

# ارزیابی عملکرد تابلوهای سرعت متغیر در ارتقاء ایمنی راه‌های کشور (مطالعه موردی: محور هراز)

حسن ضامنیان\*، کارشناس ارشد حمل و نقل از دانشگاه علوم و تحقیقات تهران  
\*Hz\_civil2008@yahoo.com

تاریخ پذیرش: آبان ۹۱

تاریخ دریافت مقاله: آذر ۹۰

## چکیده

مجهز نمودن راه به تجهیزات ایمنی و استانداردسازی آن، یکی از موارد تأثیرگذار بر کاهش تصادفات خواهد بود. در این تحقیق به بررسی و ارزیابی یکی از تجهیزات ایمنی به نام تابلوهای سرعت متغیر که سرعت را برحسب شرایط محیطی، هندسی راه و حجم تردد، تغییر می‌دهند، پرداخته شده است. در این راستا با شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد تابلوهای سرعت متغیر و تأثیرگذار بر سرعت، متغیرهای مربوط به این تحقیق انتخاب شده و از آن‌ها در جهت ساخت مدلی که برحسب تعداد تصادفات بوده استفاده گردید، به طوری که مدل با داده‌های قبل از نصب علائم سرعت متغیر ساخته و با داده‌های تصادفات پس از نصب این علائم مقایسه شده است. انواع مدل‌های کاربردی در بین تصادفات بر داده‌های موردنظر برازش داده شد و در هر مورد تست‌های آماری لازم صورت پذیرفت و نهایتاً با کالیبره کردن مدل و اعتبارسنجی آن، مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی به علت مزیت نسبت به سایر مدل‌ها، انتخاب گشت. در پایان معلوم شد که با نصب تابلوهای سرعت متغیر و کنترل دقیق سرعت مجاز، تعداد تصادفات به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و نصب این علائم اقتصادی بوده است.

کلیدواژه‌ها: تصادفات، تابلوهای سرعت متغیر، سرعت مجاز، مدل‌های آماری

## ۱ - مقدمه

بود.  
در عصر حاضر به دلیل ارتقای سطح زندگی و بالا رفتن ارزش زمان برای مردم از یک طرف و عدم امکان توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل به موازات رشد تقاضا به دلیل زمان‌بر بودن، هزینه بالا و محدودیت منابع از طرف دیگر، سیستم حمل و نقل را وادار کرده است تا به فکر استفاده بهینه از زیرساخت‌های موجود به منظور پاسخ‌گویی به تقاضای حمل و نقلی باشد. امروزه کاهش تلفات جاده‌ای به یک هدف استراتژیک در برنامه‌های بسیاری از کشورها تبدیل شده است. به طوری که برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ کشورهای عربستان ۳۰ درصد، انگلستان ۴۰ درصد، آمریکا ۲۰ درصد و فرانسه ۵۰ درصد کاهش تلفات جاده‌ای را به عنوان هدف منظور داشته‌اند [۱]. در برنامه‌های ایمن‌سازی، تغییر عملکرد و عادات انسان‌ها (اعم از جلوگیری از رانندگی تحت نفوذ الکل و مواد مخدر، بستن کمربند ایمنی و بازدید فنی وسایل نقلیه) به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد، اما بهبود ایمنی به شکل عملیات و اصلاحات موردی مهندسی (مانند استفاده از ابزار کنترل سرعت

یکی از مهم‌ترین عوامل تصادفات در سراسر جهان سرعت بیش از حد مجاز وسایل نقلیه می‌باشد. با توجه به رشد روز افزون جمعیت و همچنین تعداد وسایل نقلیه، باید به دنبال گسترش و به کارگیری روش‌هایی نوین در جهت کاهش صدمات ناشی از حرکت با سرعت بالا بود. امروزه با گسترش کاربرد پردازش‌گرهای اطلاعاتی (کامپیوترها) در همه امور و توسعه یافتن مفاهیمی چون فن‌آوری اطلاعات در صنعت حمل و نقل نیز از اواخر دهه گذشته شاهد تغییراتی در روند سازماندهی مدیریت، کنترل، بهینه‌سازی و نظارت بر بهره‌برداری خواهیم بود که با اثبات کارایی این تغییرات، پس از هدفمند و منسجم کردن آن‌ها مبحث جدیدی به نام سیستم‌های حمل و نقل هوشمند به وجود آمد. سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ابزار چندوجهی پیچیده‌ای است که از ترکیب فن‌آوری‌های پیشرفته در کنار یکدیگر به وجود می‌آید و برای بهبود وضعیت عملکردی حمل و نقل و ایجاد راه‌حل‌هایی جهت ارتقای کیفیت به کار برده می‌شود. این سیستم‌ها از عوامل مؤثر در بهبود رفتار حرکتی رانندگان در سراسر مسیر خواهند

1 -VSL: Variable Speed Limit

و ترافیک، جداسازی ترافیک، طرح هندسی تقاطع‌ها و جاده‌ها و حذف نقاط حادثه‌خیز) معمولاً موثرترند. تابلوهای سرعت متغیر نمونه‌ای از ابزارهای کنترل سرعت هستند که در این تحقیق توسط مدل پیش‌بینی تصادفات که مستقیماً مربوط به عملکرد تابلوهای سرعت متغیر است مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

## ۲- بیان مسأله

تابلوهای سرعت متغیر نمونه‌ای از علائم کاربردی در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند هستند که در طول مسیر راه برای اعلام سرعت مجاز بر اساس شرایط متغیر راه، محیط و عوامل مؤثر بر آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. تغییر به معنای آن است که حداکثر سرعت مجاز همیشه یکسان نیست و با توجه به موقعیت ترافیکی و شرایط جاده و شرایط آب و هوایی فرق می‌کند. این سرعت از ۳۰ کیلومتر بر ساعت تا حداکثر ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت با دامنه تغییرات ۱۰ کیلومتر بر ساعت می‌تواند تغییر کند [۲].

تابلوهای سرعت متغیر از دیوهای<sup>۳</sup> که شدت نور بالایی دارند، ساخته می‌شوند و قابلیت دید نوری را در شرایط نامساعد مطمئن می‌سازند. علائم ممکن است به تنهایی نصب شوند و یا به شکل یک سیستم جامع و فراگیر قرار گیرند. حدود سرعت برنامه‌ریزی شده از راه دور بر طبق سطح جاده و شرایط آب و هوایی و یا آشفتنگی‌های نامنظم از قبیل تصادفات جاده‌ای و کارهای مراقبتی یا محافظتی نشان داده می‌شوند [۳].

تابلوهای سرعت متغیر شاخص‌های عددی سرعت را با رنگ‌های سفید و کهربایی نمایش می‌دهند که با یک صفحه مدور قرمز محدود شده است. حدود سرعت نمایش داده شده با یک ماتریس مشخص ۲ یا ۳ رقمی بر طبق مدل بدون هیچ محدودیتی تشکیل می‌شوند و ابعاد علامت و فضاهای بین آن‌ها مطابق با مقررات ترافیکی نسبی و EN ۱۲۹۶۶ استانداردهای اروپایی هستند.

از ویژگی‌های اصلی این تابلوها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: [۴]

۱- قابلیت دید تابلوها برای رانندگان در تمام شرایط روشنایی امکان‌پذیر است.

۱- در موقعیت‌های اضطراری حالت نمایشی تابلوها به صورت دواپر چشمک‌زن تغییر می‌کند.

۲- دارای مقاومت مکانیکی و دوام کافی است که می‌تواند تمام شرایط عملیاتی را تحمل کند.

۴- مجهز به کنترل رادیویی است.

۵- تغییر سرعت این علائم به صورت سیستم‌های راداری و از راه دور صورت می‌گیرد.

۶- زمان دقیق تغییر سرعت مجاز بر روی تابلوها ثبت می‌شود.

۷- دارای قابلیت کار با برق ۲۶۰-۱۸۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز و دارای حفاظت‌های لازم در برابر تغییرات ولتاژ و جریان و شوک‌های الکتریکی است.

۸- مجهز به سیستم نگهدارنده جهت جلوگیری از وقفه کار

دستگاه می‌باشد.

۹- دارای نوردهی ۴۵۰۰ mcd برای هر LED و طول عمر بیش از ۱۰۰ هزار ساعت است.

تابلوهای سرعت متغیر اولین بار در حدود ۳۰ سال پیش در آلمان نصب شدند که به صورت دستی کنترل می‌شد [۵] و امروزه در بسیاری از کشورهای اروپایی مانند فنلاند، فرانسه، انگلستان و... به کار می‌رود و نصب این تابلوها اخیراً (حدود سه سال پیش) در محور راه‌های ایران آغاز شده است. به نظر می‌رسد در صورتی که نصب این تابلوها هدفمند و به صورت علمی انجام گیرد و آگاهی عمومی نیز جهت آشنایی توسط رسانه‌ها و مراجع ذیصلاح صورت گیرد، می‌تواند دارای مزیت‌های بسیار خوبی، به شرح زیر باشد: [۶]

۱- میانگین سرعت و تصادفات رانندگی را کاهش می‌دهد.

۲- تخلفات رانندگی ناشی از سرعت غیرمجاز را کاهش می‌دهد.

۳- در محیط‌های متراکم می‌تواند جریان‌های ترافیکی را آرام کند.

۴- از ترمز زدن‌های مداوم جلوگیری می‌کند.

یقیناً القای این تصور که سرعت مجاز در مکان‌ها و زمان‌های مختلف تابع شرایط اقلیمی و جوی و سایر عوامل محیطی می‌باشد، به همراه فرهنگ‌سازی می‌تواند به ایجاد رانندگی ایمن و بی‌خطر منجر گردد. برای ارزیابی عملکرد تابلوهای سرعت متغیر نیاز به داشتن مدلی از تصادفات برحسب شرایط محیطی، هندسی راه و حجم تردد است که با ساخت این مدل عملکرد این علائم بررسی شده است.

## ۳- پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی در مورد ارزیابی علائم سرعت متغیر در کشورهای مختلف صورت گرفته است. به طور کلی متغیرهایی که در جهت مطالعه بر روی عملکرد علائم سرعت متغیر انتخاب شده‌اند، شامل حجم ترافیک روزانه، سرعت مجاز، تعداد تقاطع، تعداد قوس و تعداد تصادفات می‌باشند. در ذیل به بعضی از این مطالعات به طور اختصار اشاره شده است:

در سال ۱۹۹۴، اسمولدر<sup>۴</sup>، در تحقیق خود که در زمینه علائم سرعت متغیر انجام داد، متغیرهای حجم ترافیک، ظرفیت راه، و سرعت را در مطالعه خود در نظر گرفت [۷]. هدف اسمولدر، به دست آوردن سرعتی مناسب، مابین ۷۰ تا ۹۰ کیلومتر بر ساعت در زمان‌های اوج ترافیک بوده است. تحقیقات او نشان داد که با تنظیم سرعت مناسب، تغییر حجم ترافیک بین خطوط کمتر شده و میانگین سرعت در میان خطوط کاهش یافته است.

گدوین<sup>۵</sup> در سال ۱۹۹۶ در مطالعه خود در جهت تعیین نقش سرعت مجاز در میزان تلفات از یک مدل رگرسیون خطی استفاده کرد. در مدل گدوین که مطابق رابطه (۱) است، اثر ۱۶ تغییر سرعت مجاز بین شهری بر ایمنی در ده کشور بررسی شده است [۸].

$$F = 0.07 + 0.0716 p \quad (1)$$

$F$  = درصد تغییر در میزان تلفات

$$P = \text{تغییر در سرعت مجاز بین شهری} \left(\frac{km}{h}\right)$$

در رابطه‌ی (۱) نشان داده است که کاهش سرعت مجاز بین شهری از ۱۰۰ به ۹۰ کیلومتر بر ساعت، میزان تلفات را به میزان ۱۴/۲ درصد کاهش می‌دهد.

براون<sup>۶</sup> در سال ۱۹۹۷ در تحقیق خود تحت عنوان اثر محدودیت سرعت بر تصادفات جاده‌ای، مدل دقیق‌تری ارائه داد [۸]. در مدل براون به جای متغیر درصد تغییر سرعت مجاز، از خود متغیر سرعت مجاز استفاده شده است. در این مطالعه میزان تلفات در ۱۲ کشور صنعتی غربی، با سرعت مجاز شهری و بین شهری به صورت یک مدل رگرسیون خطی حاصل شده که به صورت رابطه (۲) است:

$$F = 0.14321 \cdot u_T + 0.02788 \cdot E_x - 0.47 \quad (2)$$

$F$  = میزان تلفات  $\left(\frac{\text{تلفات}}{10^4 \text{ veh.km}}\right)$

$u_T$  = سرعت مجاز بین شهری  $\left(\frac{km}{h}\right)$

$E_x$  = سرعت مجاز شهری

مزیت مدل براون نسبت به مدل گدوین آن است که برای تمام محدوده‌های سرعت قابل استفاده بوده، اگر چه در مدل رابطه (۲) حجم تردد در نظر گرفته نشده است.

در سال ۲۰۰۱ نیلسون<sup>۷</sup> در مطالعه خود اثرات تغییر سرعت را در تغییر میزان تصادفات بررسی کرد. رابطه نیلسون مطابق رابطه (۳) بوده است:

$$\text{تصادفات بعد از تغییر سرعت} = \left[\frac{va}{vb}\right] \times \text{میزان تصادفات قبل از تغییر سرعت} = \text{میزان تصادفات بعد از تغییر سرعت} \quad (3)$$

نیلسون<sup>۷</sup> دریافت که اگر میانگین و میانه سرعت از مقدار  $vb$  به مقدار  $va$  تغییر کند رابطه (۳) میزان تصادفات را قبل و بعد از تغییر سرعت برآورد می‌کند. به نظر می‌رسد رابطه (۳) رابطه‌ای مناسب در جهت ارزیابی علائم سرعت متغیر می‌باشد، اگر چه در این رابطه اثر تغییر حجم تردد و یا شرایط هندسی راه و شرایط جوی در نظر گرفته نشده است.

در سال ۲۰۰۵ داهه هونگ<sup>۸</sup> جهت ارزیابی علائم سرعت متغیر نصب شده در تقاطع‌های از یک مدل رگرسیون استفاده نمود که توسط داده‌های تصادفات قبل و بعد از نصب علائم سرعت متغیر ساخته شده است [۹]. شکل کلی رابطه مطابق معادله (۴) است:

$$y = a + bx_1 \quad (4)$$

$a, b$  = پارامترهای رگرسیون

$x_1$  = تعداد تقاطعات در کیلومتر

داهه هونگ با استفاده از داده‌های تصادفات مربوط به قبل و بعد از نصب علائم سرعت متغیر به ترتیب به روابط ۵ و ۶ دست یافت:

$$y = 0.920 + 0.135 x_1 \quad (5)$$

$$y = 0.729 + 0.1757 x_1 \quad (6)$$

با مقایسه روابط ۵ و ۶ مشخص شد که ضرایب ثابت و متغیر

بعد از نصب علائم سرعت متغیر تغییر کرده و میزان تصادفات در تقاطعات ۲۵ درصد کاهش نشان داده است.

در سال ۲۰۰۷ گانرلیند با استفاده از مدلی که بر اساس رگرسیون پواسون ساخت، نقش علائم سرعت متغیر را بررسی کرد [۱۰]. مدل گانرلیند<sup>۹</sup> مطابق رابطه (۷) است:

$$KSI = SR \cdot a \cdot Q_t^b \left(\frac{Q_s}{Q_t}\right)^c \quad (7)$$

$KSI$  = تعداد کشته‌ها و آسیب دیده‌ها در طول سال در یک تقاطع

$SR$  = شدت میزان تصادفات

$a, b, c$  = پارامترهای رگرسیون

$Q_s$  = میانگین ترافیک روزانه

$Q_t$  = میانگین ترافیک روزانه از جاده نوعی منتهی به تقاطع

نتایج تحقیقات گانرلیند نشان داد که قبل از نصب تابلوهای سرعت متغیر میزان  $KSI$  برابر با ۰/۸۱۳ بوده و بعد از نصب تابلوهای سرعت متغیر این مقدار به ۰/۷۵ رسیده است، که نشان دهنده‌ی بالا رفتن ارتقای ایمنی با استفاده از علائم سرعت متغیر بوده است.

#### ۴ - ساختار مفهومی مدل

ساختار مدل بدین نحو شکل گرفته که با مطالعات عوامل تأثیرگذار بر تغییر سرعت مجاز در تابلوهای سرعت متغیر پارامترهای دخیل در میزان تصادفات شناسایی شده و سپس اطلاعات شامل خصوصیات هندسی راه، خصوصیات جریان، حجم ترافیک، شرایط محیط راه، شرایط آب و هوایی و گزارش‌های تصادفات محورهای مورد مطالعه جمع‌آوری شده است. به منظور پردازش اطلاعات و تعیین همبستگی میان انواع تصادفات و عوامل موثر، با استفاده از روش برازش، شکل‌های مختلف توابع برای پیش‌بینی تصادفات بررسی و ارزیابی شده و سپس با سنجش کمیت‌ها و آزمون‌هایی که برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود، اعتبارسنجی کل مدل و پارامترهای به کار رفته به عنوان متغیرهای مستقل انجام شد و در نهایت شکل مناسب مدل پیشنهاد شد. یکی از ویژگی‌های بارز این مدل در مقایسه با سایر مدل‌های تصادفات آن است که پارامترهای موثر در مدل تبه طور کامل مربوط به عملکرد تابلوهای سرعت متغیر هستند.

#### ۵ - انتخاب متغیرهای موثر در مدل

با توجه به هدف تحقیق که ارزیابی تابلوهای سرعت متغیر در ارتقای ایمنی راه‌های کشور است، نیاز به یک مدل مناسب از میزان تصادفات و یا تلفات بر حسب عوامل تأثیرگذار بر سرعت، از جمله شرایط محیطی، عوامل هندسی راه، تردد و خود سرعت مجاز می‌باشد، چرا که ویژگی تابلوهای سرعت متغیر آن است که سرعت را بر حسب تردد، عوامل هندسی راه (نزدیکی به قوس، شیب‌های تند) و شرایط آب و هوایی (روزهای بارانی، شدت بارندگی) تغییر می‌دهند، بنابراین متغیرهای تحقیق با توجه به نحوه‌ی عملکرد علائم سرعت متغیر به صورت زیر انتخاب گردیدند:

۱ - تعداد قوس افقی ( $N_{HC}$ ): قوس‌های افقی جزو المان‌های

شده، که مسأله پراکندگی زیاد داده‌ها و عدم معادل بودن واریانس و میانگین پیش می‌آید، مدل نهایی توسط مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی ساخته شده است. به طور کلی مدل‌های تصادفات که توسط رگرسیون دو جمله‌ای منفی ساخته شده‌اند به صورت رابطه (۸) می‌باشند [۱۱].

(۸)

$\ln(Y) = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5 + \dots + b_n X_n$   
با توجه به مباحث ذکر شده شکل کلی مدل در این تحقیق مطابق رابطه‌ی (۹) است.

(۹)

$$\ln(NA) = a + b_1 N_{HC} + b_2 N_{VC} + b_3 M_S + b_4 N_{RD} + b_5 M_{RD} + b_6 ADT + b_7 V_{pls}$$

NA = تعداد تصادفات  
a = پارامتر ثابت  
 $N_{HC}$  = تعداد قوس افقی  
 $N_{VC}$  = تعداد قوس قائم  
 $M_S$  = حداکثر شیب راه  
 $N_{RD}$  = تعداد روزهای بارانی  
 $M_{RD}$  = حداکثر بارندگی روزانه  
ADT = متوسط حجم تردد روزانه (Veh/km)  
Vpls = سرعت مجاز (km/h)

## ۷- روند مدل سازی

در ابتدا متغیرهایی که دارای رابطه خطی شدید با یکدیگر هستند توسط آزمون همبستگی پیرسون<sup>۱۱</sup> کنار گذاشته شده و متغیرهای موثرتر انتخاب می‌گردند، سپس از مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی برای تجزیه و تحلیل داده‌های تصادفات در جهت ارزیابی تابلوهای سرعت متغیر، به کمک نرم افزار آماری SPSS<sup>۱۲</sup> استفاده شده است.

در نهایت نتایج حاصل از این مدل مورد بحث و بررسی قرار گرفته و از آن به عنوان ابزاری در جهت ارزیابی علائم سرعت متغیر استفاده شده است. لازم به ذکر است که حوزه مورد مطالعه در ساخت مدل نهایی در این تحقیق محور هراز بوده که طبق آمار سال ۱۳۸۰ این محور هفتمین محور خطرناک از لحاظ وقوع تصادفات می‌باشد [۱۲].

### ۱.۷- حذف متغیرهای ناکارآمد توسط آزمون همبستگی

با توجه به جدول (۱)، متغیر تعداد قوس قائم به دلیل وابستگی به سایر متغیرها در مدل دخالت داده نشده و حذف شده است.

### ۲.۷- مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی

متغیر وابسته تعداد تصادفات ماهیانه می‌باشد. نتایج حاصل از برآزش این مدل با داده‌های مذکور در جدول (۲) آمده است. این جدول شامل متغیرهای مدل، ضرایب، آماره  $p$ -value،  $Z$  است. با توجه به جدول (۲) خواهیم داشت:

- ضریب پراکندگی  $\alpha = (0.276)$  به دست آمده که

مهم جاده‌ای است. براساس آمار و اطلاعات، نرخ تصادفات در قوس‌ها در حدود ۳ برابر بیشتر از نرخ تصادفات در سایر نقاط جاده‌ای است که علت اصلی این تصادفات ناشی از، عدم کنترل وسیله نقلیه، انحراف اتومبیل از مسیر جاده و برخورد با اشیای ثابت کنار جاده به علت سرعت غیر مجاز و نامناسب بودن آن است که استفاده از تابلوهای سرعت متغیر این هشدار را به راننده می‌دهد که در هنگام رسیدن به این نقاط حادثه‌خیز سرعت خود را کاهش داده و با سرعت مناسب از قوس‌ها عبور کند. این متغیر به صورت تعداد قوس‌های افقی در واحد کیلومتر در مدل دخالت داده شده است.

۲ - تعداد قوس قائم ( $N_{VC}$ ): مهم‌ترین مسأله‌ای که در قوس‌های قائم حائز اهمیت است، مسأله فاصله دید می‌باشد. این مسأله به خصوص در قوس‌های قائم محدب در هنگام سبقت اهمیت زیادی پیدا می‌کند و در هر بخش از قوس که این فاصله تأمین نشود باید آن منطقه را سبقت ممنوع اعلام کرد. این متغیر به صورت تعداد قوس قائم در واحد کیلومتر در مدل دخالت داده شده است.

۳ - حداکثر شیب راه ( $M_S$ ): این متغیر از پارامترهای مربوط به شرایط جاده است که نقش مهمی در وقوع تصادفات دارد، به خصوص در شیب‌های بیش از ۶ درصد که نرخ تصادفات بسیار بیشتر است. نصب تابلوهای سرعت متغیر به ویژه در سرازیری‌های جاده‌ای باعث می‌شود که سرعت مجاز با توجه به مسافت لازم جهت ترمزگیری تنظیم شده و باعث کاهش تصادفات گردند.

۴ - تعداد روزهای بارانی ( $N_{RD}$ ): این متغیر بیانگر تاثیراتی از قبیل مواجه شدن با روسازی خیس و دید کم خواهد بود و نیز باعث کاهش اصطکاک در اثر خیس شدن روسازی می‌شود.

۵ - حداکثر میزان بارندگی روزانه در ماه ( $M_{RD}$ ): این متغیر علاوه بر تأثیر شدت بارندگی و پدیده لغزش روی سطح آب، تأثیرات کاهش دید و شرایط روسازی را نیز در بر می‌گیرد.

۶ - حجم تردد ترافیک روزانه (ADT): این متغیر یکی از متغیرهای اساسی بوده که نقش عوامل انسانی و وسیله نقلیه و اثرهای مشترک این دو را در بر می‌گیرد. بدیهی است که تا ترددی در یک مسیر هر چند نا امن انجام نشود تصادفی روی نخواهد داد.

۷ - سرعت مجاز ( $V_{pls}$ ): این متغیر مهم‌ترین پارامتر لازم در جهت ارزیابی علائم سرعت متغیر بوده، چرا که علائم سرعت متغیر در شرایط خاص محیطی و راه و همچنین حجم تردد، سرعت مجاز را تغییر می‌دهند. ضریب به دست آمده از این متغیر در مدل نهایی کمک بسیار زیادی در جهت ارزیابی علائم سرعت متغیر خواهد نمود.

۸ - تعداد تصادفات ماهیانه (NA): این پارامتر به عنوان متغیر وابسته در مدل دخالت داده شده است.

## ۶- شکل کلی مدل

به علت رد شدن مدل رگرسیون خطی به دلیل پراکندگی زیاد و نرمال نبودن داده‌ها و نیز بدلیل نامناسب بودن مدل پواسون که توسط آزمون‌های این مدل بویژه آزمون کی دو (کای اسکوئر) تأیید

11- Correlation Pierson

12 - Statistical Package of Social Science

10-Posted Limit Speed



جدول (۱): ماتریس همبستگی متغیرهای محدوده مورد مطالعه

سرعت مجاز	متوسط حجم تردد روزانه	حداکثر بارندگی روزانه در ماه	تعداد روزهای بارانی	حداکثر شیب	تعداد قوس قائم	تعداد قوس افقی	
						۱/۰۰۰	تعداد قوس افقی
					۱/۰۰۰	۰/۶۸۲۱	تعداد قوس قائم
				۱/۰۰۰	۰/۶۵۱۴	۰/۴۷۰۵	حداکثر شیب
			۱/۰۰۰	-۰/۴۱۹۵	-۰/۳۲۴۸	-۰/۱۶۵۸	تعداد روزهای بارانی
		۱/۰۰۰	۰/۴۲۶۳	-۰/۴۱۰۷	۰/۲۵۱۷	۰/۰۹۴۸	حداکثر بارندگی روزانه در ماه
	۱/۰۰۰	-۰/۴۲۳۶	-۰/۳۲۵۱	۰/۴۹۴۲	۰/۵۳۷۸	۰/۴۱۲۶	متوسط حجم تردد روزانه
۱/۰۰۰	۰/۴۴۲۵	-۰/۰۰۸۹	-۰/۰۱۵۳	۰/۱۸۲۱	۰/۳۰۶۶	۰/۲۱۳۸	سرعت مجاز

جدول (۲): نتایج برازش مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی

p-value	آماره t	ضریب برآورد شده (B)	متغیر
۰/۰۰۰	۱۵/۷۲۰	۲/۱۰۲	ثابت مدل
۰/۰۰۰	-۹/۳۱۷	-۰/۳۴۶	تعداد قوس افقی به ازای طول راه ( $N_{HC}$ )
۰/۰۱۵	۳/۳۲۷	۰/۱۰۹	حداکثر شیب طولی مقطع ( $M_S$ )
۰/۰۰۰	۴/۱۱۵	۰/۰۱۱	تعداد روزهای بارانی ماهیانه ( $N_{RD}$ )
۰/۰۰۱	۱/۷۲۳	۰/۰۴۷	حداکثر بارندگی روزانه در ماه (۱) اگر بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد (۰) در غیر این صورت ( $M_{RD}$ )
۰/۰۰۰	۳/۲۵۹	۰/۰۱۳	متوسط حجم تردد روزانه (ADT)
۰/۰۰۲	۲/۱۶۴	۰/۰۱۰	سرعت مجاز $V_{pls}$
۰/۰۰۰	-۹/۶۴۱	۰/۲۷۶	(ضریب پراکندگی) $\alpha$

۱۴۴	تعداد مشاهدات
-۱۲۸۳/۷۲۱	لگاریتم درست نمایی مدل در صفر ( $L(0)$ )
-۱۱۹۰/۳۲۷	لگاریتم درست نمایی مدل مورد بررسی ( $L(\beta)$ )

(۱۰)

$$\ln(NA) = 2/102 - 0/346N_{HC} + 0/109M_S + 0/111N_{RD} + 0/027M_{RD} + 0/013ADT + 0/10V_{pls}$$

$NA$  = تعداد تصادفات

$N_{HC}$  = تعداد قوس افقی

$M_S$  = حداکثر شیب راه

$N_{RD}$  = تعداد روزهای بارانی

$M_{RD}$  = حداکثر بارندگی روزانه در ماه

ADT = متوسط حجم تردد روزانه (Veh/km)

$V_{pls}$  = سرعت مجاز (km/h)

نشان‌دهنده پراکندگی زیاد داده‌هاست و بیانگر عدم توزیع پواسون داده‌ها می‌باشد.

-آزمون نسبت درست نمایی ( $L_R$ ) ( $\chi^2(6) = 1109/538$ )

بیانگر برازش مناسب مدل دو جمله‌ای منفی و نامناسب بودن مدل پواسون بر داده‌های مزبور می‌باشد. (P-values=0)

مقدار  $\rho(0.1)$  برای مدل نشان‌دهنده برازش خوب بر داده‌ها می‌باشد.

بنابراین شکل کلی مدل دو جمله‌ای منفی در این تحقیق مطابق رابطه (۱۰) است:

شد (اطلاعات ماه‌های دی و بهمن). در بخش سوم علائم سرعت متغیر در هنگامی که هم حجم تردد زیاد بوده و هم شرایط جوی نامساعد است (اطلاعات ماه‌های فروردین، آبان، اسفند) مورد ارزیابی قرار گرفته و سرانجام در بخش چهارم، عملکرد علائم سرعت متغیر در کاهش میزان تصادفات، با توجه به ویژگی‌های هندسی راه (اطلاعات ماه‌های مهر و اردیبهشت) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که تعداد کل تصادفات با نصب علائم سرعت متغیر در هوای نامطلوب و بارانی حدود ۱۰ درصد به ازای کاهش ۱۰ کیلومتر بر ساعت مجاز، کاهش یافته است. همچنین تعداد کل تصادفات با نصب علائم سرعت متغیر در هوای بارانی و با حجم تردد زیاد به علت کاهش سرعت مجاز تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت حدود ۱۸ درصد کاهش نشان داده است.

## ۹ - مراجع

۱ - تن‌زاده، جواد، ۱۳۸۷، طرح هندسی و ایمنی راه، انتشارات صانعی، چاپ

اول

2- Variable speed limit signs Effects on Speed Propred for Utah Departments 2003

3- <http://transportation.northwester.edu/research/abstract/Aassessmentofvariablespeedlimit>

۴ - بر اساس اطلاعات دفتر علائم، تجهیزات ایمنی و حریم راه‌ها،

سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای

5- <http://en.wikipedia.org/wiki/speed-limit>

6-Poch M.and Mannering F."Negative Binomial Analysis of Intersection- Accident Frequencis,'Journal of transportation Engineering, 122(2), 1996,pp.105-113.

7- Smulders, S. Control of Freeway Traffic Flow by Variable Speed Signs. Transportation Research, Vol. 24B, 1990, pp. 111-132.

8- Fieldwick, F, Brown, R.J,"The Effect of speed Limits on Road casualties". Traffic Engineering+control, pp.635-639, December 1997.

9- Dahee Hong, development of traffic accident prediction models by traffic and road characteristcs in urban AREAS for evaluation of variable speed limit, 2005.

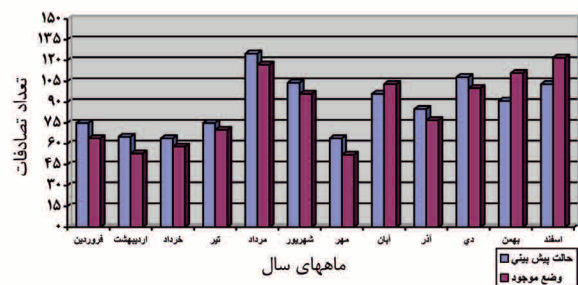
10- Lind G.. and Lindqvist Eferkalky 1 Halland (Cost - Benefit analysis E6 Halland). Vagverket and movea trafikonsult. Proceedings of the 1999 Rural Advanced Technology & Transportation systems conference, Flagstaff, AZ, (2007).

11- Eenink, Rob. And Reurings Martine "Accident Prediction Models and Road Safety Impact Assessment, January 2005.

۱۲ - مخبر، مهدی، مرداد ۱۳۷۸، مدل تحلیل تصادفات برحسب

شرایط محیطی در راه‌های شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد

نتایج حاصل از مدل رابطه (۱۰) جهت ارزیابی عملکرد علائم سرعت متغیر با در نظر گرفتن شرایط محیطی، آب و هوایی و وضعیت هندسی راه قابل کاربرد است. برای این که ببینیم در هنگام ساختن مدل چه متغیری بیشترین اعتبار را به مدل می‌بخشد در نرم افزار و در هنگام ساختن مدل، کار از مدلی شروع شده که فقط مقدار ثابت دارد و در هر قدم متغیری به مدل اضافه می‌شود که بیشترین تغییر را در  $R^2$  ایجاد می‌کند. نتایج استفاده از این روش نشان داد که متغیر میزان تعداد قوس افقی ( $N_{HC}$ ) و حداکثر شیب مقطع ( $M_S$ ) و حداکثر بارندگی روزانه در ماه ( $M_{RD}$ ) به ترتیب بیشترین نقش را در میزان تصادفات داشته‌اند. متغیر ( $N_{HC}$ ) در جهت کاهش تصادفات و متغیرهای ( $M_S$ ) و ( $M_{RD}$ ) در جهت افزایش تصادفات عمل می‌کنند.



شکل ۱: مقایسه و اعتبار سنجی تعداد تصادفات پیش‌بینی شده و مشاهده شده در سال ۱۳۸۸ و به تفکیک ماه

## ۸ - نتیجه‌گیری

از مدل رابطه‌ی (۱۰) که به عنوان مدل نهایی در این پژوهش انتخاب گردید، به عنوان ابزاری در جهت ارزیابی علائم سرعت متغیر استفاده شده است. مدل رابطه‌ی (۱۰) دارای یک متغیر مستقل سرعت مجاز است که مستقیماً با عملکرد علائم سرعت متغیر ارتباط دارد، و نیز دارای دو متغیر مستقل مربوط به شرایط جوی و دو متغیر مربوط به شرایط هندسی راه و نیز یک متغیر حجم تردد است که به طور غیرمستقیم با نحوه‌ی عملکرد علائم سرعت متغیر ارتباط دارد. همان‌طور که در بخش‌های گذشته ذکر گردید، علائم سرعت متغیر، سرعت مجاز را به علت بارش باران، تغییر در حجم تردد در طول محور و نیز نقاط حادثه‌خیز نظیر قوس و یا شیب‌های تند تغییر می‌دهند، بنابراین با استفاده از مدل رابطه‌ی (۱۰) پیش‌بینی تعداد تصادفات بعد از تغییر سرعت در مواجهه با شرایط مختلف آب و هوایی و هندسی راه و حجم تردد پس از نصب تابلوهای سرعت متغیر صورت گرفته و نتایج آن با ارقام واقعی تصادفات مربوط به سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ که در این سال‌ها، علائم سرعت متغیر نصب گردیدند، مقایسه گردیده است. عملکرد علائم سرعت متغیر در ۴ بخش بررسی شده است: بخش اول مربوط به عملکرد علائم سرعت متغیر در کاهش میزان سرعت مجاز در هنگامی که حجم تردد زیاد می‌شود، خواهد بود (اطلاعات ماه‌های مرداد و شهریور). در بخش دوم به ارزیابی علائم سرعت متغیر در روزهای بارانی (شرایط جوی نامطلوب) پرداخته