

مدیریت ترافیک و اعمال بهتر قوانین با استفاده از تابلوهای سرعت مجاز متغیر Variable Speed Limit (VSL)

- غلامعلی بهزادی^۱، رضا بهزاد^۲، محمدزمان حسن پور^۳، حمید بابائی دهکردی^۴
- ۱- استادیار گروه مهندسی عمران- برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه شمال، آمل، ایران
 - ۲- دانشجوی دکترا برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت، ایران
 - ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه شمال، آمل، ایران
 - ۴- کارشناس ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه شمال، آمل، ایران

چکیده :

هدف از سیستم محدودیت متغیر سرعت، اطلاع رسانی به رانندگان از سرعت قابل قبول و ایمن برای شرایط سفر با توجه به تغییرات ایجاد شده ترافیکی یا شرایط محیطی در طول مسیر است. سرعت های مجاز تعیین شده بر اساس شرایط نرمال ترافیک و شرایط محیطی مشخص است، ولی شرایط جاده ممکن است دارای شرایط نامناسب تر از نرمال باشد، لذا حرکت راننده با سرعت مجاز ثابت تعیین شده در شرایط غیرعادی ممکن است خطراتی به دنبال داشته باشد. بنابراین اعلام سرعت متغیر در چنین شرایطی می تواند سبب انتخاب عکس العمل مناسب توسط راننده و در نهایت سبب افزایش ایمنی مسیر گردد. سیستم محدودیت سرعت متغیر (VSL) به تعیین سرعت مجاز بر اساس شرایط لحظه ای جاده می پردازد. البته این سرعت مجاز متغیر میتواند به صورت اخباری و یا به صورت قوانین راهنمایی و رانندگی و به صورت اعمال قانون باشد. در این مقاله به بررسی شرایط جاده و عوامل موثر در تعیین سرعت مجاز متغیر و تعیین محل استقرار (مکان استقرار) VSL و مدیریت راه به کمک آن در زمان های مختلف بر حسب شرایط، پرداخته می شود. نتایج مطالعات بیانگر آن است که محدودیت سرعت متغیر به عواملی از جاده که در طول زمان متغیر است، بستگی دارد. شرایط ترافیکی، محیطی یا جوی، دید و تابع خطرات تصادف از مهمترین عوامل موثر تعیین محدودیت سرعت است. علاوه بر آن محدودیت سرعت متغیر زمانی مفیدتر و موثرتر خواهد بود که عوامل تاثیرگذار مناسب و محل استقرار صحیح برای آن در نظر گرفته شود و نیز میتوان آن را به صورت اخباری و هشدار و یا به صورت اعمال قانون بیان کرد. البته با توجه به بررسی اثرات می توان به این

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، ۰۹۱۱۲۱۵۶۱۳، ga.behzadi@yahoo.com

۲- دانشجوی دکترا، ۰۹۱۱۲۲۱۹۵۹۱، rz_behzad@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، ۰۹۳۵۹۵۴۴۵۵۴، mohamadzhasanpor@yahoo.com

۴- کارشناس ارشد، ۰۹۱۳۱۸۴۰۵۰۱، hamid_67b@yahoo.com





نتیجه رسید که اگر به صورت اعمال قانون باشد بازدهی بیشتری نسبت به زمانی که به صورت اخباری بیان شود دارد .

کلمات کلیدی: محدودیت سرعت متغیر، شرایط محیطی، شرایط ترافیکی، ایمنی، استقرار



۱ - مقدمه :

پیشرفت فن آوری اطلاعات و سیستم های ارتباطی در سراسر جهان، زندگی مردم را تحت تاثیر قرار داده است. مردم مدرن که در شهرها زندگی می کنند نمی توانند بدون سیستم های حمل و نقل مانند اتومبیل، قطار، هواپیما، و غیره زندگی کنند. افزایش استفاده از خودرو باعث ترافیک در جاده ها و در نتیجه افزایش زمان سفر، تصادفات و... می شود. برای پرداختن به این مشکلات، روش های فیزیکی، مانند گسترش جاده ها پیشنهاد شده است، که این روش دارای هزینه های زیاد و محدودیت های فیزیکی می باشد. تازگی، سیستم حمل و نقل هوشمند (ITS)^۵ برای حل مشکلات موجود فیزیکی معرفی شده است. اهداف آن به ارائه هزینه کم، بازده بالا سیستم ترافیک و همچنین به منظور افزایش ایمنی ترافیک و کاهش تراکم در زمان های مختلف در جاده ها می باشد.

۲ - ادبیات و گذشته تحقیق :

محدودیت سرعت متغیر (VSL) ، یکی از فن آوری های ITS است، که با توجه به شرایط ترافیک و محیط اطراف جاده می تواند تا حد زیادی باعث افزایش ایمنی شود. سیستم VSL از ایستگاه هایی که متشکل از سیستم های پویای نمایش اطلاعات ترافیک و سنسورهای سنجش شرایط ترافیک و آب و هوا می باشند تشکیل شده است. به عنوان مثال، هنگامی که باران یا برف میبارد باعث تشدید ترافیک می شود، VSL یک حد مجاز سرعت متناسب با توجه به شرایط جاده ، حوادث و یا هجوم ناگهانی وسایل نقلیه ، تراکم ترافیک که در بزرگراه اتفاق می افتد را به رانندگان اطلاع دهد. VSL می تواند با کنترل سرعت وسایل نقلیه در ورود به این شرایط، افزایش ایمنی و کاهش تراکم ترافیک را ایجاد کند

تحقیقات سازمان حمل و نقل آمریکا نشان داده است که محدودیت های سرعت متغیر، سیستمی موفق در مهندسی ترافیک برای مدیریت شرایط ترافیک، در طول گرفتگی، حوادث، ساخت و ساز جاده، و آب و هوای نامساعد است [۱]. VSL در تعدادی از کشورها در سراسر جهان ، در جهت بهبود ایمنی و بهره وری ترافیک در شبکه جاده اجرا شده است.

در کلرادو، یک سیستم محدودیت متغیر سرعت در طول تونل آیزنهاور در غرب دنور در سال ۱۹۹۵ انجام شد. این سیستم به منظور بهبود ایمنی کامیون با نشان دادن سرعت وسیله نقلیه خاص طراحی

5 - Intelligent Transportation Systems

6 - Variable Speed Limit



شده است. این سیستم متشکل از سنسور وزن، سنسور حرکت، حسگرهای حلقه ای است. پس از اجرای سیستم، در بخش سراسیبی، حتی با افزایش حجم کامیون حوادث مرتبط با کامیون کاهش یافته است [1].

سیستم VSL در طول ۱۸ کیلومتر (۱۱ مایل) از اتوبان در مونیخ، آلمان، اجرا شد. این سیستم در ابتدا برای بهبود ایمنی ایجاد گردید [۳]. اما اثرات سیستم VSL در پارامترهای مهم دیگر نیز مورد بررسی قرار گرفت. سیستم نمایش سرعت بر اساس سه استراتژی کنترل: تشخیص حادثه، هماهنگ سازی جریان و شرایط آب و هوا بود. بویس^۷ و همکاران (۲۰۰۶)، بعد از بررسی دریافتند، هنگامی که محدودیت سرعت قبل از افزایش تراکم به صورت هشدار دهنده به رانندگان نمایش داده شد جریان نسبت به حالت بدون محدودیت روان تر شد [2].

وزارت امور حمل و نقل در واشنگتن (WSDOT)^۸، سیستم محدودیت سرعت متغیر در جاده بوئینگ، واقع در سیاتل را نصب کرد. این سیستم در ماه اوت سال ۲۰۱۰ فعال شد. تابلوها از ویژگی های صفحه نمایش منحصر به فرد برای هر خط و هشدار نزدیک شدن به بستن بودن خط و ترافیک بعد از برخورد بود. این پروژه به منظور کاهش تعداد برخورد ناشی از ازدحام است. محدوده حد مجاز از ۴۰ مایل بر ساعت تا ۶۰ مایل در ساعت بر اساس داده های سرعت و حجم نمایش داده شده است [3].

با این حال، در تمام کشورها از VSL استفاده محدودی شده است و همچنین بررسی کمی مربوط به مزایا و نحوه الگوریتم مناسب تعیین سرعت مجاز متغیر و مکان استقرار آن، انجام شده است، که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

۳- بیان مسئله و اهداف تحقیق :

در کشور ایران پرکاربردترین و متداولترین نوع حمل و نقل، حمل و نقل جاده ای است که با توجه به آمارها، دارای بیشترین میزان مرگ و میر و تلفات می باشد. وقوع هر تصادف، معلول سه عامل اصلی وسیله نقلیه، انسان و راه است. سرعت وسایل نقلیه به عنوان یکی از مهم ترین عوامل بروز تصادفات منجر به جرح یا فوت به شمار می آید. آمارها نشان می دهد سی تا چهل درصد کشته ها یا

7 - Boice

8 - Washington State Department of Transportation



مجروحان در اثر عامل سرعت دچار سانحه شده اند و مهم ترین مشکل سرعت زیاد، افزایش فواصل تصمیم گیری و توقف است [4]، به همین دلیل تعیین سرعت مجاز مناسب، یکی از بهترین راهکارها برای کنترل سرعت و افزایش ایمنی در جاده ها می باشد.

محدودیت های سرعت متغیر ابزاری برای مدیریت کنترل ترافیک جاده ها مطرح می باشند. هدف استفاده از VSL، بالا بردن ظرفیت در بزرگراه ها و بهبود پارامترهای ترافیکی در زمان های مختلف است. مزایای متعددی برای استفاده از VSL در ایمنی ترافیک وجود دارد مانند زمانی که تصادف و یا ترافیک ناگهانی در جلوتر مسیر اتفاق افتاده، که VSL با کاهش سرعت، باعث کاهش تصادفات ثانویه خواهد شد. اجرای VSL در مناطق مختلف می تواند باعث کاهش خطای راننده، سرعت بیش از حد و اختلاف سرعت بین اتومبیل ها به منظور افزایش ایمنی گردد.

هدف از سیستم محدودیت سرعت برای اطلاع رسانی به رانندگان از سرعت قابل قبول و ایمن برای شرایط سفر است. با این حال سرعت های مجاز تعیین شده بر اساس شرایط ایده آل است، اما ممکن است شرایط جاده کمتر از شرایط ایده آل، مانند زمان های که بارندگی و یخ زدگی و یا شرایط مختلفی از لحاظ ترافیکی مانند روزهای تعطیل در جاده های تفریحی یا ساعت های اوج مختلف در شبانه روز، را دارا باشد. سیستم محدودیت سرعت متغیر (VSL) به تعیین سرعت مجاز بر اساس شرایط لحظه ای جاده می پردازد. در این مقاله به بررسی شرایط جاده و عوامل موثر در تعیین سرعت مجاز متغیر و تعیین محل استقرار (مکان استقرار) VSL پرداخته می شود. چون تعیین سرعت مجاز متغیر زمانی دارای کارایی می باشد که عوامل موثر بر آن و شرایط جاده شناسایی شود و در نهایت چگونگی مدیریت راه به کمک آن در زمان های مختلف بر حسب شرایط، پرداخته می شود.

۴- روش تحقیق و ارزیابی VSL :

در این مقاله با توجه به محدودیت های سرعت متغیر انجام شده و الگوریتم های VSL، عوامل موثر بر محدودیت سرعت متغیر مورد بررسی قرار می گیرد. با توجه به شرایط راه و عواملی که قبلاً برای سرعت مجاز ثابت در نظر گرفته می شد، عوامل متغیر، که تاثیر گذار بر محدودیت سرعت متغیر خواهد بود انتخاب می شود. که بر این اساس می توان VSL را به دو منظور کلی به کار برد ۱- برای شرایط مختلف آب و هوا ، ۲- برای شرایط ترافیکی. با این حال زمانی یک VSL موثرتر خواهد بود، که محل مناسبی برای استقرار و نوع اعمال آن در نظر گرفته شود. یعنی هدف از قرار گیری آن مشخص و شرایط استقرار آن با توجه به هدف، موجود باشد و منظور از نمایش آن نشان داده شود، که محل استقرار آن باید از لحاظ برخورد ، ازدحام یا تراکم و شرایط سطح جاده مورد بررسی قرار گیرد.



در نهایت هر VSL بر اساس ویژگی راه و نوع VSL انتخابی برای آن مقطع و محل استقرار مناسب آن انتخاب می‌شود. در نهایت چگونگی مدیریت راه به کمک آن در زمان‌های مختلف بر حسب شرایط و مکان به کارگیری، و در نهایت چگونگی بیان آن به صورت اخباری و یا اعمال قانون بیان می‌شود. در ادامه این عوامل و شرایط جاده و محل مناسب استقرار برای VSL بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱: پیاده سازی VSL در ایالات متحده آمریکا و اروپا

به طور خلاصه، VSL در مناطق متعدد در سراسر ایالات متحده و اروپا گسترده شده است. جدول ۴-۱ مروری بر سیستم‌های VSL در ایالات متحده آمریکا را نشان می‌دهد، در حالی که جدول ۴-۲، یک مرور کلی از این سیستم در اروپا و دیگر کشورها را نشان می‌دهد. بسیاری از سیستم‌های VSL در ایالات متحده برای رسیدگی به شرایط آب و هوایی نامطلوب اجرا شده است. ولی تعدادی از سیستم‌های اروپایی برای ایجاد جریان آرام و کاهش تراکم مربوط به تصادفات اجرا شد. مطالعات متعدد نشان داد با اجرای VSL انحراف استاندارد سرعت کاهش و همچنین مزایای ایمنی افزایش یافت. این سیستم نیز با استفاده از شرایط آب و هوا و جاده به منظور کاهش تصادفات و همگن کردن شرایط ترافیک اجرا شد.



جدول ۱: خلاصه ای از سیستم های اجرا شده VSL در آمریکا :

کشور	سال	الگوریتم VSL	هدف	اثرات مشاهده شده
کلرادو	۱۹۹۵	به طور خودکار بر اساس وزن کامیون، سرعت، و پیکربندی محور	بهبود ایمنی کامیون	کاهش حوادث کامیون در سراسری تند
واشنگتن	۱۹۹۷	محاسبه با استفاده از سرعت، داده های کنار جاده ای - نمایش توسط اپراتور	بهبود ایمنی	کاهش میانگین سرعت و افزایش انحراف استاندارد سرعت
آیزونا	۱۹۹۸	بر اساس یک کنترل کننده منطق فازی با توجه داده های جوی و شرایط سطح جاده و هوایی	بهبود ایمنی در شرایط نامساعد آب و هوایی	عدم دقت ذاتی در داده های ورودی به علت فازی بودن
نوادا	۲۰۰۰	با استفاده از درخت تصمیم ، بر اساس سرعت 85 درصد، دید، و شرایط کنار جاده	توجه به ازدحام	قابلیت اطمینان از دید سنسور محدود بود
فلوریدا	۲۰۰۹	محدودیت سرعت ۳۰ مایل در ساعت در ازدحام، سرعت ۴۰ مایل بر ساعت برای تراکم کم و ۵۰ مایل در ساعت برای جریان آزاد	بهبود ایمنی و ایجاد یک جریان ثابت	سرعت رانندگان با محدودیت سرعت مطابقت نداشت
سیاتل - واشنگتن	۲۰۰۹ - ۲۰۱۰	الگوریتم ناشناخته ، بر اساس تغییرات در سرعت متوسط و حجم	کاهش تصادفات و ازدحام	هیچ ارزیابی رسمی نشده است



جدول ۲: خلاصه ای از سیستم های اجرا شده VSL در اروپا:

کشور	سال	الگوریتم VSL	هدف	اثرات مشاهده شده
هلند	۱۹۹۱	اگر دید کمتر از ۱۴۰ متر باشد، حد مجاز سرعت از ۱۰۰ کیلومتر/ساعت به ۸۰ کیلومتر/ساعت کاهش می یابد و اگر دید کمتر از ۷۰ متر برسد، ۶۰ کیلومتر/ساعت کاهش می یابد	بهبود ایمنی در طول مه	میانگین سرعت حدود ۸ - ۱۰ کیلومتر/ساعت در شرایط مه کاهش یافت
هلند	۱۹۹۲	بر اساس میانگین ۱ دقیقه سرعت و حجم	کاهش خطر تصادفات، ازدحام	سرعت در تمام خطوط کاهش یافت
انگلیس	۱۹۹۵	محدودیت سرعت از ۷۰ مایل در ساعت تا ۶۰ مایل در ساعت کاهش میابد زمانی که حجم بیش از ۱۶۵۰ veh/h/ln و کاهش تا ۵۰ مایل در ساعت هنگامی که حجم بیش از ۲۰۵۰ veh/h/ln برسد	ایجاد ترافیک آرام	حوادث ۱۰-۱۵٪ کاهش یافت
فنلاند	۲۰۰۳	کاهش از ۱۰۰ به ۸۰ کیلومتر /ساعت در زمستان، از ۱۲۰ به ۱۰۰ کیلومتر /ساعت در تابستان	بهبود ایمنی، محدودیت سرعت اجباری	کاهش سرعت میانگین و انحراف استاندارد از سرعت
مونبخ	۲۰۰۶	بر اساس سه استراتژی های کنترل: تشخیص حادثه، هماهنگ سازی جریان بر اساس نمودار اساسی، و شرایط آب و هوا	تثبیت جریان ترافیک و بهبود ایمنی	میانگین سرعت کاهش یافت
سوئد	۲۰۰۸	دو سناریو چگالی و آب و هوا: حد مجاز سرعت برای شرایط جریان آزاد تا ۹۰ کیلومتر / ساعت.. در ۹۵۰ veh/h/ln، سرعت به ۷۰ کیلومتر / ساعت کاهش می یابد برای آب و هوا: بر اساس شرایط جاده به گروه های خشک، خیس، برف، یخ و خیلی لغزنده تقسیم شد	بهبود ایمنی در شرایط نامساعد آب و هوایی و چگالی	بر اساس چگالی: کاهش تصادفات ۲۰٪ بر اساس آب و هوا: کاهش تصادفات ۴۰٪
اروپا	۲۰۰۸	بر اساس نمودار جریان چگالی	بهبود بهره وری جریان ترافیک	ایجاد سرعت امن برای رانندگی ولی اثرات در ظرفیت جاده مشخص نیست



۲-۴ : عوامل موثر تعیین محدودیت سرعت متغیر (VSL)

- به طور کلی عوامل تاثیر گذار بر تعیین سرعت مجاز عبارتند از :
 - نوع راه : (آزادراه ، بزرگراه ، جاده های اصلی و فرعی و...)
 - هندسه جاده : (قوس ها ، شیب و...)
 - نوع استفاده از راه : (ترانزیتی ، تفریحی و ...)
 - ترکیب ترافیک : (میزان در صد حضور وسایل سنگین و...)
 - محیط اطراف ، نور جاده و حضور کاربران آسیب پذیر .(سازمان اروپایی وزیران حمل و نقل
- ECMC^۹، سازمان توسعه و همکاری اقتصادی، OECD 2006^{۱۰}) [5]
- حال سرعت مجاز متغیر تابع شرایطی از جاده که در طول شبانه روز و یا به طور روزانه یا ماه در حال تغییر است، می باشد.

با توجه به عوامل سرعت مجاز و انواع الگوریتم ها و شبیه سازی محدودیت سرعت متغیر، عوامل موثر تعیین سرعت مجاز متغیر را می توان به صورت زیر بیان کرد :

- شرایط ترافیکی : (میزان تردد یا جریان ، چگالی و سرعت)
- شرایط محیطی : (شرایط جوی : میزان بارش ، برف ، لغزندگی یا یخ زدگی ، مه و سرعت باد)
- شرایط جاده : (میزان دید و روشنایی) و تابع خطرات تصادف است.

البته میتوان میزان یا در صد حضور خوردرو سنگین را در تعیین سرعت مجاز متغیر نیز در نظر گرفت. در برخی از برنامه های کاربردی اولیه از VSL، محدودیت های سرعت را بر اساس ارزش هایی از پیش تعیین شده محاسبه و تنظیم میکردند. با این حال، با ظهور فن آوری های جدید، این عمل با استفاده از الگوریتم های جدید که سرعت و زمان سفر را بر اساس داده های زمان واقعی ترافیک، اطلاعات مربوط به آب و هوا، و شناسایی حادثه محاسبه میکند، جایگزین شدند.

۱-۲-۴ : شرایط جاده :

اگر شرایط جاده کمتر از ایده آل باشد، مانند شرایط آب و هوای مرطوب، تابلو محدودیت سرعت استاتیک ممکن است، حد مجاز سرعت مناسب یا ایمن را نشان ندهد. استفاده از حد مجاز سرعت متغیر (VSL) در آب و هوای نامساعد و یا کمتر از شرایط ایده آل، می تواند باعث کاهش خطرات سفر در سرعت بالا بوده و ایمنی را بهبود بخشد. جاده هایی که میزان بارش های جوی و تغییرات آب

9 - EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT

10 - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT



و هوایی زیاد است، دارای تصادف بیشتری نسبت به سایر جاده ها است. در سراسر ایالات متحده، بین سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹، ۱۲٫۶ درصد از تصادفات منجر به مرگ در جاده های مرطوب رخ داده است. پس از بررسی تصادفات منجر به مرگ در آب و هوای مرطوب در بزرگراه بین ایالتی، انجمن ملی ایمنی حمل و نقل (NTSB)^{۱۱} و مدیریت بزرگراه فدرال (FHWA)^۲ برای بهبود ایمنی ترافیک در شرایط آب و هوای مرطوب تصمیم به بررسی شرایط جاده و تعیین سرعت مناسب در این شرایط و ایجاد الگوریتم مناسب برای سرعت مجاز متغیر گرفت.

به منظور توسعه دستورالعمل ها برای استفاده از سیستم های VSL در آب و هوای مرطوب، به ویژه هنگامی که سرعت عملی بیش از سرعت طراحی و فاصله توقف بیش از فاصله دید است لازم است شرایط جاده بررسی شود که البته در ایران نیز راه هایی زیادی با این نوع شرایط وجود دارد مانند جاده فیروزکوه که به علت مه گرفتگی در این جاده در ساعات مختلفی از شبانه روز باعث کاهش فاصله توقف و دید می شود.

۴-۲-۲: فاصله دید و فاصله توقف

سرعت طراحی مناسب و حداکثر سرعت ایمن، برای بخش سواره رو با توجه به رابطه بین فاصله دید و فاصله توقف در نظر گرفته شده، تعیین می شود. راننده باید قادر به دیدن جاده پیش رو و زمان کافی برای توقف کامل در صورت نیاز را داشته باشد. محاسبات برای تعیین فاصله دید در هر دو منحنی افقی و عمودی برای شرایط ایمن در دسترس است، اما سنسورهای دید را می توان، برای تعیین فاصله دید مناسب در شرایط باران، برف و یا مه مورد استفاده قرار داد، زیرا در این شرایط دید راننده متفاوت است. همچنین طول توقف در این شرایط متفاوت و بیشتر از شرایط ایمن و ایده ال است. با توجه به اینکه جاده تحت تاثیر آب و هوای زیاد قرار می گیرد، پس نمی توان یک سرعت ثابت برای کل جاده در تمام زمان ها، در نظر گرفت و نیازمند محدودیت سرعت متغیر است، که با توجه به شرایط لحظه ای جاده سرعت ایمن برای رانندگی را تعیین کند.

حداکثر سرعت ایمن را می توان تحت شرایط مرطوب و یا سایر عوارض جانبی با استفاده از ضرایب مختلف چسبندگی، فاصله دید، و درجه سواره رو تعیین کرد. ضریب چسبندگی بر اساس ویژگی های سطح جاده، وسیله نقلیه، خصوصیات تایر، و شرایط محیطی متفاوت خواهد بود. همچنین بررسی لازم از مسافت طی شده در طول زمان واکنش راننده و همچنین مسافت ترمز برای وسیله نقلیه برای رسیدن به توقف کامل مورد نیاز است. سیستم های VSL می تواند به منظور کاهش سرعت عملی

11 - National Transportation Safety Board
2- Federal Highway Administration





به طوری که فاصله توقف برابر یا کمتر از فاصله دید در شرایط آب و هوای مرطوب شود، مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم VSL در آب و هوای مرطوب را باید در مکان هایی که دارای شرایط نامساعد آب و هوایی و نرخ تصادفات بالاتر از حد انتظار را دارا است نصب کرد و همچنین در مواردی که فاصله توقف بیش از فاصله دید است، در نظر گرفت، که عموماً در این موارد سرعت ایمن ۱۰ مایل بر ساعت کمتر از محدودیت سرعت ثابت است. سیستم VSL باید به منظور برقراری ارتباط محدودیت سرعت مناسب، بر اساس اطلاعات زمان واقعی جاده در نظر گرفته شود. رانندگان معمولاً توانایی انتخاب سرعت ایمن تحت شرایط آب و هوای مرطوب را ندارند. احتمال بیشتری وجود دارد که یک خطای راننده، باعث ایجاد تصادف شود. به عنوان مثال، رانندگان نمی توانند سرعت مناسب بر روی سطح لغزنده، که سیستم ترمز به دلیل اصطکاک کم لاستیک با سطح جاده خوب عمل نمی کند را انتخاب کنند. علاوه بر این، رانندگان نا آشنا نمی توانند سرعت مناسب مربوط به یک منحنی افقی تا زمانی که وارد منحنی شوند را تشخیص دهند و مجبور به ترمز به طور ناگهانی می شوند. در چنین شرایطی VSL ممکن است یک راه حل مناسب برای برقراری ارتباط با رانندگان برای نشان دادن سرعت ایمن رانندگی شوند.

برای بهره برداری ایمن و کارآمد، رانندگان باید قادر به دیدن جاده پیش رو و هر گونه خطر، برای واکنش نشان دادن به آن را داشته باشند که البته جاده های شمالی کشور ما نیز دارای این نوع شرایط بوده که بارش باران باعث کاهش عکس العمل رانندگان هنگام رانندگی می شود.. حال می توان گفت طراحی جاده بر پایه یه سری از اعداد ثابت بسته به نوع جاده و ضرایب اصطکاک بر اساس سطح خاصی از شرایط جاده است ولی این در حالی است که ممکن است شرایط جاده در طول زمان متغیر باشد مثلاً اگر جاده بر اساس شرایط مرطوب طراحی شود، زمانی که جاده خشک باشد رانندگان را به تخلف و در زمانی که بر اساس سطح جاده مناسب طراحی شده باشد، برای شرایط مرطوب خطرناک است و رانندگی ایمن نمی باشد، زیرا سرعت مناسب نمایش داده نشده است و فاصله توقف بیشتر از حد و فاصله دید کمتر از حالت هایی است که طراحی شده است. از مثال هایی که برای فاصله دید متفاوت میتوان بیان کرد برای شرایط جاده با مه است که در زمان های خاصی مثل صبح و یا شب ممکن است جاده مه گرفته شود و در نتیجه میزان دید متفاوت است نسبت به حالتی که جاده طراحی شده است. پس میتوان گفت در طراحی و در نظر گرفتن محدودیت سرعت متغیر شرایط جاده و زمان تغییرات آن باید در نظر گرفته شود.



۳-۴: شرایط کاربرد و محل استقرار VSL

بررسی ادبیات نشان می دهد که کاربرد VSL تحت شرایط زیر ضروری است :

- تاریخچه تصادفات
- تراکم یا سطح سرویس
- منطقه کار / ساخت و ساز
- یخ / برف / مه (شرایط نامساعد آب و هوایی)

علاوه بر عوامل فوق، آستانه حجم ترافیک به عنوان یکی از معیارها برای پیاده سازی کنترل سرعت متغیر میتوان در نظر گرفت که حجم های 1600 veh/h/ln و 1650 veh/h/ln در بعضی از الگوریتم ها در نظر گرفته شد. با توجه به عوامل گفته شده میتوان VSL را برای دو منظور به کار برد :

۱- برای شرایط مختلف آب و هوا ، ۲- برای شرایط ترافیکی

که در هر دو این موارد برای استقرار VSL باید شرایط زیر را بررسی کرد.

۳-۴: برخورد یا تصادف :

به منظور تشخیص استقرار VSL در مکان ها بر اساس برخورد، سه معیار ممکن است مورد استفاده قرار گیرد: فرکانس یا تعداد برخورد، نرخ برخورد (قرار گرفتن در معرض یا ریسک) و شدت برخورد. فراوانی یا فرکانس تصادف، ساده ترین معیار شناسایی است اما این معیار نواقصی دارد، این که تمایل به انتخاب مکان ها با حجم ترافیک بالا و به حساب نیامدن شدت تصادف و ماهیت تصادف را دارد. نرخ تصادف نسبت بین تعداد تصادفات و تعداد وسایل نقلیه موجود می باشد، که بهتر از فراوانی تصادف است ولی همچنان ماهیت تصادف در آن قرار ندارد.

نرخ برخورد بیشتر بر تفاوت در حجم ترافیک (قرار گرفتن در معرض) و در نتیجه به طور معمول به عنوان شاخص بهتری از فرکانس برخورد است. مکان های رتبه بندی با نرخ برخورد به جای فرکانس به طور کلی یک روش بهتر است، اما ممکن است منجر به تعصب به نفع مکان با حجم کم شود که برخوردهای آن نسبتا کم است، اما سرعت برخورد بالا است. برای اصلاح این انتخاب بهتر است، نرخ برخورد و نرخ برخورد بحرانی باهم مقایسه شوند. چون در نرخ بحرانی تصادف، ماهیت تصادف نیز در نظر گرفته می شود که اگر نرخ برخورد از نرخ بحرانی بیشتر بود تحلیل ایمنی برای آن منطقه ضروری است.

به طور کلی مکان هایی که خطرناک محسوب شدند، بر اساس معیار شناسایی که مورد استفاده قرار گرفته ، متفاوت است. همان طور که ذکر شد معیار فراوانی تصادف ، مکان هایی را شناسایی می کند



که حجم ترافیک بالاتری دارند. معیار نرخ تصادف مکان هایی با حجم ترافیک پایین را شناسایی میکند و معیار شدت نیز مکان هایی را شناسایی می کند که خارج از شهر قرار دارند. هیچ یک از این معیار ها لزوما بهترین نیستند. هر کدام از آنها مشکلات را از منظر خود برجسته می کنند. (مجمع جهانی راه - PIARC^{۱۲}). عموماً بهتر است از لحاظ چند معیار یک مکان بررسی شود ولی در اکثر موارد برای استقرار VSL در آن مکان از نرخ برخورد در مقایسه با نرخ بحرانی بر خورد استفاده می شود

۴-۳-۲: ازدحام یا تراکم :

یک جاده می تواند از لحاظ ترافیکی در زمان های مختلف متفاوت باشد یعنی ممکن است در کل شبانه روز دارای ساعات اوج ترافیکی و یا در ایام خاص مانند تعطیلات دارای تراکم زیاد باشد. از این رو برای نصب VSL در این شرایط و سنجش تفاوت شرایط در زمان های مختلف از پارامتری به نام سطح سرویس استفاده می شود. که سطح سرویس (LOS)^{۱۳} یک وسیله سنجش کیفی است که شرایط ترافیک و درک این شرایط را توسط رانندگان و مسافری توصیف می کند. علاوه بر این برای ارزیابی و تعیین تسهیلات راه ها از سطح سرویس استفاده می شود. یکی از راه های اندازه گیری تراکم، سطح خدمات است. و انواع سطح خدمات را با استفاده از مقادیر نهایی چگالی بیان می کنند . [6]

۴-۳-۳: شرایط سطح:

شرایط سطح راه به ۵ دست تقسیم می کنند: خشک، لغزنده، برف، یخ و مرطوب. به منظور رتبه بندی مکان از شرایط سطح، سازمان ارائه دهنده خدمات جهانی پشتیبانی فنی و مدیریت حرفه ای (AECOM) محاسبه درصد شرایط سطح را تنها بر اساس سنسورها نوع سطح توصیه کرده است .

۴-۴: مدیریت راه :

نهایت می توان گفت VSL برای دو شرایط و زمان های خاص مفید است: ۱- شرایط ترافیکی که ممکن است در یک مسیر در طول روز متغیر باشد یا در ایام خاصی مثل تعطیلات ۲- شرایط آب و هوایی که بر اساس سرما و گرما، یعنی دارای برف و بارندگی باشد یا خشک. اگر VSL در شرایط ترافیکی استفاده شود می توان با تنظیم سرعت در ساعات اوج ترافیک و قبل از شروع تراکم به کاهش

۱ - World Road Association-PIARC

۲- Level of Service



زمان سفر و افزایش پارامتر آرامش روانی رانندگان نسبت به حالتی که VSL موجود نباشد کمک کرد. و یا زمان های تعطیل در جاده های تفریحی مانند جاده هراز که در ایام تعطیل دارای شرایط متفاوتی نسبت به حالات روزهای عادی دیگر دارد به کار برد که با استفاده از VSL مناسب و محل استقرار مناسب آن می توان باعث افزایش پارامترهای ترافیکی شد. و اگر از VSL در شرایط آب هوای متفاوت استفاده شود می توان به افزایش ایمنی و کاهش برخورد کمک کرد.

۴-۵: استراتژی آموزش و چگونگی اعمال قانون :

بررسی ادبیات نشان می دهد که آموزش و پرورش عمومی یکی از عوامل مهم برای پیاده سازی موفق یک سیستم VSL است. قبل از به راه اندازی این سیستم باید استراتژی های آموزش عمومی از جمله سینما، نقاشی، فیلم تبلیغاتی، تبلیغات در روزنامه و... استفاده شود. البته آموزش عمومی به این دلیل مهم است که باعث انطباق سرعت وسایل نقلیه با VSL شده و مردم از تغییرات سرعت تبعیت کرده که باعث افزایش کارایی و ایجاد ایمنی بیشتر می شود. البته سرعت مجاز متغیر به دو صورت می توان نشان داده شود: ۱- اخباری ۲- اعمال قانون.

البته در کشورهای سیستم سرعت مجاز متغیر در هر دو حالت آن اجرا شده که هم به صورت قانون و هم به صورت اخباری و هشدار دهنده. فقط در کشورهایی که فرهنگ سازی و آموزش عمومی به صورت فراگیر وجود داشته این سیستم به صورت اخباری و هشدار دهنده اجرا شد. ولی زمانی که برای مردم، آموزش مناسب انجام نشده باشد. این سیستم و هشدار های آن برای مردم مشخص نباشد بهتر است به صورت اعمال قانون بیان شود که این اعمال قانون میتواند باعث افزایش اثرات VSL در مدیریت راه در زمان های مختلف و شرایط های مختلف شود.

۵- خلاصه و نتیجه گیری :

همان طور که گفته شد، محدودیت سرعت متغیر (VSL) یکی از فن آوری های ITS است که به تعیین سرعت مجاز بر اساس شرایط لحظه ای جاده می پردازد، در این مقاله محدودیت های سرعت شبیه سازی شده در نقاط مختلف و الگوریتم های آنها پرداختیم. علاوه بر این، عوامل موثر در تعیین محدودیت سرعت متغیر و این که مکان استقرار و ضرورت این که در چه مکانی مناسب و کارایی بیشتری دارد بررسی شد. بررسی ها نشان می دهد که اجرای VSL در نقاط جهان به منظور کاهش تصادفات و افزایش ایمنی و ایجاد روانی در جریان و کاهش زمان سفر مورد استفاده قرار گرفته است. اگر چه بیشتر VSL ها باعث افزایش زمان سفر و در شرایط ترافیک کم موثر بودند، با این حال هنوز



بررسی روی اثرات VSL در نقاط مختلف در حال بررسی است که آیا اعمال آن به صورت اخباری و هشدار باشد و یا به صورت اعمال قانون. البته با توجه به بررسی اثرات می توان به این نتیجه رسید که اگر به صورت اعمال قانون باشد بازدهی بیشتری نسبت به زمانی که به صورت اخباری بیان شود دارد البته عوامل و هدف از قرار گیری استقرار VSL مهم است، زیرا باعث کارایی و اثر گذاری بهتر VSL می شود، چون VSL باید زمانی در قطعه ای از مسیر قرار گیرد که دارای شرایط تراکم، تغییرات آب و هوا و تاریخچه تصادف باشد. محدودیت سرعت متغیر به عواملی از جاده که در طول زمان متغیر است، بستگی دارد. در نهایت زمانی یک VSL موثرتر خواهد بود، که محل مناسبی برای استقرار آن در نظر گرفته شود. یعنی هدف از قرار گیری آن مشخص و شرایط استقرار آن با توجه به هدف، موجود باشد، در نتیجه هر VSL بر اساس ویژگی راه و نوع VSL انتخابی برای آن مقطع و محل استقرار مناسب آن انتخاب شود. در نهایت می توان گفت VSL برای دو شرایط و زمان های خاص مفید است: ۱- شرایط ترافیکی که ممکن است در یک مسیر در طول روز متغیر باشد یا در ایام خاصی مثل تعطیلات ۲- شرایط آب و هوایی که بر اساس سرما و گرما، یعنی دارای برف و بارندگی باشد یا خشک. که اگر VSL در شرایط ترافیکی استفاده شود می توان با تنظیم سرعت در ساعات اوج ترافیک و قبل از شروع تراکم به کاهش زمان سفر و افزایش پارامتر آرامش روانی رانندگان نسبت به حالتی که VSL موجود نباشد کمک کرد. و یا زمان های تعطیل در جاده های تفریحی که در ایام تعطیل دارای شرایط متفاوتی نسبت به حالات روزهای عادی دیگر دارد به کار برد. البته سرعت مجاز متغیر می تواند به دو صورت اخباری و یا اعمال قانون نمایش داده شود که با توجه به مطالب بیان شده، می توان نتیجه گرفت که نصب VSL به صورت اعمال قانون باعث افزایش ایمنی و مدیریت بهتر راه ها در زمان های مختلف و شرایط می شود که این مستلزم آموزش عمومی نیز می باشد.



۶-منابع:

- [1] M. D. Robinson, "Examples of Variable Speed Limit Applications, Speed Management Workshop," *79th TRB Annual Meeting*, pp. 1-24, Jan. 9-13 2000.
- [2] S. B. Robert L. Bertini, and Klaus Bogenberger, "Dynamics of Variable Speed Limit System Surrounding Bottleneck on German Autobahn," *Transportation Research Board No. 1978, Transportation Research Board of the National Academies, Washington*, pp. 149-159, 2006.
- [3] P. E. Jennifer Charlebois. (2010). *I-5 - Active Traffic Management - Complete August 2010*. Available: <http://www.wsdot.wa.gov/Projects/I5/ActiveTrafficManagement/>
- [4] م. ا. پ. چاوشی, "روش های نوین آرام سازی ترافیک," مطالعات مدیریت ترافیک, pp. 110-120, 1387.
- [5] E. C. o. M. o. T. OECD, *Speed Management*, 2006.
- [6] ج. خ. و. ک. لال, مهندسی ترابری و ترافیک, جلد دوم: مهندسی ترافیک, ۱۳۹۰.
- [7] A. Hegyi, B. De Schutter, and J. Hellendoorn, "Optimal coordination of variable speed limits to suppress shock waves," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 6, pp. 102-112, 2005.
- [8] P. D. P. Abhiro Mitra, Ph.D., P.E., "A Framework to Evaluate the Impact of Variable Speed Limit Systems on Work Zone Traffic Operation Using VISSIM," *ITE District 6 Annual Meeting Kalispell, Montana*, 2005.
- [9] P. Allaby, B. Hellenga, and M. Bullock, "Variable speed limits: safety and operational impacts of a candidate control strategy for an urban freeway," in *Intelligent Transportation Systems Conference, 2006. ITSC '06. IEEE*, 2006, pp. 897-902.
- [10] R. B. s. Andrey Popov, Andreas Hegyi, Herbert Werner "Distributed Controller Design for Dynamic Speed Limit Control Against Shock Waves on Freeways," *Proceedings of the 17th World Congress, The International Federation of Automatic Control, Seoul, Korea, July 6-11, 2008*, pp. 14060-14065, 2008.
- [11] A. H. Ghods, A. Kian, and M. Tabibi, "Adaptive freeway ramp metering and variable speed limit control: a genetic-fuzzy approach,"



- Intelligent Transportation Systems Magazine, IEEE*, vol. 1, pp. 27-36, 2009.
- [12] R. C. Carlson, I. Papamichail, M. Papageorgiou, and A. Messmer, "Optimal mainstream traffic flow control of large-scale motorway networks," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 18, pp. 193-212, 2010.
- [13] R. H. S. M. C. S. E. P. S. J. T. S. E. B. S. R. M. C. Systematics), "iFlorida Model Deployment Final Evaluation Report," FHWA-HOP-08-050, 2009.
- [14] C. O. D. Bryan Katz, Kelly Donoughe,, J. A. (SAIC), K. B. Melisa Finley, Beverly Kuhn (TTI), and D. W. B. a. Associates, "Guidelines for the Use of Variable Speed Limit Systems in Wet Weather," FHWA-SA-11-22, 2012.



Better traffic management and enforcement of rules by using variable speed limit signs

Gholamali Behzadi¹, Reza Behzad², Mohammad Zaman Hasanpour³,
Hamid Babaei Dehkordi⁴

1- Assistant Professor, Transportation Planning, Shomal University (Amol)

2- PhD student, Transportation Planning, Elm sanat University (Tehran)

3- Graduate Student, Transportation Planning, Shomal University (Amol)

4- Msc in Transportation Planning, Shomal University (Amol)

Abstract

The purpose of this speed limits system is informing drivers of for acceptable and safe speed for road travel conditions change or the environment along the way . Since the speed limit is based on normal traffic conditions , road conditions , but may have a more difficult situation than is normal . Driver moves with constant speed limits fixed in abnormal conditions may be risk seeking . So declare a variable speed in such conditions can lead to the selection of an appropriate response by the driver and ultimately increase the safety of the route. System Variable Speed Limit (VSL) to set speed limits according to road conditions moment deals. Course this can be predictive variable speed limits or traffic laws and enforcement to be. This paper examines the factors determining road conditions and variable speed limits and designated place (location) VSL and management solutions to help it at different times of the situation, will be reviewed. The results indicate that the variable speed limits on the road to factors that vary over time , it depends. Traffic conditions , environmental or atmospheric visibility and the accident risks of the most important factors determining the speed limit .

Keyword: *Variable speed limits, Environmental conditions, Traffic conditions, Safety*

