۱۱) پیروی می‌کند[۶] .

$$p_{k+1} = p_k - A_k^{-1} g_k \qquad (۱۱)$$

که در آن A_k ماتریس هسیان تابع عملکردی نسبت به مقادیر جاری وزن‌ها و بایاس‌ها می‌باشد.البته محاسبه ماتریس هسیان برای شبکه‌های عصبی بسیار مشکل و پیچیده است. روش‌های مختلفی بر مبنای روش نیوتن وجود دارد که نیازی به محاسبه مشتق دوم ندارند که روش گوس ـ نیوتن نامیده می‌شوند . این روش‌ها تقریبی از ماتریس هسیان را در هر دوره تکرار از الگوریتم را بکار می‌برند. الگوریتم دیگری که در این قسمت مورد اشاره قرار میگیردروش لونبرگ-مارکوآرت می‌باشد. روش الگوریتم لونبرگ ـ مارکوآرت بجای استفاده از ماتریس هسیان، از ژاکوبین استفاده می‌کنند. این کار ازطریق رابطه (۱۲)

صورت می‌گیرد[۶].

$$P_{K+1} = P_k - \left[J^t J + \mu I \right]^{-1} J^t e \qquad (۱۲)$$

که در آن J ماتریس ژاکوبین می‌باشد که شامل مشتق اول از خطاهای شبکه نسبت به وزن‌ها و بایاس‌ها می‌باشند. J^t ترانهاده ماتریس ژاکوبین، e بردار خطای شبکه می‌باشند. μ یک پارامتر عملگرمی‌باشد. اگر μ بالا باشد کاهش گرادیان با گام‌های کوچک خواهد بود. I ماتریس یکانی می‌باشد.

از آنجا که روش نیوتن روش سریعی بوده و در نزدیکی خطای مینیمم صحیح‌تر عمل می‌کند لذا هدف این است که هرچه سریع‌تر به سمت روش نیوتن سوق پیدا شود. لذا μ پس از هر گام موفق کاهش می‌یابد (کاهش در تابع عملگر) و در صورتی که گام اولیه تابع عملگر را افزایش دهد، پارامتر μ افزایش می‌یابد. در این روش تابع عملگر در هر تکرار از الگوریتم کاهش می‌یابد. در این تحقیق از روش لونبرگ-مارکوآرت استفاده شده است.

۲-۲ ادبیات تحقیق

روابط بین سرعت و جریان و بطور کلی پاراکترهای جریان ترافیک بخش مهمی از مطالعات پایه ترافیک می‌باشد. محققان مختلف روابط بین سرعت-جریان-چگالی را مورد بررسی قرار داده و تلاش داشتند روابط ریاضی برای این منحنی‌ها ارائه دهند. در دهه ۳۰ میلادی گرین شیلدز در قالب اولین مطالعات رسمی ترافیک رابطه سرعت-چگالی را بصورتخطی پیشنهاد داد[۷].بعدها در دهه ۵۰ میلادی گرین برگ یک منحنی لگاریتمی برای سرعت-چگالی ارائه نمود[۸]. اندروود مدل توزیع نمایی را برای این رابطه به کار برد[۹]. ادی رابطه‌ای غیر پیوسته را برای سرعت–چگالی با استفاده از هر دو رابطه لگاریتمی و توزیع نمایی پیشنهاد نمود[۱۰].در سال‌های اخیر بریلون و پانزلت به کمک تئوری صف رابطه‌ای برای سرعت-حجم بیان کردند[۱۱]. همچنین در همین سال‌ها وان ارده با مطالعه سر فاصله زمانی بین خودروها روابط یکپارچه‌ای برای جریان ترافیک بدست آورد[۱۲].در راهنمای ظرفیت راهها ویرایش سال ۲۰۱۰ روابطی برای سرعت تردد آزاد و حجم ترافیک ارائه گردید. در جدول ۱ این روابط برای راههای اصلی جدا شده آورده شده است. در مطالعه این روابط دو نکته بسیار اهمیت دارد . اول اینکه روابط موصوف به ازای حجم‌های ترافیک به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند که در قسمت ابتدا کاملا افقی (با شیب صفر) بوده و در قسمت دوم دارای شکل سهمی می‌باشند. تقسیم کلی به دو بخش ممکن اصل اینگونه در ذهن متبادر کند که در عمل نیز رانندگان منطبق با حجم ترافیک و در یک آستانه از یک تعامل کاملا غیر وابسته به حجم ترافیک، به رابطه‌ای سهمی‌گون بین سرعت و حجم می‌رسند که البته در عمل این آستانه وجود خارجی ندارد. با این توضیح برخی محققین تلاش نمودند بر اساس برخی روابط پایه مدل یکپارچه‌ای برای این امر ارائه دهند. برای مثال بریلون و لوهوف تلاش نمودند بر اساس مدل صف، روابط پایه ترافیک و همین طور کالیبره نمودن روابط توانی، مدلی برای توصیف رابطه بین سرعت و جریان ارائه نمایند که بر اساس آن مدل مبتنی بر تئوری صف عملکرد مناسبی در مدل سازی سرعت آزاد راهها نشان داد[۱۳]. بر اساس نتایج یک مطالعه که در آن روابط پیشنهادی تئوری جریان ترافیک در آیین‌نامه‌های معتبر، با شرایط ایران مقایسه شده است نشان داد رابطه سرعت–چگالی در آزادراه‌های ایران تطابق بیشتر با مدل تک رژیمی نمایی آندروود و نیز مدل دو رژیمی ادی دارد که در آن نمودار سرعت–دانسیته به صورت دو قطعه می‌باشد که در مجاورت سرعتی معادل سرعت ظرفیت نمودار دارای ناپیوستگی است. در سرعت‌های کمتر از سرعت معادل ظرفیت این نمودار فرم نمایی و در سرعت‌های کمتر از سرعت معادل ظرفیت این نمودار فرم لگاریتمی دارد[۱۴].

در مطالعه دیگری که به تحلیل رفتار جریان ترافیک براساس داده‌های بومی با تاکید بر مدل سرعت- چگالی برای آزادراه تهران ـ قم پرداخته است بیش از چهار میلیون داده ترددشماری در آزادراه تهران- قم در دو مسیر (رفت و برگشت) و به تفکیک خط عبوری بررسی و تحلیل شده‌اند. براساس این داده‌های بومی، مدل‌های مختلف سرعت- چگالی، پرداخت، ارزیابی و تحلیل شده و نتایج آنها با مدل‌های کلاسیک گذشته مقایسه شده است. نتایج آن تحقیق نشان داد که متوسط وزنی شیب تغییرات سرعت در چگالی‌های کمتر از ۷ معادل سواری در هر کیلومتر در خط عبور، حدود ۳۰درصد کمتر از متوسط وزنی شیب تغییرات سرعت در چگالی‌های بیش از این مقدار است همچنین برای محور مورد مطالعه رابطه سرعت چگالی پیشنهاد گردید[۱۵].

هرچند در اکثر مطالعات به شرایط آب و هوایی به شکل مستقیم پرداخته نشده لیکن این مهم در برخی مطالعات مورد واکاوی قرار گرفته است. بطور کلی اولین مطالعه جدی در این زمینه در دهه ۵۰میلادی و توسط تانر صورت گرفته[۱۶]. کوکلمن تعییر در رابطه جریان-چگالی را با تغییر شرایط آب و هوایی با روبکرد سه عامل انسان, وسیله و جاده مورد بررسی

قرار داد [۱۷]. ابراهیم وهال به کمک رگراسیون روابطی را برای خصوصیات اصلی جریان ترافیک و مشخصات آب و هوایی مختلف ارائه نمودند که بر اساس آن بارش شدید سرعت تردد آزاد را بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت کاهش می‌دهد[۱۸]. در تحقیقی دیگر توسط سالومن و پوتنن کاهش سرعت عملکردی به میزان ۵ درصد در صورت بارش باران گزارش شده است[۱۹]. جان و گولسپی میزان ۱۴ درصد را برای این امر بدست آوردند[۲۰]. اسمیت با در نظر گرفتن شدت بارش و تعریف بارش سبک و سنگین تغییر در سرعت عملکردی یک آزاد راه و ظرفیت آن را مورد بررسی قرار داد [۲۱].در یک تحقیق داخلی بررسی تاثیربارش باران برجریان تردد درشبکه جاده‌ای کشور مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظوراطلاعات ترافیکی مانند حجم ومیانگین سرعت تردد درشبکه بزرگراهی و آزادراهی استان مرکزی تحلیل شد. متغیرهایی که درمدل‌سازی درنظرگرفته شده شامل سرعت جریان آزاد، نسبت حجم به ظرفیت، زمان بارش و شب و روز بوده است. بررسی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که درهنگام بارندگی سرعت درحدود ۶الی۱۳ کیلومتربرساعت یعنی بین ۶ الی۱۲درصد سرعت جریان آزاد کاهش پیدا می‌کند وبارش باران درشب کاهش بیشتری درسرعت جریان تردد ایجادمی‌کند و متغیرنسبت حجم به ظرفیت V/C تاثیرچندانی برتغییرات سرعت ندارد[۲۲].

در مطالعات سرعت عمدتاً تکنیک‌های آماری بکار برده می‌شود . لیکن استفاده از روش‌های جایگزین و یا کمکی نیز بعضاً مورد واکاوی قرار می‌گیرند. احمد صمد به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی تاثیر مشخصات هندسی و سرعت مجاز را بر روی سرعت عملکردی یک راه اصلی دارای جداکننده وسط مطالعه نمود[۲۳].سینگ با همین ابزار یک مدل پیش‌بینی سرعت ۸۵ درصد برای راه‌های دوخطه روستایی ارائه نمود[۲۴].در این مدل داده‌های ترافیکی، هندسی و تصادفات به عنوان ورودی بکار گرفته شدند. عیسی، زمان و نجار به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی مدلی برای پیش‌بینی سرعت به کمک داده‌های ترافیکی، مشخصات روسازی (شاخص‌های سرویس) و ضخامت روسازی ارائه نمودند[۲۵].

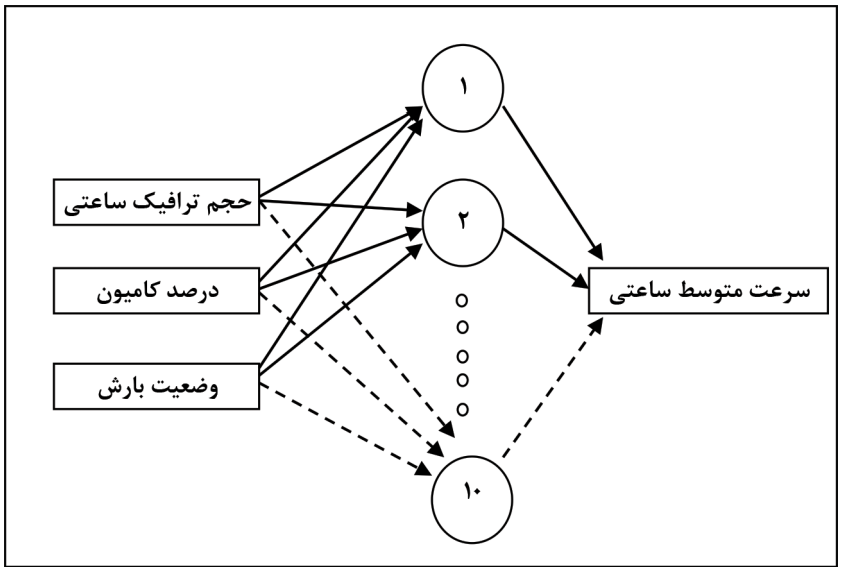
۳- مطالعه موردی

در این تحقیق از اطلاعات حجم و سرعت ساعتی برای یک راه اصلی جدا شده با دو خط در هر طرف استفاده گردید. به منظور در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی از اطلاعات بارش ساعتی محل استفاده شده است.جاده مورد نظر محور خمام-رشت در استان گیلان بوده است. این جاده شاهد روزهای بارندگی شایان توجهی بوده و از سویی به دلیل اتصال به بندر مهم شمال کشور (بندر انزلی) در آن تردد کامیون در حد نسبتاً زیاد صورت می‌گیرد. به منظور مدل سازی رابطه بین حجم ترافیک و سرعت از داده‌های تردد شهریور، مهر و آبان سال ۹۴ استفاده شده است؛ بگونه‌ای که کل حجم ترافیک، درصد وسایل سنگین و وضعیت بارش (بصورت ۰ و ۱) به عنوان داده‌های ورودی انتخاب و خروجی بصورت میزان سرعت متوسط ساعتی هدف گذاری گردید.

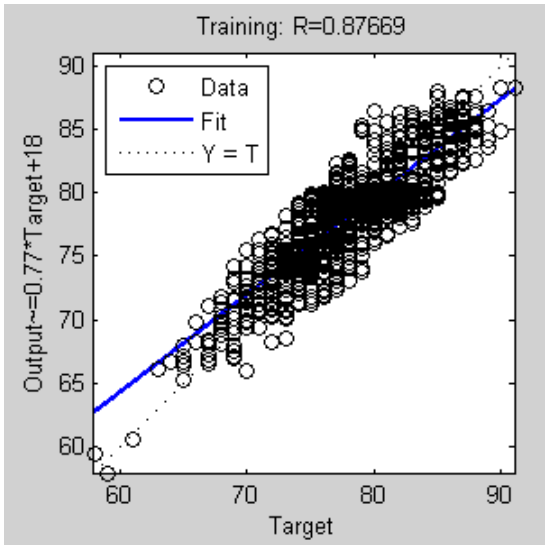
با توجه به مطالعه سوابق تحقیقات مشابه و عملکرد انواع شبکه‌های عصبی بخصوص توانایی در رگراسیون کاملاً غیر خطی، به منظور مدل‌سازی سرعت-جریان ترافیک، شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه انتخاب گردید. به منظور انتخاب یک معماری کارا برای مدل‌سازی، اقدام به مدل‌سازی با ساختارهای معماری مختلف گردید که نهایتاً شبکه با یک لایه مخفی مشتمل بر ۱۰ نرون انتخاب گردید. برای آموزش از الگوریتم لونبرگ ـ مارکوآرت و تابع هیپربولیک برای کلیه نرون‌ها استفاده شد.مدل شماتیک کلی در شکل ۲ آورده شده است . در جدول ۲ ضرایب وزنی و بایاس لایه پنهان بکار رفته در مدل نهایی آورده شده است.همچنین بایاس نرون خروجی برابر ۴/۰۸۷۷ بدست آمده است. این ضرایب از این نظر اهمیت دارند که برای بکار گرفتن شبکه عصبی موصوف، امکان پیاده‌سازی شبکه را فراهم می‌سازند و در حقیقت جدول ۲ ضرایب وزنی کالیبره شده برای مورد مطالعاتی را در بر دارد.

به منظور دست‌یابی به مدلی با قابلیت تعمیم‌پذیری و پرهیز از حفظ کردن، کلیه داده‌ها به دودسته آموزش و آزمون (به ترتیب ۷۰ درصد و ۳۰ درصد کل داده‌ها) تقسیم شدند. به منظور ارزیابی آموزش صورت گرفته، تنها در صورتی مدل‌سازی متوقف و مدل نهایی اختیار گردید که ضرایب برازش دسته‌های آموزش و آزمون در یک حد قرار داشتند. نمودارهای برازش برای داده‌های آموزش و آزمون در شکل ۳ آورده شده است.

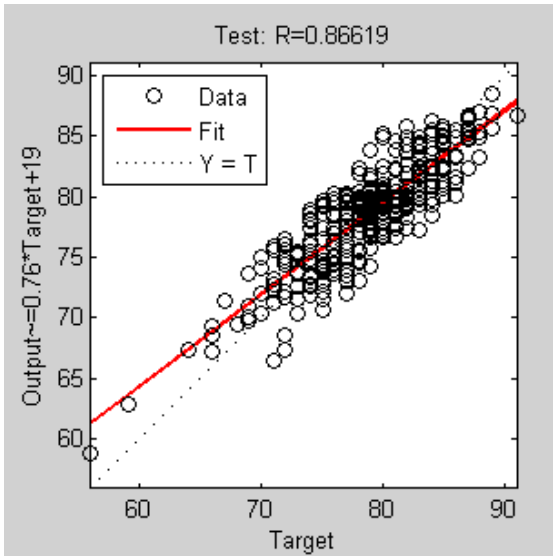
هرچند مدل ارائه شده بطور مستقل قابلیت پیاده‌سازی و بکارگیری را دارد لیکن بدلیل ساده‌ازی و پرهیز از روابط پیچیده بین لایه‌های مخفی شبکه‌های عصبی، اقدام به تهیه جدول محاسباتی شد. جدول ۳ خروجی شبیه‌سازی شبکه عصبی موصوف را نشان می‌دهد که می‌تواند مستقیماً و بدون پیاده‌سازی شبکه به عنوان جدول محاسباتی برای پیش بینی سرعت متوسط بکار گرفته شود.



شکل ۲ : شکل شماتیک مدل نهایی



نمودار برازش برای داده‌های آموزش



نمودار برازش برای داده‌های آزمون

شکل ۳ : نمودارهای نمودارهای برازش برای داده‌های آموزش و آزمون

جدول ۲ : ضرایب وزنی و بایاس لایه پنهان بکار رفته در مدل نهایی

شماره نرون	ضرایب وزنی ارتباطی بین متغیر ورودی و لایه پنهان			بایاس‌های نرونهای لایه پنهان	ضرایب وزنی خروجی نرون
	حجم ترافیک	درصد کامیون	وضعیت بارش		
۱	-۱۱/۸۶۸۲	۶/۰۲۵	۳/۸۶۲	۶/۳۸۱	-۰/۰۸۱۱
۲	۲/۳۷۴۹	-۶/۰۵۳۱	-۰/۳۱۶۳	-۵/۱۹۹۵	-۰/۳۶۶۲
۳	۳/۸۰۵۸	۷/۲۳۹۴	-۴/۴۴۸	۰/۷۰۳۲	-۰/۸۰۳۴
۴	۱/۵۹۵۵	۷/۷۲۵۶	۲۶/۲۱۵۹	-۲۰/۵۲۴۶	۰/۱۴۱۹
۵	-۴/۰۶۲۷	-۰/۹۶۱۳	-۴/۰۳۸۴	-۱/۰۵۸	۰/۸۳۸۱
۶	۶/۸۴۱۵	-۶/۷۱۷۸	-۵/۱۶۵	-۴/۰۷۰۲	۳/۹۲
۷	-۱/۵۰۱۷	-۱/۱۹	۵/۶۴۵۵	-۴/۶۰۳۸	۴/۲۸۷۹
۸	۱/۸۷۳۵	۱۳/۰۷۷۵	-۸/۸۹۳۸	۴/۳۱۶۴	-۰/۲۹۴۴
۹	-۶/۶۸۱۱	۵/۹۸۹۸	-۴/۳۶	-۵/۸۱۰۲	۴/۱۷۲۸
۱۰	۷۹/۹۹۷۷	-۱/۹۷۲۱	۰/۰۱۴۴	۷۳/۸	۰/۱۱۰۸

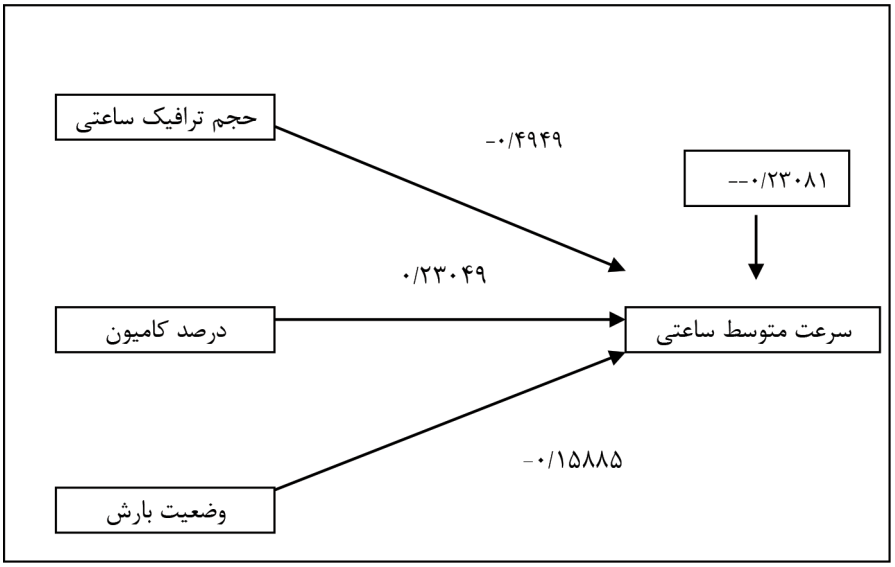
فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال هفدهم / پاییز ۱۳۹۶ / شماره ۷۰

جدول ۳ : جدول محاسباتی پیش بینی سرعت متوسط با درصد وسایل نقلیه و وضعیت بارش مختلف

بارانی		
p=۱۵	p=۱۰	p=۵
۷۹	۸۱	۷۹
۷۷	۸۳	۷۶
۸۰	۸۵	۷۵
۸۸	۸۵	۷۵
۹۰	۸۳	۷۴
۹۰	۸۰	۷۳
۸۹	۷۵	۷۱
۸۵	۷۰	۷۰
۷۹	۶۹	۷۰
۷۶	۶۷	۶۵

آفتابی			
p=۱۵	p=۱۰	p=۵	v
۸۴	۸۵	۸۵	۲۵۰
۸۱	۸۱	۸۲	۵۰۰
۷۷	۷۸	۷۹	۷۵۰
۷۴	۷۶	۷۸	۱۰۰۰
۷۳	۷۶	۷۸	۱۲۵۰
۷۳	۷۸	۷۹	۱۵۰۰
۷۴	۷۹	۷۷	۱۷۵۰
۷۳	۷۹	۷۴	۲۰۰۰
۷۲	۷۵	۶۹	۲۲۵۰
۶۶	۶۴	۶۳	۲۵۰۰

حجم ترافیک=Vدرصد وسایل نقلیه سنگین =P



شکل ۴ : شکل شماتیک مدل ثانویه (بدون لایه مخفی)

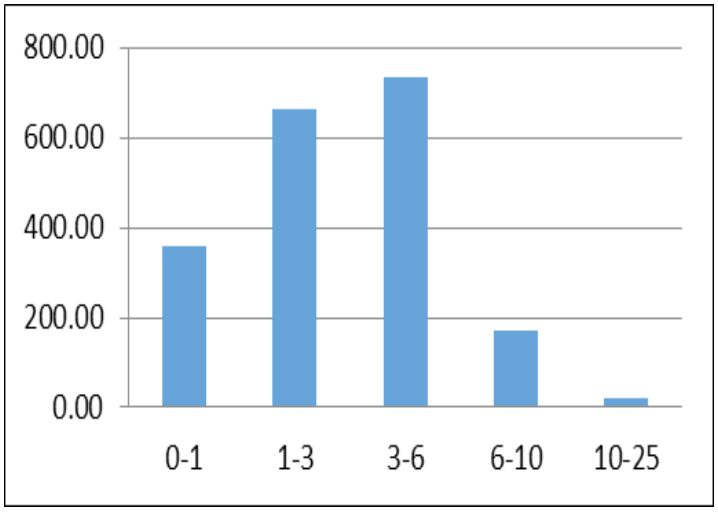
از آنجایی که وجود یک رابطه ساده ریاضی انجام محاسبات مهندسی را در همه شرایط و به کمک ماشین حساب فراهم می‌کند (در فقدان رایانه) لذا در کنار مدل شبکه اصلی، یک مدل شبکه عصبی فرعی به ساده ترین شکل ممکن و بدون لایه پنهان نیز بکار گرفته شد تا به کمک آن بتوان یک رابطه نسبتاً ساده ریاضی بین متغیرهای حجم ترافیک، درصد وسایل نقلیه سنگین و وضعیت بارش پیشنهاد نمود. در شکل ۴ مدل شبکه عصبی مذکور به همراه ضرایب وزنی کالیبره شده آورده شده است. در این مدل از تابع تانژانت هیپربولیک استفاده گردید. در این مدل نیز ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۳۰درصد داده‌ها برای آزمون بکار گرفته شدند.

با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۴ رابطه زیر به عنوان تابع پیش‌بینی سرعت متوسط پیشنهاد می‌گردد:

(۱۳)

$$S(v,p,r)=\tanh\left(-۰.۴۹۴۹\times v+۰.۲۳۰۴۹\times P-۰.۱۵۸۸۵\times r+۰.۲۳۰۸۱\right)$$

که در آن تابع S پیش بینی سرعت، v متغیر حجم ترافیک، P درصد وسایل نقلیه سنگین و r متغیر وضعیت بارش (۰ برای ساعت غیر بارانی و ۱ برای ساعت بارانی) می‌باشند. البته بدلیل اینکه در اصل مدل شبکه عصبی، قبل از اینکه داده‌ها وارد مدل



شکل ۵ : هیستوگرام محدوده درصد خطا(محور افقی) در مقابل تعدادمشاهده شده برای هر محدوده

شوند به حدود -۱ تا ۱ نرمال شده‌اند لذا جهت استفاده از این مدل باید ابتدا این تبدیل صورت گیرد. همین موضوع در مورد خروجی مدل نیز صادق است. در شکل ۵ هیستوگرام تعداد درصد خطاهای مختلف آورده شده است. همان گونه که در شکل مشاهده می‌گردد از مجموع ۱۹۷۰ داده آماری که در رابطه ۱۳ وارد شدند تنها حدود ۲۰ مورد دارای خطای بین ۱۰تا ۲۵ در صد بوده‌اند. از این تعداد رابطه مذکور برای قریب ۱۷۵۰ مورد از داده‌ها خطای زیر ۶ درصد را داشته است که نشان از عملکرد مناسب مدل دارد.

۴–نتیجه گیری و پیشنهادات

مدل‌سازی پیش بینی سرعت به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی در این تحقیق نتایج زیر را در بر داشته است:

۱- وارد نمودن شرایط بارش منطقه در تعیین ارتباط بین حجم ترافیک و سرعت متوسط و دست‌یابی به مدل شبکه عصبی با برازش ۰/۸۷ در حالی که در اکثر قریب به اتفاق مطالعات مشابه، پرداختن به شرایط جوی پررنگ نبوده است.

۲- ارائه مدل پیش‌بینی بدون نیاز به در نظر گرفتن شکل خاصی برای تابع مدل و کالیبره کردن، که این امر محدود شدن به مدل‌های خاص (از قبیل نمایی، لگاریتمی و . . .) را در پی نداشته است.

با عنایت به نتایج مدل ارائه شده پیشنهادات زیر جهت مطالعات بیشتر قابل ارائه می‌باشد:

۱- بکارگیری مشخصات کامل آب و هوایی (علاوه بر میزان بارش) جهت مدل‌سازی پیش‌بینی سرعت متوسط. بخصوص اینکه در برخی مناطق کشور وزش باد شدید را در برخی روزها شاهد هستیم که البته بر شرایط رانندگی بسیار تاثیر گذار می‌باشد.

۲- بکارگیری روش ارائه شده برای بزرگراههای با جدا کننده وسط در سطوح استانی و یا کشوری جهت دست یابی به یک الگوی ملی .

۳- مدل‌سازی تاثیر شرایط گوناگون محیطی از جمله مشخصات هندسی محور و شرایط روسازی.

۵– مراجع

1. May, A. D. Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1990.

2.HCM(2010).HighwayCapacityManual.Transportation Research Board. United States of America.

۳. البرزی، م.، "آشنایی با شبکه‌های عصبی"، موسسه انتشارات علمی دانشگاه علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰

۴. جورابیان، م.، " شبکه‌های عصبی مصنوعی"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۲

۵. منهاج، م.، "مبانی شبکه‌های عصبی"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۷۹

6. User's Manual. "NeuroSolutions 7". NeuroDimension, Inc.Gainesville; 2010.

7. Greenshields, B.D. (1935) A study of traffic capacity. Highway Research Board 14, 448-477.

8. Greenberg, H. (1959) An analysis of traffic flow. Operations Research 7, 79-85.

9. Underwood, R.T. (1961) Speed, volume, and density relationships: Quality and theory of traffic flow. Yale Bureau of Highway Traffic, 141-188.

10. Edie, L. C. Car-Following and Steady-State Theory for Noncongested Traffic. OperationResearch, 1961, 9, pages: 66-76.

11. Brilon, W., Ponzlet, M.: Application of traffic flow models. Proceedings on the Workshop on Traffic and Granular Flow, Juelich1995. World Scientific Publishing, ISBN 9810226357, 1995.

12. Van Aerde, M.: A single regime speed-flow-density relationship for freeways and arterials, Presented at the 74th TRB Annual Meeting, Washington D. C., 1995.

13. Werner BRILON and Jan LOHOFF / Procedia Social and Behavioral Sciences 16 (2011) 26–36

۱۴. صفارزاده محمود ,سیف محمدرضا ,ممدوحی امیررضا ,فلاح زواره محسن توسعه مدل سرعت– چگالی براساس داده‌های بومی جریان (مورد مطالعه: آزادراه تهران– قم) مطالعات مدیریت ترافیک- ۱۳۹۱ -دوره:۷-شماره:۲۵-صفحه:۱-۳۴

۱۵. محمد محسنی؛ غلامعباس بهرامی نیا و حامد عابدی، ۱۳۹۳، پیش بینی سرعت جریان تردد در شبکه بزرگراهی کشور (مطالعه موردی: شبکه بزرگراهی استان مرکزی)، نخستین همایش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند جاده ای، تهران، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای.

16. Tanner, J. C. (1952). Effect of Weather on Traffic Flow, Nature, No. 4290.

17. Kockelman, K. (1998). Changes in the Flow-Density Relation due to Environmental. Vehicle. and Driver Characteristics. Transportation Research Record. 1644. 47-56.

18. Ibrahim, A. T. and Hall. F. L. (1994). Effect of Adverse Weather Conditions on Speed-Flow-Occupancy Relationships. Transportation Research Record 1427. pp. 184-191.

19. Salomen, M. and Puttonen, T. (1982). The Effect of Speed Limits and Weather to the Traffic Flow: Literature Study and Analysis of Traffic Flow on the Western Motorway of Helsinki, Helsinki University, Finland, 1982.

20. Jones, E. R. and Goolsby. M. E. (1970). The Environmental Influence of Rain on Freeway Capacity. Highway Research Record 321. National Research Council. Washington. D. C.

21. Smith, B. L., Byrne, K. G., Copperman, R. B., Hennessy, S. M., and Goodall N. J. (2004). Investigation into the Impact of Rainfall on Freeway Traffic Flow. (CD-ROM). 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington D.C, January 2004.

۲۲.محسنی, محمد؛ حامد عابدی و علی زندیفر، ۱۳۹۲، بررسی تاثیربارش باران برجریان ترافیک درشبکه جاده‌ای کشورمطالعه موردی: شبکه آزادراهی وبزرگراهی استان مرکزی، اولین کنفرانس ملی زیر ساختهای حمل و نقل، تهران، پژوهشکده حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران،

23. Ahmed M. Semeida . Impact of highway geometry and posted speedon operating speed at multi-lane highways in Egypt 2013. Journal of Advanced Research . Cairo University.

24. Singh D, Zaman M, White L. Modeling of 85th percentile speedfor rural highways for enhanced traffic safety. Report submittedto Oklahoma Department of Transportation.FHWA2211; 2011.

25. Issa R, Zaman M, Najjar YM. Modeling the 85th percentile speed on Oklahoma two-lane rural highways: a neural network approach. Report submitted to Oklahoma Department of Transportation. Project no. 6007. ORA 125-5227; 1998.

Investigating a model for predicting the traffic speed under rainy weather conditions using a neural network (Case study: Iranian province of Guilan)

Babak Mirbaha[1] , Seyedreza Seyedalizadeh Ganji[2], Houssein Pourkhani[2]

1AssistantProfessor, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2PhD Student, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

Abstract

Toanalyze more accurately traffic behavior, identifying relationships between major components of traffic characteristics is usually predominant. Although many research studies have been conducted based on the assumption that the weather would be sunny,the present study aims to propose a new model for predicting free flow speed utilizing neural network algorithm considering hourly rainy condition for a divided two-lane highway located in the Iranian province of Guilan. In this regard, a neural network algorithm was constructed using three input traffic data including hourly volume, heavy vehicle percent, and weather condition (1: rainy and 0: sunny). Theindependent variable of model is average travel speed. The results illustrate high accuracy according to the obtained correlation coefficient of 0.86.

Keywords: Speed, Traffic Flow, Neural Network