

## مدل سازی سرعت رانندگی تحت تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی

### (مطالعه موردی: آزادراه تهران - قم)

#### مقاله پژوهشی

آرش بهادری، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

امیررضا ممدوحی<sup>\*</sup>، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

علیرضا سرکار، استادیار، گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>\*</sup>پست الکترونیکی نویسنده مسئول: armamdoohi@modares.ac.ir

دریافت: ۹۸/۱۱/۰۵ - پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۰

صفحه ۳۲-۲۱

#### چکیده

شرایط مختلف محیطی می تواند تأثیر به سزایی در جریان ترافیک داشته باشد. با آگاهی از تأثیر شرایط محیطی بر سرعت جریان می توان تخمین دقیقی از سرعت سفر و اتخاذ استراتژی های مدیریت ترافیک جهت جلوگیری از سوانح جاده ای داشت. در این مطالعه تأثیر عوامل چهار حالتی آب و هوا (باران، مه گرفتگی، ابر و صاف بودن)، دمای هوا، تغییرات سرعت در شب و روز، درصد وسایل نقلیه سنگین و حجم ترافیک بر سرعت جریان ترافیک مورد تحلیل و بررسی قرار می گیرند. در این مقاله با استفاده از مدل رگرسیون خطی به بررسی نحوه تأثیر این عوامل بر سرعت رانندگی جهت کاهش تصادفات بین شهری پرداخته شده است. داده های مورد نیاز مطالعه از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای و سازمان هواشناسی کشور طی سال ۱۳۹۳ جمع آوری شده اند. نتایج مدل پیشنهادی بر اساس نمونه ۷۵۴۱ موردی ساعتی جمع آوری شده از آزادراه تهران - قم نشان می دهد که میزان کاهش سرعت رانندگان ایرانی در اثر بارندگی برابر با ۱/۳۵۵ و اختلاف سرعت در شب و روز کمتر از یک کیلومتر بر ساعت است. از دیگر نتایج پژوهش نشان می دهد که مدل پیشنهادی خطای قابل قبولی در پیش بینی سرعت دارد. به طوری که مدل پیشنهادی می تواند مقدار سرعت را به ترتیب برابر با ۳۴/۰، ۹۹۶/۴ و ۵۷۹/۳ برای معیارهای ارزیابی میانگین خطای مطلق، میانگین درصد خطای مطلق و میانگین ریشه مربعات خطا به دست آورد.

واژه های کلیدی: تخمین سرعت، رگرسیون چند متغیره، شرایط آب و هوایی

#### ۱-مقدمه

جهت ارایه راهکارهای کاربردی ضروری به نظر می رسد. با توجه به این مسئله در این پژوهش به بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر سرعت رانندگی که یکی از پارامترهای ماکروسکوپی جریان ترافیک است پرداخته می شود. همچنین اطلاع از تغییرات شرایط محیطی و تأثیر آن بر سرعت جریان در مسیرهای برون شهری می تواند در جلوگیری از بروز تصادفات جاده ای و افزایش ایمنی مؤثر باشد. از سوی دیگر، پیش بینی سرعت ترافیک ابزاری مهم در سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS)<sup>۱</sup> به حساب می آید. با پیش بینی دقیق سرعت جریان ترافیک، مسافران به راحتی می توانند اطلاعات زمان سفر را به

امروزه آزادراه ها و بزرگراه ها از مهم ترین راه های ارتباطی و حمل و نقل به شمار می آیند. در بسیاری از کشورهای صنعتی و در حال توسعه، مشکل ترافیک روزانه متناسب با رشد جمعیت، رشد صنعتی و بهبود شرایط مالی حادث می شود که منجر به زیان های اقتصادی، آلودگی هوا، آلودگی صوتی و در کل، افت کیفیت زندگی را نتیجه می دهد. با توجه به گسترش روزافزون حمل و نقل و بروز مشکلات ناشی از ترافیک شهری و برون شهری و هزینه های تحمیل آن، ارایه راهکار مناسب در جهت روان سازی ترافیک از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Ezell, 2010). از این رو شناخت اساسی از جریان ترافیک

(Bateni, 2009). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی جهت مدل‌سازی پارامترهای جریان ترافیک در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها انجام شده است. این مطالعات تأثیر متغیرهای مختلفی را بر روی جریان ترافیک بررسی کرده‌اند: مطالعه‌ای به وسیله‌ی (Sathiaraj, Punkasem, Wang, & Seedah, 2018) با هدف بررسی اثر متغیرهای دما، قدرت دید، میزان بارش و سرعت باد بر حجم جریان ترافیک با استفاده از روش آماری ویلکاکسون انجام شد. نتایج پژوهش مشخص کرد که ترکیب دما در زمستان به همراه بارش باعث کاهش حجم جریان ترافیک می‌شود. همچنین نتایج آزمون آماری مشخص کرد که شرایط آب‌وهوایی باعث کاهش حجم جریان ترافیک در ساعت مختلف از روزهای هفته می‌شود. لیانگ و همکاران (Liang et al., 1998) به بررسی تأثیر قدرت دید و عوامل محیطی بر سرعت، در بزرگراه بین ایالتی بین یوتا و آیداهو از ایالات متحده پرداختند. اختلاف سرعت در شب و روز برابر  $1/6$  کیلومتر بر ساعت و سرعت در دماهای زیر صفر را حدود  $1/6$  تا  $2/3$  کیلومتر بر ساعت پایین‌تر از دماهای بالای صفر به دست آوردند. آن‌ها همچنین کاهش سرعت در شرایط مه‌آلود و برفی را به ترتیب برابر با  $0/8$  و  $5/6$  کیلومتر بر ساعت محاسبه کردند. لازم به ذکر است که لیانگ و همکاران در مدل خود حجم جریان ترافیک را به عنوان متغیر مستقل در نظر نگرفتند. از طرفی رویدادهای شامل بارش برف و مه‌گرفتگی مقادیر تعداد کمی را شامل می‌شد. تسیرگوتیس و همکاران (Tsirigotis, Vlahogianni, & Karlaftis, 2012) تأثیر شرایط آب‌وهوایی و ترکیب جریان ترافیک را به عنوان متغیر مستقل در مدل سری زمانی جهت پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرعت آزادراه بررسی کردند. آن‌ها سرعت سفر را در طی روز بارانی حدود ۹ درصد پایین‌تر از روز بدون بارندگی به دست آوردند. به علاوه آن‌ها دریافتند که بارندگی حجم جریان ترافیک را حدود ۵ درصد کاهش می‌دهد. مطابق با آیین‌نامه ظرفیت بزرگراه‌ها (Manual, 2010) ظرفیت بزرگراه حدود ۱۵ درصد برای بارندگی بیشتر از شش میلی‌متر بر ساعت کاهش پیدا می‌کند. همچنین در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد، ظرفیت بین ۶ تا ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. (Mamdoohi, Saffarzadeh, Shojaat, 2015) به تحلیل نظری رویکرد تصادفی بودن ظرفیت آزادراه پرداختند. آن‌ها نشان دادند که ظرفیت یک مقدار قطعی و ثابت نیست و عواملی مانند بارندگی، روشنایی،

دست آوردن و سفر خود را برنامه‌ریزی کنند. علاوه بر این، مدیران ترافیک می‌توانند از اطلاعات پیش‌بینی برای استراتژی‌های مدیریت ترافیک استفاده کنند (Huang & Ran, 2003). بنابراین مطالعه پیشرو با فرض اثرگذار بودن تغییرات محیطی بر سرعت جریان ترافیک و با هدف اصلی شناخت نحوه تأثیر این شرایط بر سرعت سفر و پیش‌بینی سرعت ترافیک انجام شده است. این مقاله از چندین بخش تشکیل شده است. ابتدا پژوهش‌های مرتبط انجام شده در رابطه با تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر جریان ترافیک ارایه خواهد شد. در بخش بعد روش انجام پژوهش، داده‌های جمع‌آوری شده و متغیرهای پژوهش معرفی و مورد تحلیل آماری قرار می‌گیرند. سپس نحوه اثر تغییرات محیطی بر سرعت رانندگی بررسی می‌شود. در مرحله بعد مدل رگرسیون خطی به همراه نتایج محاسباتی آن ارائه می‌گردد و در پایان پیشنهادهایی کاربردی با توجه به نتایج حاصل از پژوهش ارایه می‌شوند.

## ۲-پیشینه‌ی تحقیق

عوامل زیادی می‌تواند بر سرعت جریان ترافیک تأثیرگذار باشد. سرعتی که رانندگان جهت پیمودن یک مسیر انتخاب می‌کنند به عوامل متعددی وابسته است. هر یک از این عوامل سرعت خودرو را با سطح شدت مختلفی کاهش می‌دهند. به طور کلی این عوامل در چند دسته کلی مطابق زیر طبقه‌بندی می‌شوند (Liang, Kyte, Kitchener, & Shannon, 1998):

- سرعت مجازی که توسط قوانین و مقررات تعیین می‌شود.
- هندسه جاده، به ویژه در مسیرهای افقی و عمودی که می‌تواند فاصله دید راننده را محدود کند.
- چگالی جریان ترافیکی
- وضعیت سطح جاده (سطح روسازی) که می‌تواند بر ضریب اصطکاک تأثیر و در نتیجه توانایی راننده را برای توقف ایمن کاهش دهد.
- عوامل محیطی که ممکن است دید راننده را کاهش دهند (مه)، ایمنی وسایل نقلیه را به مخاطره بی‌اندازند (باد) و همچنین به نوعی باعث کاهش قدرت دید راننده و کاهش اصطکاک سطح رویه شوند (برف و باران). علاوه بر موارد فوق عوامل دیگری نیز می‌توانند بر سرعت ترافیک تأثیر داشته باشند که این عوامل غیرقابل بررسی بوده و عبارت‌اند از نوع خودرو، سال ساخت آن، سن و جنسیت راننده، نوع سفر و میزان خطرپذیری راننده

می‌گیرد. داده‌ها پژوهش دو مجموعه پایگاه اطلاعات جمع‌آوری شده از آزادراه تهران - قم را تشکیل می‌دهند. این داده‌ها مقادیر چند متغیر را به ترتیب و به صورت ساعتی در طول زمان ثبت می‌کنند. همچنین تحلیل آماری توصیفی جهت شناخت و بررسی متغیرها مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۳-۱- مدل رگرسیون خطی

در این مطالعه از مدل رگرسیون خطی چند متغیره<sup>۲</sup> برای بررسی تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر سرعت سفر استفاده می‌شود. این مدل گسترش یافته رگرسیون خطی ساده است که فقط یک متغیر پیش‌بین (مستقل) و یک متغیر ملاک (وابسته) دارد. رگرسیون خطی چند متغیره برای پیش‌بینی متغیر ملاک از روی مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل به کار می‌رود (Gujarati & Porter, 2004).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad (1)$$

در این رابطه:

$y$ : متغیر وابسته

$\beta_0$ : عرض از مبدأ

$\beta_i$ : بردار ضرایب متغیرهای مستقل

$x_i$ : متغیرهای مستقل

$\varepsilon$ : جز خطا

فرض می‌شود که خطاها دارای میانگین صفر و واریانس<sup>۲</sup>  $\sigma^2$  هستند. مقادیر این خطاها نا همبسته‌اند یعنی مقدار یک خطا بستگی به هر مقدار دیگری ندارد. ضرایب مدل رگرسیون از طریق حداقل مربعات معمولی (OLS)<sup>۳</sup> تعیین می‌شوند. این روش ضرایب مدل رگرسیونی را طوری تعیین می‌کند که برای نمونه یا مجموعه داده‌های مفروض، مربع باقیمانده‌ها ( $\sum e_i^2$ ) در مدل ایجاد شده حداقل گردد. این روش که به کارل فردریک گوس نسبت داده می‌شود از طریق حداقل کردن مجموع مربعات اخلاص تلاش می‌کند که بهترین خط رگرسیونی را برای داده‌ها برازش نماید. این روش در مدل رگرسیون خطی ساده به صورت زیر ارایه می‌شود.

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + e_i \quad (2)$$

$$\min \sum e_i^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum (y_i - \beta_0 + \beta_1 x_1)^2 \quad (3)$$

محددیت سرعت و میزان آشنایی رانندگان با مسیر بر آن اثر دارد و باعث تصادفی بودن ظرفیت می‌شود. آگاروال و همکاران (Agarwal, Maze, & Souleyrette, 2005) داده‌های بارش باران را در آزادراه درون‌شهری ایالات متحده به چهار دسته (صفر، ۰/۲۵۴، بین ۰/۲۵۴ تا ۶/۳۵ و بیشتر از ۶/۳۵ میلی‌متر) معرف بارندگی ناچیز، سبک و بارش سنگین تقسیم کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که ظرفیت آزادراه به طور میانگین به ترتیب ۱-۳، ۱۰-۵ و ۱۷-۱۰ درصد برای بارندگی ناچیز، سبک و بارش سنگین باران کاهش می‌یابد. به طور مشابه کاهش سرعت به ترتیب برابر با ۱-۲، ۴-۲ و ۷-۴ درصد برای مقادیر فوق است. سرکار و همکاران (Sarkar, Mansourkhaki, Malakouti, & Yeganeh, 2014) به بررسی ارتباط بین سرعت و چگالی در بزرگراه درون‌شهری با استفاده از مدل رگرسیون پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از متغیرهای مانند تعداد خطوط و روزهای هفته باعث بهبود دقت پیش‌بینی سرعت خودروهای سواری می‌شود. همچنین هانگ و ران (Huang & Ran, 2003) یک مدل شبکه عصبی با استفاده از متغیرهای آب‌وهوایی برای پیش‌بینی سرعت پیشنهاد کردند. میانگین خطا در مدل شبکه عصبی را برابر با ۴/۵۸۴ و انحراف استاندارد را برابر با ۲/۹۶۵ به دست آوردند. داس و همکاران به بررسی رفتار رانندگان در نگهداری خط تحت اثر شرایط مه‌آلود و هوای صاف با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک پرداختند. آن‌ها دریافتند که قدرت دید راننده در شرایط مه‌گرفتگی کاهش پیدا می‌کند که در نتیجه توانایی راننده را در نگهداری خط کاهش می‌دهد. همچنین نتایج تحلیل آماری آن‌ها مشخص کرد که میانگین سرعت در جریان آزاد در شرایط مه‌گرفتگی فاصله‌دار ۲/۳ کیلومتر بر ساعت نسبت به هوای صاف کاهش پیدا می‌کند (Das, Ghasemzadeh, & Ahmed, 2019). مطالعات متعددی در بررسی تأثیر شرایط آب‌وهوایی در پارامترهای ترافیکی انجام شده است. اما این مطالعات با توجه به تفاوت شرایط محیطی، خصوصیات متفاوت مسیرها نمی‌تواند برای ایران قابل کاربرد باشد. به همین جهت در این مطالعه سعی شده تأثیر عوامل محیطی در جریان ترافیک با توجه به شرایط محلی مورد مطالعه قرار گیرند.

### ۳-۲ روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از نوع پژوهش‌های توصیفی تحلیلی بوده که در آن مدل رگرسیون خطی با توجه به اهداف مطالعه مورد استفاده قرار

تعیین ضرایب رگرسیون با مشتق‌گیری نسبت به  $\hat{\beta}_0$  و  $\hat{\beta}_1$  و با ساده‌سازی معادلات به صورت زیر قابل ارائه است:

$$\hat{\beta}_0 = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \hat{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (4)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (5)$$

### ۳-۲- مشخصات محل جمع‌آوری داده‌ها

جهت انجام این پژوهش آزادراه تهران - قم با سه خط عبوری در هر جهت انتخاب شد. داده‌های لازم برای مطالعه شامل داده‌های ترافیکی و اطلاعات هواشناسی است. داده‌های ترافیکی مربوط به محور مطالعه از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و داده‌های هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی محل جمع‌آوری داده‌ها

| عنوان                                                     | طول جغرافیایی<br>(درجه - دقیقه) | عرض جغرافیایی<br>(درجه - دقیقه) |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ایستگاه مهرآباد                                           | ۵۱:۱۹                           | ۳۵:۴۱                           |
| تردد شمار آزادراه تهران - قم<br>(۴ کیلومتر بعد از عوارضی) | ۵۱:۳۰                           | ۳۵:۵۱                           |



شکل ۱. نمای از آزادراه تهران - قم

### ۳-۳- اطلاعات جمع‌آوری شده و معرفی متغیرها

داده‌های پژوهش از ۲۸ فروردین تا ۱۲ اسفند سال ۱۳۹۳ به صورت ساعتی جمع‌آوری شدند. این اطلاعات شامل حجم جریان ترافیک، درصد وسایل نقلیه سنگین، میانگین سرعت سفر، روز یا شب بودن و متغیرهای آب‌وهوایی شامل دما و شرایط کیفی آب‌وهوا (صاف، ابر، باران و مه‌آلود) که توسط سه متغیر مجازی<sup>۴</sup> دوگانه تبیین می‌شوند را در برمی‌گیرد. در ادامه به تشریح جزئیات این اطلاعات پرداخته می‌شود. از مسائلی که قبل

همان‌طور که مشخص است محل تردد شمارهای ترافیکی انطباق خوبی با ایستگاه هواشناسی مهرآباد دارد. جهت جلوگیری از خطا در نتیجه‌گیری، محل تردد شمارها در مکان‌های انتخاب شد که آن قطعه از آزادراه فاقد بخش‌های انتقال هندسی (weaving section)، شیب عمده و کاهش تعداد خط بودند. شکل (۱) تصویری از آزادراه تهران - قم را نشان می‌دهد.

پژوهش تنها داده‌های مربوط به ساعت‌هایی که دستگاه به‌صورت کامل روشن بوده استفاده گردیده است. در جدول (۲) نتایج تحلیل آماری توصیفی متغیرهای کمی پژوهش که تعداد مشاهدات تمامی متغیرها در آن برابر با ۷۵۴۱ رکورد ساعتی است آورده می‌شود.

از تحلیل توصیفی داده‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد بحث روشن و خاموش شدن دستگاه‌های ترافیک شمار به علل مختلف است که این امر موجب می‌گردد پس از به دست آوردن داده‌های ساعتی به ازای یک روز خاص که دستگاه خاموش و روشن شده است، داده‌های یک ساعت کامل از دستگاه حاصل نشود (Bateni, 2009). بنابراین برای افزایش دقت کار و پرهیز از گمانه‌زنی و نیز پشتمان‌های حجم بالای داده‌های اولیه، در این

جدول ۲. نتایج تحلیل آماری توصیفی متغیرهای پژوهش

| ردیف | متغیر (واحد)                                 | کمینه | بیشینه | میانگین | انحراف معیار |
|------|----------------------------------------------|-------|--------|---------|--------------|
| ۱    | حجم جریان ترافیک (تعداد وسایل نقلیه در ساعت) | ۲     | ۲۶۷۴   | ۷۷۶/۴۳  | ۴۷۴/۰۴۸      |
| ۲    | سرعت (کیلومتر بر ساعت)                       | ۴۳    | ۱۳۲    | ۹۳/۴۴   | ۱۵/۲۶۴       |
| ۳    | سهم وسایل نقلیه سنگین (درصد)                 | ۰     | ۶۲/۵   | ۷/۶۷۴   | ۸/۸۳۰        |
| ۴    | دما (سانتی‌گراد)                             | -۳/۱  | ۴۱/۲   | ۱۹/۷۹   | ۱۰/۶۸        |

فراوانی مشاهدات ۷۵۴۱

جدول ۳. نتایج تحلیل فراوانی متغیرهای چهار حالتی شرایط آب‌وهوا

| ردیف | شرایط آب‌وهوایی | فراوانی مطلق | فراوانی نسبی (درصد) |
|------|-----------------|--------------|---------------------|
| ۱    | صاف             | ۵۵۹۵         | ۷۵/۲                |
| ۲    | مه‌آلود         | ۱۳۵۵         | ۱۸/۲                |
| ۳    | ابر             | ۲۲۶          | ۳/۰                 |
| ۴    | باران           | ۲۶۸          | ۳/۶                 |
|      | جمع             | ۷۴۴۴         | ۱۰۰                 |

توجه به زمان طلوع و غروب آفتاب در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۳ و با فرض یکسان بودن طول روز و شب در بین روزها و ماه‌های مختلف سال به دو حالت شب و روز تقسیم می‌شوند. این متغیر به صورت متغیر مجازی دوگانه در مدل تبیین می‌شوند. جزئیات بیشتر در جدول (۴) آورده شده است. با توجه به مطالب گفته شده متغیرهای استفاده شده در مدل‌سازی سرعت رانندگی در جدول (۵) آورده می‌شوند. این متغیرهای در دو دسته کلی شامل متغیرهای ترافیکی و متغیرهای هواشناسی طبقه‌بندی می‌شوند. لازم به ذکر است که در جدول (۵) متغیرهای مجازی تعریف و نحوه استفاده آن‌ها در فرآیند مدل‌سازی آورده شده است.

### ۳-۴- بررسی سرعت در شرایط مختلف آب‌وهوایی

در این بخش سرعت ترافیک در شرایط مختلف آب‌وهوایی بررسی می‌شود. مطابق با جدول (۶) حداکثر مقدار سرعت مربوط به هوای صاف و مه‌آلود و کمترین مقدار آن در شرایط بارانی رخ داده است. از نکات قابل توجه این مطلب است که

مطابق جدول (۲) سرعت در این مطالعه نسبتاً غیریکنواخت است و مقادیر حداقل و حداکثر آن به ترتیب برابر با ۴۳ و ۱۳۲ کیلومتر بر ساعت است. میانگین سرعت برای همه‌ی وسایل نقلیه برابر با ۹۳/۴۴ و انحراف استاندارد آن ۱۵/۲۶۴ کیلومتر بر ساعت است. همچنین بیشترین و کمترین میزان حجم جریان ترافیک که در طول یک ساعت از تردد شمارهای حلقه القایی حاصل شده به ترتیب برابر با ۲۶۷۴ و ۲ وسیله نقلیه است که نشان از غیریکنواخت بودن آن در طول مطالعه دارد. شرایط آب‌وهوا با توجه به فرضیه پژوهش به چهار حالت تأثیرگذار بر سرعت جریان ترافیک شامل هوای صاف، ابر، باران و مه‌آلود که به صورت متغیر مجازی در مدل در وارد می‌شوند تقسیم‌بندی می‌گردند. در جدول (۳) نتایج تحلیل فراوانی متغیرهای چهار حالتی شرایط آب‌وهوا آورده شده است. همان‌طور که مشخص است هوای صاف بیشترین و حالت ابری بودن کمترین وضعیت‌های رخ داده در طول زمان جمع‌آوری داده‌های این مطالعه هستند. لازم به ذکر است که حداکثر میزان بارش باران در داده‌های مورد بررسی برابر با ۵ میلی‌متر بر ساعت است. جهت بررسی تأثیر روشنایی در سرعت ترافیک، ساعت‌های شبانه‌روز با

مقادیر حداقل سرعت در هوای بارانی بیشتر از هوای صاف است. از طرفی انحراف معیار در هوای بارانی کمتر از سایر حالت‌های دیگر بوده که بیانگر این است که رانندگان در هوای بارانی با سرعت نزدیک‌تر به میانگین نسبت به سایر وضعیت‌ها حرکت می‌کنند.

جدول ۴. نتایج تحلیل فراوانی مشاهدات به تفکیک روز و شب

| ردیف | ساعت          | روز یا شب | فراوانی مطلق | فراوانی نسبی (درصد) |
|------|---------------|-----------|--------------|---------------------|
| ۱    | ۶:۰۰ تا ۱۸:۰۰ | روز       | ۴۱۲۱         | ۵۴/۶                |
| ۲    | ۱۸:۰۱ تا ۵:۵۹ | شب        | ۳۴۲۰         | ۴۵/۴                |
| جمع  |               |           | ۷۵۴۱         | ۱۰۰                 |

جدول ۵. برخی ویژگی‌های متغیرهای مورد استفاده در فرآیند مدل‌سازی

| ردیف | متغیر              | نماد        | تعریف                                        | مقادیر                           | نوع متغیر    |
|------|--------------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| ۱    |                    | Speed       | میانگین سرعت وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت)   | ۴۳ تا ۱۳۲                        | متغیر وابسته |
| ۲    | ترافیکی            | Flow        | حجم جریان ترافیک (تعداد وسایل نقلیه در ساعت) | ۲ تا ۲۶۷۴                        | مستقل توضیحی |
| ۳    |                    | P-H-V       | سهم وسایل نقلیه سنگین (درصد)                 | ۰ تا ۶۲/۵                        | مستقل توضیحی |
| ۴    | دو حالتی روز یا شب | D-Night     | متغیر مجازی شب                               | (شب = ۱)                         | مستقل توضیحی |
| ۵    |                    | Temperature | دما (سانتی‌گراد)                             | ۳/۱- تا ۴۱/۲                     | مستقل توضیحی |
| ۶    | شرایط آب‌وهوا      | D-Fog       | متغیر مجازی مه‌آلود                          | (مه‌آلود = ۱ و سایر حالت‌ها = ۰) | مستقل توضیحی |
| ۷    |                    | D-Cloud     | متغیر مجازی ابر                              | (ابر = ۱ و سایر حالت‌ها = ۰)     | مستقل توضیحی |
| ۸    |                    | D-Rain      | متغیر مجازی باران                            | (باران = ۱ و سایر حالت‌ها = ۰)   | مستقل توضیحی |

جدول ۶. نتایج تحلیل آماری توصیفی سرعت در شرایط مختلف

| شرایط مختلف آب‌وهوایی | مقادیر سرعت (کیلومتر بر ساعت) |        |         | انحراف معیار | ضریب تغییرات (درصد) |
|-----------------------|-------------------------------|--------|---------|--------------|---------------------|
|                       | کمینه                         | بیشینه | میانگین |              |                     |
| صاف                   | ۴۶                            | ۱۳۲    | ۹۱/۴۷   | ۱۵/۰۴۹       | ۱۶/۴۵۲              |
| شرایط مه‌آلود         | ۴۳                            | ۱۳۱    | ۱۰۱/۰۹  | ۱۴/۳۴۹       | ۱۴/۱۹۴              |
| آب‌وهوا ابر           | ۵۷                            | ۱۲۷    | ۹۳/۰۴   | ۱۳/۴۱۸       | ۱۴/۴۲۲              |
| باران                 | ۵۷                            | ۱۲۱    | ۹۶/۸۳   | ۱۲/۸۰۳       | ۱۳/۲۲۲              |
| روز یا شب بودن        | روز                           | ۴۳     | ۹۳/۴۷   | ۱۴/۹۴۳       | ۱۵/۹۸۷              |
|                       | شب                            | ۴۶     | ۹۳/۴۱   | ۱۵/۶۴۴       | ۱۶/۷۴۸              |

مطابق با جدول (۶) مقادیر ضریب تغییرات در تمام شرایط مختلف آب‌وهوایی نشان دهنده پراکندگی و اختلاف سرعت در شرایط متفاوت است. (Liang et al., 1998) در پژوهش خود میانگین سرعت برای همه وسایل نقلیه برابر با ۱۰۴ و مقدار

این روش متغیرها یک‌به‌یک وارد مدل می‌شوند. در ابتدا متغیری که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته داشته باشد انتخاب می‌شود. سپس دومین متغیری که وارد مدل می‌شود متغیری است که پس از تفکیک متغیر مقدم بر آن، موجب افزایش مقدار ضریب تعیین می‌شود. در این روش ورود متغیرها به مدل تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که معنی‌داری متغیر به ۹۵ درصد برسد سپس عملیات متوقف می‌شود. در هر مرحله متغیر یا متغیرهایی باقی می‌مانند که پس از تفکیک مشارکت متغیرهای مقدم بر آن‌ها دارای بیشترین مجذور همبستگی باشند. در این روش با ورود هر متغیر، مجدداً ضابطه مورد بررسی قرار می‌گیرد Ray bad, (2013). به دلیل وجود خودهمبستگی بین باقیمانده‌ها در هر دو مدل، متغیر سرعت با یک وقفه تأخیر جهت از بین بردن خودهمبستگی مرتبه اول وارد مدل شده است. لازم به ذکر است تنها تفاوت دو مدل در این است که در مدل دوم متغیرهای آب‌وهوایی جهت بررسی تأثیر آن‌ها در سرعت و برازش مدل در نظر گرفته شده‌اند. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که متغیرهای هواشناسی باعث بهبود برازش مدل می‌شوند. نتایج مدل‌سازی در جدول (۷) آورده شده است. با توجه به ضریب نیکویی برازش بهتر مدل با وجود متغیرهای توضیحی هواشناسی فقط ضرایب رگرسیون این مدل آورده می‌شود.

انحراف استاندارد را  $3/5$  کیلومتر بر ساعت به دست آوردند. انتظار بر این است که در شرایط غیر نرمال مانند بارندگی انحراف استاندارد کاهش بیشتری را داشته باشد. از بررسی مقادیر سرعت در روز و شب مشخص می‌شود که میانگین سرعت در دو وضعیت مذکور تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد. ولی برخلاف انتظار، ضریب تغییرات سرعت در شب بیشتر از روز است که نشان دهنده رفتار پرخطر رانندگان ایرانی در این مطالعه است.

مسئله اختلاف سرعت زمانی اهمیت پیدا می‌کند که قدرت دید محدود یا سطح روسازی به علت بارندگی لغزنده باشد. این عوامل باعث کاهش توانایی عکس‌العمل راننده هنگام مواجهه با خطرات پیشرو می‌شوند. به طور مثال زمانی که یک راننده در حال سبقت گرفتن از خودرو مقابل، در شرایطی که اختلاف سرعت زیاد و همچنین سطح روسازی در اثر بارش باران خیس باشد را در نظر بگیرید. اگر به دلایلی احتمال برخورد (عدم مهارت کافی در رانندگی) وجود داشته باشد زمانی که سطح رویه دارای شرایط غیرمعمول باشد، احتمال تصادف نسبت به زمانی که روسازی خشک است افزایش پیدا می‌کند (Liang et al., 1998; Rad et al., 2018).

#### ۴-تحلیل نتایج رگرسیون

پس از آماده‌سازی داده‌های جمع‌آوری شده، دو مدل با استفاده از روش گام‌به‌گام<sup>۵</sup> در محیط نرم‌افزاری SPSS ساخته شدند. در

جدول ۷. نتایج مدل‌های رگرسیون خطی

| مدل                               | ضریب تعیین | ضریب تعیین تعدیل شده | انحراف معیار خطای تخمین | سطح معنی‌داری |
|-----------------------------------|------------|----------------------|-------------------------|---------------|
| مدل بدون متغیرهای مستقل آب‌وهوایی | ۰/۸۸۴      | ۰/۸۸۴                | ۵/۲۰۲                   | ۰/۰۰۰         |
| مدل با متغیرهای مستقل آب‌وهوایی   | ۰/۸۹۳      | ۰/۸۹۳                | ۵/۰۰۱                   | ۰/۰۰۰         |

جدول ۸. ضرایب مدل رگرسیون خطی با وجود متغیرهای توضیحی هواشناسی

| متغیرها                     | ضریب   | خطای معیار | آماره t | سطح معنی‌داری |
|-----------------------------|--------|------------|---------|---------------|
| مقدار ثابت                  | ۳۰/۵۵۰ | ۰/۹۷۵      | ۳۱/۳۲۷  | ۰/۰۰۰         |
| حجم جریان                   | -۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۰      | -۱۰/۶۲۳ | ۰/۰۰۰         |
| درصد وسایل نقلیه سنگین      | -۰/۰۸۷ | ۰/۰۰۸      | -۱۰/۴۰۲ | ۰/۰۰۰         |
| دما                         | -۰/۲۸۰ | ۰/۰۱۱      | -۲۴/۹۱۷ | ۰/۰۰۰         |
| سرعت جریان با یک وقفه تأخیر | ۰/۷۵۷  | ۰/۰۰۸      | ۹۹/۷۱۵  | ۰/۰۰۰         |
| شب                          | -۰/۷۷۷ | ۰/۱۴۴      | -۵/۳۹۰  | ۰/۰۰۰         |
| باران                       | -۱/۳۵۵ | ۰/۳۱۷      | -۴/۲۷۶  | ۰/۰۰۰         |
| ابر                         | -۰/۹۹۶ | ۰/۳۳۹      | -۲/۹۳۶  | ۰/۰۰۳         |

مه و از طرفی وجود مه‌گرفتگی در روزهای تابستان در داده‌های هواشناسی نمی‌توان نتیجه‌گیری صحیحی انجام داد. در جدول (۹) نمونه‌ای از مقادیر سرعت در شرایط مختلف آورده شده است.

جدول ۹. نمونه‌ای از سرعت در شرایط مختلف جوی  
(کیلومتر بر ساعت)

| تاریخ      | روز |        | شب  |        |
|------------|-----|--------|-----|--------|
|            | صاف | بارانی | صاف | بارانی |
| ۱۳۹۳/۱۱/۳۰ | ۱۰۵ | ۱۰۶    | ۹۵  | ۱۰۴    |
| ۱۳۹۳/۱۱/۲۲ | ۱۱۳ | ۱۰۷    | ۹۷  | ۹۸     |
| ۱۳۹۳/۰۳/۰۶ | -   | -      | ۸۹  | -      |

#### ۴-۲- پیش‌بینی سرعت

با توجه به این موضوع که یکی از اهداف این پژوهش پیش‌بینی سرعت است در این بخش قدرت پیش‌بینی مدل‌ها بررسی می‌شوند. جهت بررسی دقت تخمین سرعت ترافیک با استفاده از توابع ارزیابی مانند میانگین خطای مطلق (MAE)<sup>۱</sup>، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)<sup>۲</sup> و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)<sup>۳</sup> مدل‌های ساخته شده اعتبارسنجی می‌شوند. معادله هریک از توابع ارزیابی به ترتیب در روابط (۶)، (۷) و (۸) ارایه شده است.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |y - \hat{y}|}{N} \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y - \hat{y})^2}{N}} \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y - \hat{y}|}{y} \times 100 \quad (8)$$

در روابط بالا N تعداد کل مشاهدات، y و  $\hat{y}$  به ترتیب مقادیر مشاهده و برآورد توسط مدل هستند. از بررسی انواع خطای ارایه شده در جدول (۱۰) مشخص است که مدل با متغیرهای مستقل آب‌وهوای، درصد خطای کمتری در تخمین سرعت سفر دارد.

شایان ذکر است که متغیرهای زیر نیز در فرآیند مدل‌سازی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفتند ولی به شکل معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ در مدل نهایی قرار نداشتند. بنابراین از روند مدل‌سازی حذف گردیدند.

-متغیرهای ترکیبی: (باران - شب، ابر - شب و مه‌آلود - شب)  
-متغیر مجازی مه‌آلود بودن

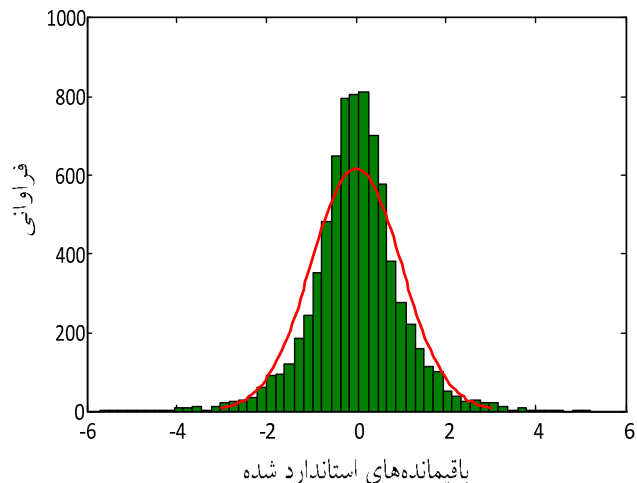
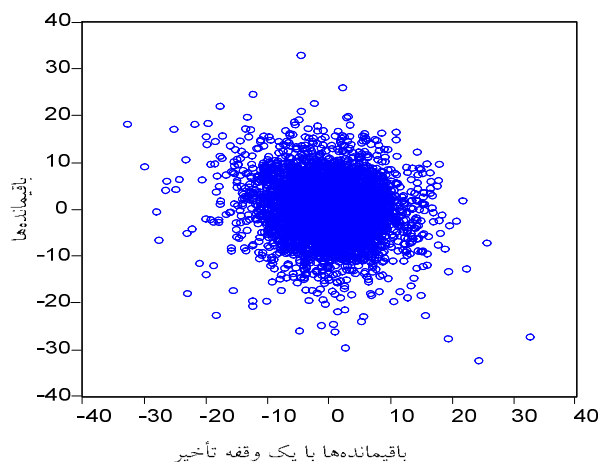
#### ۴-۱- تفسیر نتایج مدل

بررسی مدل رگرسیون نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مشخص شده در جدول (۸) به استثناء وقفه متغیر وابسته سرعت دارای رابطه معنادار منفی با سرعت هستند که حاکی از رابطه معکوس متغیرها با سرعت رانندگی است. مطابق با نتایج به دست آمده افزایش یک درصدی وسایل نقلیه سنگین به طور متوسط و با فرض ثابت بودن سایر شرایط باعث کاهش سرعت به میزان ۰/۰۸۷ درصد می‌شود. در این مطالعه رابطه متغیر دما با سرعت معکوس مشاهده شده است. لازم به ذکر است که متغیر دما به تنهایی نمی‌تواند بیانگر رابطه با سرعت باشد. کاهش دما اصولاً با بارش برف یا باران همراه است که باعث کاهش سرعت می‌شوند. با توجه به اینکه در این مطالعه بارش برف وجود نداشته و از طرفی با توجه به تفریحی بودن مسیر مورد مطالعه، سفرهای کمتری در فصول سرد اتفاق افتاده و باعث افزایش سرعت می‌شود. نتایج مدل نشان می‌دهد که متوسط سرعت سفر در شب صاف ۰/۷۷۷ کیلومتر بر ساعت کمتر از حالت مشابه در روز است. همچنین، متوسط سرعت در هوای بارانی برابر با ۱/۳۵۵ کیلومتر بر ساعت کمتر از هوای صاف به دست آمده است. مقدار سرعت در هوای ابری یک کیلومتر بر ساعت نسبت به هوای صاف با ثابت نگه داشتن سایر عوامل کاهش می‌یابد. کاهش سرعت در هوای ابری به این دلیل است که در داده‌های هواشناسی ابری بودن همراه با بارش ناچیز باران گزارش شده است. از طرفی در این پژوهش متغیر مه‌آلود بودن دارای رابطه معنی‌دار با سرعت نیست. هرچند که لیانگ و همکاران در مطالعه خود کاهش سرعت ناشی از مه‌گرفتگی را ۰/۸ کیلومتر بر ساعت به دست آورند (Liang et al., 1998) که مقدار قابل‌توجهی به حساب نمی‌آید. با توجه به اینکه محور مورد مطالعه جز محورهای سردسیر نبوده و همچنین مشخص نبودن مقدار غلظت

جدول ۱۰. میزان انواع خطای مدل‌ها در پیش‌بینی سرعت

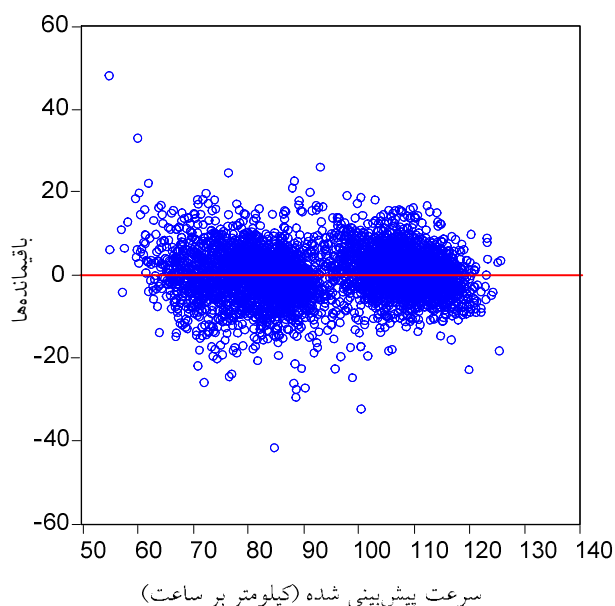
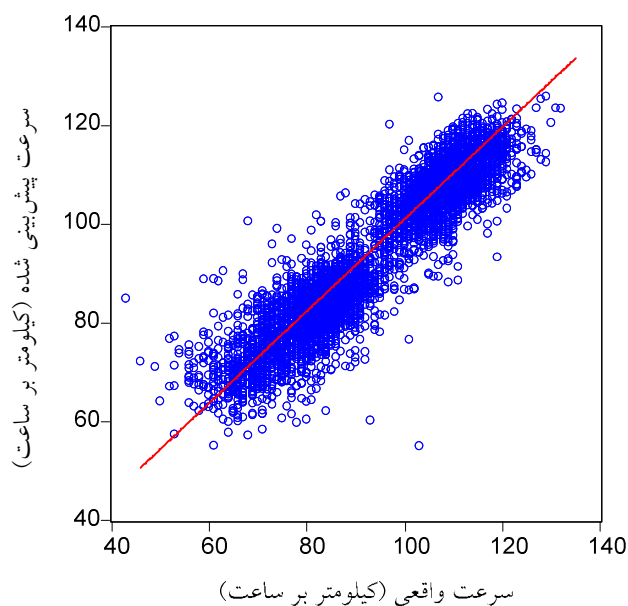
| مدل‌ها                            | میانگین خطای مطلق<br>(کیلومتر بر ساعت) | مجدور میانگین مربعات خطا<br>(کیلومتر بر ساعت) | میانگین درصد<br>خطای مطلق |
|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|
| مدل بدون متغیرهای مستقل آب‌وهوایی | ۳/۶۷۴                                  | ۵/۲۰۰                                         | ۴/۱۳۶                     |
| مدل با متغیرهای مستقل آب‌وهوایی   | ۳/۵۷۹                                  | ۴/۹۹۶                                         | ۴/۰۳۴                     |





(ب) نمودار پراکندگی بین باقیمانده‌ها و یک وقفه تأخیر باقیمانده‌ها

(الف) هیستوگرام باقیمانده‌ها



(د) نمودار پراکندگی بین سرعت واقعی و سرعت پیش‌بینی شده

(ج) نمودار پراکندگی بین مقادیر سرعت پیش‌بینی شده و باقیمانده‌ها

شکل ۲. نمودارهای مدل با متغیرهای مستقل آب‌وهوایی در تخمین سرعت

#### ۴-۳- ارزیابی فرض‌های مدل

هیستوگرام باقیمانده‌های نشان داده شده در شکل (الف) بیانگر صادق بودن فرض نرمالیت در رگرسیون است. یکی از روش‌های ساده جهت تشخیص خودهمبستگی باقیمانده‌ها استفاده از نمودار خطاهاست. به این منظور برای بررسی رابطه خودهمبستگی بین

جهت معتبر بودن نتایج مدل، باید فرض‌های مدل اعتبار سنجی شوند. نمودارهای ارایه شده در شکل (۲) فرض‌های صحت مدل رگرسیون را نشان می‌دهند. یکی از شروط صحت استفاده از رابطه رگرسیونی، بررسی نرمال بودن خطاهاست. نمودار

۱-مقایسه بین مقادیر خطاهای محاسبه شده دو مدل مشخص می‌کند که استفاده از متغیرهای هواشناسی دقت مدل را در تخمین سرعت افزایش می‌دهند.

۲-اختلاف سرعت در شبانه‌روز در این مطالعه نزدیک به یک کیلومتر بر ساعت به دست آمد که این مقدار مشابه با نتایج به دست آمده از پژوهش (Liang et al., 1998) در ایالات متحده (۱/۶) است. این مقدار اختلاف سرعت مشاهده شده در روز و شب نشان دهنده عدم تبعیت رانندگان ایرانی از سرعت مجاز در شب و رفتار پر خطر آن‌ها است.

۳-نتایج مدل پژوهش، کاهش سرعت ناشی از بارندگی را برابر با ۱/۳۵۵ کیلومتر بر ساعت نشان می‌دهد. به طور مشابه کاهش سرعت در مطالعه (Brilon & Ponzlet, 1996) در آزادراه ۶ خطه برابر با ۱۲ کیلومتر بر ساعت به دست آمده است. این اختلاف می‌تواند نشان دهنده این مطلب باشد که رانندگان ایرانی نسبت به رانندگان آلمانی خود را با شرایط نامتعادل پیشرو کمتر مطابقت می‌دهند. با توجه به مطالب ارائه شده در این پژوهش در ادامه پیشنهادهایی جهت کاهش حوادث رانندگی ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که رایج پیشنهادها کاربردی مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات بیشتر نظیر داده‌های تصادفات و سایر عوامل جوی (برف و باد) جهت تحلیل دقیق‌تر و نتیجه‌گیری جامع‌تر است. عدم دسترسی به موارد ذکر شده را می‌توان از محدودیت‌های این مطالعه به حساب آورد.

۱-هنگام رانندگی با سرعت بالا به همراه بارش باران، خاصیتی به نام هیدروپلنینگ به وجود می‌آید که سطح تماس تایر با جاده را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث کاهش توانایی کنترل خودرو می‌شود. اولین قدم و عکس‌العمل در مواجهه با شرایط غیرمعمول محیطی کاهش سرعت خودرو است. همیشه سرعت خودرو بایستی با شرایط محیطی تطابق داشته باشد. با کاهش سرعت علاوه بر کاهش ریسک سرخوردن خودرو، زمان بیشتری برای عکس‌العمل مناسب در هنگام مواجهه با خطرهای پیشرو وجود خواهد داشت. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که رانندگان با سرعت کمتر و ایمن هنگام بارندگی رانندگی کنند (Rad et al., 2018).

-زمانی که جاده لغزنده است رانندگان باید از ترمز زدن ناگهانی اجتناب کنند. به دلیل بارندگی اصطکاک بین تایرها و روسازی کاهش پیدا می‌کند و احتمال تصادف افزایش پیدا خواهد کرد.

جزء خطا می‌توان رابطه بین خطاها را با یک وقفه تأخیر ترسیم کرد (Gujarati & Porter, 2004). نمودار پراکندگی ترسیم شده در شکل (ب) نشان می‌دهد که تغییرات جمالات خطا در طول زمان از هیچ قاعده خاصی تبعیت نمی‌کند و کاملاً تصادفی هستند. با ترسیم گرافیکی باقیمانده‌ها در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده می‌توان شرط همسانی واریانس را بررسی کرد. مطابق با نمودار پراکندگی مقادیر سرعت پیش‌بینی شده در مقابل باقیمانده‌های ترسیم شده در شکل (ج) میانگین خطاها برابر با صفر و پراکندگی داده‌ها از میانگین مقدار ثابتی است بنابراین شرط ثابت بودن واریانس‌ها پذیرفته می‌شود. در شکل (د) مقادیر سرعت واقعی جریان در مقابل سرعت تخمین زده شده توسط مدل آورده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود مدل ساخته شده توانسته است مقادیر سرعت را به خوبی برآورد کند.

## ۵-نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی شناخت عوامل مؤثر بر سرعت رانندگی و چگونگی تأثیر این عوامل بر سرعت با استفاده از دو مجموعه داده جمع‌آوری شده از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و سازمان هواشناسی کشور در آزادراه بین‌شهری تهران- قم پرداخته شد. اهداف پژوهش با استفاده از مدل رگرسیون خطی در دو گام بررسی شدند. در گام اول تأثیر متغیرهای هواشناسی و سایر متغیرهای ترافیکی بر روی سرعت سفر سنجیده شدند. جهت بهبود قدرت ارزیابی مدل از ترکیب متغیرهای آب‌وهوا و شب بودن مانند باران - شب، ابر - شب و مه‌آلود - شب استفاده شد. اختلاف سرعت در شب و روز در این مطالعه نزدیک به یک، همچنین مقدار کاهش سرعت ناشی از بارندگی برابر با ۱/۳۵۵ کیلومتر بر ساعت به دست آمد. اختلاف بین مقادیر به دست آمده در این مطالعه و سایر مطالعات انجام شده می‌تواند ناشی از خصوصیات متفاوت مسیرها (تعداد خطوط)، درصد وسایل نقلیه سنگین و رفتار رانندگی متفاوت باشد. در گام دوم به ارزیابی قدرت مدل در تخمین سرعت سفر پرداخته شد. مدل ساخته شده با متغیرهای مستقل آب‌وهوایی توانست مقدار سرعت را با خطای به ترتیب برابر با ۳/۵۷۹، ۴/۰۳۴ و ۴/۹۹۶ برای توابع ارزیابی میانگین خطای مطلق، میانگین درصد خطای مطلق و میانگین ریشه مربعات خطا به دست آورد.

-Das, A., Ghasemzadeh, A., & Ahmed, M. M. (2019), "Analyzing the effect of fog weather conditions on driver lane-keeping performance using the SHRP2 naturalistic driving study data". *Journal of safety research*, 68, pp.71-80.

-Ezell, S., (2010), "Explaining international IT application leadership: Intelligent transportation systems".

-Gujarati, D. N., & Porter, D. C., (2004), "Basic Econometrics", 4th: New York: McGraw-Hill.

-Huang, S.-H., & Ran, B., (2003), "An application of neural network on traffic speed prediction under adverse weather condition". University of Wisconsin Madison.

-Liang, W., Kyte, M., Kitchener, F., & Shannon, P., (1998), "Effect of environmental factors on driver speed: A case study", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1635), pp.155-161.

-Manual, H. C., (2010), "HCM2010. Transportation Research Board", National Research Council, Washington, DC.

-Rad, E. H., Yousefzadeh-Chabok, S., Mohtasham-Amiri, Z., Khodadadi-Hasankiadeh, N., Davoudi-Kiakalayeh, A., Kouchakinezhad-Eramsadati, L., & Reihanian, A., (2018), "Traumatic and nontraumatic driving accidents due to dry spells in northern Iran: a time series analysis". *Weather, climate, and society*, 10(4), pp.723-730.

-Sarkar, A., Mansourkhaki, A., Malakouti, M., & Yeganeh, S., (2014), "Modelling speed-density relationship in traffic streams". Paper presented at the Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport.

-Sathiaraj, D., Punksam, T.-o., Wang, F., & Seedah, D. P., (2018), "Data-driven analysis on the effects of extreme weather elements on traffic volume in Atlanta, GA, USA. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72, pp.212-220.

-Tsirigotis, L., Vlahogianni, E. I., & Karlaftis, M. G., (2012), "Does Information on Weather Affect the Performance of Short-Term Traffic Forecasting Models"? *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 10(1), pp.1-10.  
doi: 10.1007/s13177-011-0037-x.

جلوگیری از ترمزهای ناگهانی می‌تواند در جلوگیری از حوادث رانندگی مؤثر باشد (Rad et al., 2018).

از طرف دیگر با توجه به اختلاف سرعت مشاهده شده در شبانه‌روز و کاهش ناچیز سرعت در اثر بارش باران توسط کاربران جاده، لزوم فرهنگ‌سازی جهت تبعیت از قانون اهمیت پیدا می‌کند.

## ۶-سپاسگزاری

در انتها از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و سازمان هواشناسی کشور جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز جهت انجام این مطالعه کمال تقدیر و تشکر را دارد.

## ۷-پی‌نوشت‌ها

1. Intelligent transportation systems
2. Multiple Linear Regressions
3. Ordinary Least Squares
4. Dummy
5. Stepwise Method
6. Mean Absolute Error
7. Root Mean Square Error
8. Mean Absolute Percentage Error

## ۸-مراجع

-باطنی، م.، (۱۳۸۸)، "پیش‌بینی متقابل حجم ترافیک و سرعت با استفاده از روش شبکه‌های عصبی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: علی خدایی، تهران: دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

-ری بد، الف.، (۱۳۹۲)، "آموزش گام‌به‌گام SPSS 22"، تهران، انتشارات طاهریان.

-ممدوحی، الف.، صفarzاده، م. و شجاعت، س.، (۱۳۹۳)، "رویکرد تصادفی در تخمین ظرفیت آزادراه: موردپژوهی آزادراه تهران-کرج"، مهندسی عمران مدرس، سال چهاردهم، شماره دوم، ص. ۱۵۳-۱۴۳.

-Agarwal, M., Maze, T. H., & Souleyrette, R. (2005), "Impacts of weather on urban freeway traffic flow characteristics and facility capacity. Paper presented at the Proceedings of the 2005 mid-continent transportation research symposium.

-Brilon, W., & Ponzlet, M., (1996), "Variability of speed-flow relationships on German autobahns. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (1555), pp.91-98.

# **Driving Speed Modeling Under Different Climate Conditions**

## **(Case Study: Tehran – Qom Freeway)**

*Arash Bahadori, M.Sc., Student, Highway and Transportation, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*Amir Reza Mamdoohi, Associate Professor, Civil and Environment Engineering Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.*

*Ali Reza Sarkar, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*E-mail: armamdoohi@modares.ac.ir*

Received: January 2020-Accepted: July 2020

### **ABSTRACT**

Various environmental conditions could have a significant effect on traffic flow. Understanding the effects of environmental conditions on a vehicle's speed could provide an accurate estimation of travel speed and traffic management strategies adoption to prevent traffic crashes. In this paper, the speed of vehicles had been investigated based on different variables, such as the effect of some weather conditions (such as rainy, foggy, cloudy and sunny), air temperature, speed variations during nights and days, heavy vehicles percentages and vehicle volumes. In this research, the effects of these variables on vehicle speeds have been studied in order to decrease suburban crash frequencies, using a multiple linear regression model. Required data have been gathered from Iran Road Maintenance & Transportation Organization and Meteorological Organization Government agency in 2014. According to 7541 hourly samples at Tehran-Qom freeway, the results of the proposed model shows that rainy weather and night and day speed variation caused 1.355 and less than 1 kilometer per hour reduction in speed, respectively. Also, the proposed model has an acceptable and reliable error in speed prediction and the evaluation criteria such as mean absolute error, mean absolute percentage error and root mean square error were 3.579, 4.034 and 4.996, respectively.

**Keywords:** Speed Prediction, Multiple Regression, Climate Conditions