بررسی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت آزادراهی بر سطح ایمنی با استفاده از اثر خطوط ترمز (مطالعه موردی: آزادراه تهران – قم)

مقاله علمی – پژوهشی

محمدحسن چگینی‌نژاد، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
علی توکلی کاشانی*، دانشیار، گروه حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
علیرضا سرکار، استادیار، گروه راه و ترابری و حمل ونقل، دانشکده عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول : alitavakoli@iust.ac.ir

دریافت: ۱٤۰۳/۰٤/۰۱– پذیرش: ۱٤۰۳/۱۱/۰۱
صفحه ۲٤۸-۲۳۷

چکیده

سرعت بیش از حد، عامل بسیاری از تصادفات است. دولت‌ها و کشورهای مختلف از روش‌های مختلفی برای حل این مسئله استفاده کردند که مهم ترین آن‌ها استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت است. اما گاهی دوربین‌های کنترل سرعت به سبب نداشتن موقعیت مناسب جغرافیایی باعث کاهش سطح ایمنی در راه‌ها می‌شوند به این علت که متوسط رانندگان در قبل از دوربین، سرعت بالاتری در مقایسه با هنگامی که به دوربین نزدیک می‌شوند دارند و برخی از رانندگان نیز دارای سرعتی بالاتر از محدوده سرعت تعیین شده هستند و برای فرار از جریمه، مجبور هستند ترمز کنند و سرعت را کاهش دهند. نتایج نشان داد که اگر دوربین دارای موقعیت جغرافیایی نامناسب از نظر شیب، وضعیت قوس و فاصله دید باشد سبب می‌شود که رانندگان در وضعیت نامناسب با دوربین روبرو شده و اقدام به ترمز ناگهانی کنند که خود باعث کاهش سطح ایمنی می‌شود. در اثر اقدام به ترمز ناگهانی، خط‌ترمز ایجاد می‌شود که در این تحقیق به بررسی خط ترمزهای آزادراه تهران - قم و مخصوصاً خط ترمزهایی که در محدوده دوربین‌های کنترل سرعت هستند پرداخته شد تا اولا روشی جدید برای اندازه گیری سطح ایمنی معرفی شود و ثانیا دوربین‌هایی که در موقعیت نامناسب هستند شناسایی شوند.

واژه‌های کلیدی : ترمز ناگهانی، خط‌ترمز، دوربین‌های کنترل سرعت، سرعت، ایمنی

۱-مقدمه

تولیان ایمنی ترافیک در راستای بهبود شرایط ایمنی راه‌ها در تلاش هستند تا با بهره‌گیری از روش‌های نوین، تاثیر عامل سرعت را در تصادفات کمتر کنند. هرچند سایر عوامل از جمله خصوصیات جاده، شرایط آب و هوایی و ... نیز بر تصادفات اثر می‌گذارند با این وجود سرعت پارامتر مهم‌تری قلمداد میشود به گونه‌ای که با افزایش سرعت هم تعداد و هم شدت صدمات حاصله از تصادفات بیشتر می‌شود. یکی از روش‌های اصلاحی می‌تواند استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت باشد(Shamsabadi and Sadeghi (2019. استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت با گسترشی روزافزون همراه است و تصور عمومی از این سامانه به عنوان یک روش با بازدهی قابل توجه در کاهش سرعت است اما با این وجود انتقاداتی از آن به عنوان عامل ایجاد افزایش غیر منطقی سرعت در مقاطع پایین‌دست دوربین به منظور جبران کاهش سرعت‌های محدوده

متاثر از دوربین می‌شود (Mirbaha and Pourteymouri 2016).. بنابراین دوربین‌های کنترل سرعت نیز در برخی شرایط می‌تواند باعث کاهش سطح ایمنی شود و این مقاله به دنبال آن است که اولاً روشی جدید برای اندازه گیری سطح ایمنی معرفی شود و ثانیاً دوربین‌هایی که در موقعیت نامناسب هستند شناسایی شوند تا بتوان به هدف اصلی استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت که افزایش سطح ایمنی است بدون کوچکترین نقص رسید. به طور کلی برای اندازه‌گیری سطح ایمنی اساساً ۲ رویکرد کاملا متفاوت پیش‌بینی می‌شود. ۱- رویکرد فعالانه: بدون این که تصادفی رخ دهد سطح ایمنی بررسی می‌شود و برای بررسی نواقص ایمنی راه به بررسی مشخصات فیزیکی و بهره‌برداری آن می‌پردازد. ۲-رویکرد انفعالی: مبتنی بر داده‌های تصادفات است یعنی باید در یک محل تعدادی تصادف رخ دهد تا سطح ایمنی آن را بتوانیم مشخص کنیم و مشخص است حالت اول با ارزش‌تر است. از چند دهه قبل به تدریج محققین به این نتیجه رسیدند که می‌بایست از روش‌های تحلیلی قابل اعتمادتری که از رویدادهای قابل مشاهده غیر از تصادف استفاده کنند. روش‌هایی که از داده‌ها و شاخص‌های جایگزین غیر از داده‌های تصادفات بهره می‌گیرند که برای انجام تحلیل ایمنی ترافیک می‌توان از آنها استفاده‌کرد. بررسی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت آزادراهی بر سطح ایمنی با استفاده از اثر خطوط ترمز می‌تواند یکی از شاخص‌های جایگزین باشد و این مقاله به دنبال معرفی یک روش فعالانه است تا استفاده از داده‌های تصادفات به عنوان رویکردی انفعالی برای افزایش ایمنی، کمتر شود. دلیل اصلی ایجاد خط ترمز، ترمز ناگهانی می‌باشد. وجود خط ترمز در قبل از دوربین نشانگر این است که رانندگان قبل از دوربین با سرعتی بالاتر از محدوده سرعت در حال رانندگی بودند و با نزدیکی به دوربین ترمز گرفته تا سرعت خود را متناسب با محدوده سرعت کنند و همین فرایند می‌تواند یکی از عوامل برای ایجاد خط ترمز در قبل از دوربین باشد.

۲- پیشینه تحقیق

از تجزیه و تحلیل دوربین‌های کنترل سرعت نتیجه گرفته شد که بیشترین تأثیرات در مجاورت دوربین است. طبق مطالعات مریم شمس آبادی و علی اصغر صادقی، رانندگان در فاصله ۳۰۰ تا ٤۰۰ متری قبل از دوربین، ترمز می‌گیرند و حدود ۳۰۰ تا ٤۰۰ متری بعد از پشت سر گذاشتن دوربین، دوباره شتاب می‌گیرند. به این رفتار اصطلاحاً پرش کانگورو گفته می‌شود. این ترمزگیری ناگهانی می تواند اثرات منفی بر ایمنی جاده‌ها بگذارد و باعث کاهش سرعت تنها به صورت نقطه‌ای درمحل دوربین می‌شود (Shamsabadi and Sadeghi. 2019). به طور کلی تجزیه و تحلیل دوربین‌های کنترل سرعت نشان داد که بیشترین اثر گذاری دوربین‌ها در مجاورتشان است (DePauw,e et al. 2014).

در تحقیقات هرمنس و همکاران به بررسی تاثیرات دوربین‌های کنترل سرعت در بزرگراه‌ها پرداخته شد که در آن دو مکان با دوربین‌های کنترل سرعت مورد بررسی قرار گرفت: یک بزرگراه دو خط و یک بزرگراه سه خط در منطقه فلاندر بلژیک که هر کدام دارای محدودیت سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت هستند و همچنین اثرات این دوربین‌ها در بالادست و پایین‌دست دوربین را بررسی کردند. هدف آن‌ها از این مطالعه این بود که آیا تاثیرات دوربین‌ها بر سرعت رانندگان فقط در محل دوربین است یا در یک منطقه وسیع تر نیز تاثیرگذار است. نتایج نشان داد رفتار رانندگان در هنگام مواجه شدن با دوربین در محل دوربین و مکان‌های قبل و بعد از آن، اختلاف زیادی وجود دارد به این معنی که رانندگان در محل دوربین سرعت را کم می‌کنند و بعد از محل دوربین دوباره شتاب می‌گیرند که به اصطلاح به آن اثرکانگورو می‌گویند. این ترمز ناگهانی ممکن است اثر منفی بر ایمنی بگذارد. به این ترتیب تاثیرات دوربین در مکان‌های بالادست و پایین دست دوربین کم است و حتی افزایش سرعت هم مشاهده شد(DePauw,e et al.2014). در تحقیقات لیو و همکاران که در چین انجام شد هدف از جمع‌آوری داده‌های سرعت، شناسایی رفتار دقیق رانندگان در انتخاب سرعت خودرو در مجاورت دوربین‌های کنترل سرعت است و داده‌های سرعت اندازه‌گیری شده در مسافت‌های مختلف از ۱ کیلومتر قبل از دوربین تا ۱ کیلومتر بعد از دوربین جمع‌آوری شد. در چین نیز داده‌هایی که شامل سرعت خودروها می‌باشد توسط یک تیم تحقیقاتی از بیش از ۱۳۰۰۰ سرعت خودرو جمع‌آوری شد و نتایج آن با محدودیت سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت نشان‌داد که رانندگان از ٤۰۰ متر قبل از دوربین شروع به کاهش سرعت می‌کنند و از ۳۰۰ متر بعد از دوربین شروع به افزایش سرعت می‌کنند و پایین‌ترین سرعت دقیقاً در مجاورت دوربین است. (Liu, p. et al.2011).

طبق بررسی‌های ماهر و همکاران یکی از اتفاقاتی که ممکن است در نزدیکی دوربین رخ دهد این است که رانندگان برای

جلوگیری از افزایش زمان سفر از طریق ترمز گرفتن حتی به صورت ناگهانی از تشخیص سرعت توسط دوربین جلوگیری کرده و همچنین پس از عبور از دوربین سرعت خود را افزایش می‌دهند و به همین دلیل با فاصله گرفتن از دوربین مزایای دوربین کاهش می‌یابد .Mountain, L.J., Hirst, W.M and Maher, M.J.) (2004. همچنین در مطالعه‌ای که در کویت انجام شد نیز بررسی‌ها در زمان های مختلف انجام شد و اندازه گیری‌ها به مدت شش ساعت و در طی یک دوره ۳ ماهه، به طوری که صبح، بعد از ظهر و ساعات پس از تاریکی و همچنین روزهای مختلف هفته‌ها و انواع جاده‌ها، تحت پوشش قرار گرفتند و هر سایت متشکل از محل خود دوربین و ۱ کیلومتر قبل و بعد از دوربین بود که مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌های سرعت نشان داد که اختلاف سرعت‌های اندازه‌گیری شده در دورتر از دوربین کنترل سرعت کاملاً معنی‌دار بود به این صورت که رانندگان تمایل به کاهش سرعت وسیله نقلیه هنگام نزدیک شدن به دوربین‌های سرعت و سپس افزایش سرعت به محض عبور از دوربین‌های کنترل سرعت را داشتند. همچنین میانگین و انحراف از معیار داده‌های سرعت در قبل و بعد و خود مکان دوربین محاسبه شد و نتیجه گرفته شد که رانندگان قبل از دوربین ترمز گرفته و سرعت خود را کم نموده و پس از دوربین مجددا سرعت خود را افزایش می‌دهند به این ترتیب رفتار برخی از رانندگان در هنگام برخورد با دوربین با عمل ترمز ناگهانی همراه است که این عمل باعث کاهش سرعت و اغلب برخورد از عقب خودروها می‌شود.(Ali, .(And Koushki,P. A. 1997 S.Y. Al-Saleh,O

طبق بررسی‌های ماهر و همکاران آمده است که رانندگان با نزدیک شدن به دوربین ترمز می‌کنند و پس از عبور با سرعت، شتاب را افزایش می‌دهند به طوری که حوادث می‌توانند در بالادست و پایین‌دست دوربین افزایش یابد .Mountain, LJ (Hirst, WM) Maher, MJ. 2005. همچنین در مورد استفاده از دوربین‌ها نگرانی در مورد مهاجرت تصادفات وجود دارد به این معنی که کاهش تصادف در مکان دوربین ممکن است با افزایش تعداد تصادفات در سایر مکان‌ها همراه باشد. مهاجرت تصادف ممکن است هنگامی اتفاق بیفتد که رانندگان در مکان‌هایی که دوربین وجود دارد سرعت را کم کنند، اما در قبل یا بعد از دوربین با سرعت بیشتری رانندگی کنند .Høye,A (2014). با توجه به مطالعات انجام شده مشاهده شد که سرعت رانندگان در قبل یا بعد از دوربین بیشتر از مکان‌هایی که دوربین وجود دارد می‌باشد و این نتیجه را می‌توان گرفت که رانندگان در هنگام نزدیکی به دوربین ترمز گرفته و پس از آن شتاب می‌گیرند و اگر این ترمز به صورت ناگهانی باشد خطرآفرین است و علاوه بر آن سبب ایجاد خط‌ترمز می‌شود. بنابراین باید بر روی دوربین‌های آزادراه چه دوربین‌هایی که قبل از خود خط ترمز دارند و چه دوربین‌هایی که قبل از خود ترمز ندارند مطالعه شود و دلایل ایجاد ترمز ناگهانی و در نتیجه ایجاد خط‌ترمز در قبل از برخی دوربین‌ها مشخص شود تا ایمنی آزادراه افزایش پیدا کند و خطرهایی مانند برخورد از پشت کاهش یابد بنابراین این مطالعه و معرفی آن به عنوان روشی جدید برای افزایش ایمنی آزادراه را میتوان به عنوان نوآوری تحقیق حاضر معرفی کرد.

۳-روش‌شناسی تحقیق

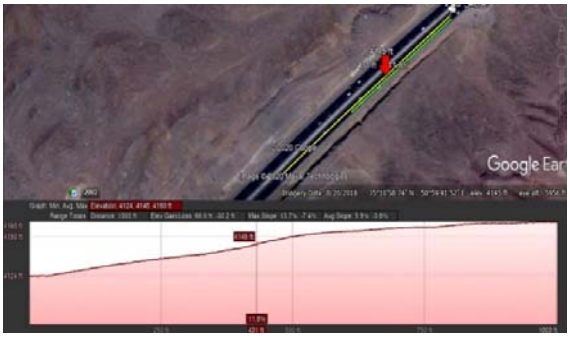
برای انجام این تحقیق و بررسی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت آزادراهی بر سطح ایمنی با استفاده از اثر خطوط‌ترمز، تمامی دوربین‌های کنترل سرعت آزادراه تهران – قم مورد بررسی قرار گرفت به این ترتیب ویژگی دوربین‌ها مخصوصاً دوربین‌هایی که دارای خط ترمز قبل از خود هستند (مانند شیب و فاصله‌دید و ...) مورد تحقیق قرار گرفت تا دوربین‌هایی که بر سطح ایمنی آزادراه موردنظر تاثیر منفی میگذارند شناسایی شوند. برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات با حضور میدانی تقریباً تمامی خط‌ترمزهای آزادراه به ویژه تمامی خط‌ترمزها در محدوده دوربین‌های کنترل سرعت، عکس برداری شد و طول آنها نیز اندازه‌گیری شد. همچنین در هنگام عکس‌برداری، سیستم مکان یاب تلفن همراه نیز روشن بود تا بتوان مکان تمامی خط ترمزها و موقعیت جغرافیایی آنها را پس از بازدید میدانی و هنگام بررسی روی نقشه پیدا کرد. پس از عکس‌برداری، تمامی خط‌ترمزها به همراه طولشان در مسیر های تهران به قم و قم به تهران نوشته شد. همچنین طبق مطالعاتی که مشاهده‌شد، رانندگان در ۳۰۰ متر قبل از دوربین‌های کنترل سرعت رانندگان اقدام به کاهش سرعت خواهند کرد که گاهی به ترمز ناگهانی و ایجاد خط ترمز منجر می‌شود. ۲۲ دوربین مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد تنها ۵ دوربین در فاصله ۳۰۰ متری قبل از

خود دارای خط‌ترمز هستند. در توضیح این رخداد باید گفت که عامل اصلی ایجاد خط ترمز در قبل از دوربین کاهش سرعت ناگهانی رانندگان یا ترمز ناگهانی آنها هنگام نزدیک شدن به دوربین است که این عمل را رانندگانی انجام می‌دهند که با سرعتی بالاتر از محدوده سرعت تعیین شده در حال رانندگی هستند و هنگام نزدیکی به دوربین برای فرار از جریمه اقدام به کاهش سرعت می‌کنند. طبق مطالعاتی مشاهده شد متوسط رانندگان در هنگام برخورد با دوربین اقدام به کاهش سرعت می‌کنند. پس از بررسی دوربین‌ها مشاهده شد که تنها ۵ دوربین در فاصله ۳۰۰ متری قبل از خود دارای خط‌ترمز هستند و این به این دلیل است که رانندگان در برخورد با برخی دوربین‌ها با توجه به عدم وجود خط‌ترمز اقدام به کاهش سرعت به صورت آرام می‌کنند و در برخورد با برخی از دوربین‌ها با توجه به وجود خط ترمز اقدام به ترمز ناگهانی می‌کنند به همین علت، در این مقاله به بررسی تمامی دوربین‌ها چه دوربین‌هایی که خط ترمز قبل از خود ندارند و چه دوربین‌هایی که قبل از خود خط ترمز دارند از نظر شیب، وضعیت قوس و فاصله‌دید پرداخته شد تا دلیل ایجاد ترمز ناگهانی و به دنبال آن ایجاد خط ترمز مشخص شود. برای بررسی شیب دوربین‌ها با اختلاف طول ۳۰۰ متر از رابطه ۱ استفاده شد.

(۱)

$$\text{شیب} = \frac{\text{اختلاف ارتفاع}}{\text{اختلاف طول}}$$

اختلاف ارتفاع = با استفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارث اختلاف ارتفاع بین مکان دوربین و ۳۰۰ متر قبل از آن به دست آمد که نمونه ای از آن که برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع دوربین ۹ استفاده شد در شکل زیر آمده است.



شکل ۱. استفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارث برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع بین ۲ نقطه

شکل ۲. دوربین ۱۲ که در مرکز یک قوس محدب قرار دارد.

برای بررسی وضعیت قوس دوربین‌ها، مطالعه شد که دوربین‌ها در چه موقعیت قوسی یعنی محدب یا مقعر قرار دارند یا این که در قوسی قرار ندارند و سپس بررسی شد که دوربین‌ها در کدام قسمت از قوس قرار دارند. برای بررسی فاصله‌دید دوربین‌ها از رابطه ۲ استفاده شد.

رابطه ۲ :
$$S = 0.278V_0t + \frac{V_0^2 - V_1^2}{254\left(\frac{a}{9.81} \pm G\right)}$$

(آیین نامه طرح هندسی راه‌های ایران (نشریه ٤۱۵)).

V_0 = سرعت اولیه وسیله نقلیه ⟵ به علت محدودیت سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت در آزادراه، برای بررسی خط ترمزها و ترمز ناگهانی سرعت ۱٤۰ کیلومتر بر ساعت گرفته شد.

V_1 = سرعت وسیله نقلیه بعد از اجرای تصمیم ⟵ به علت آن که رانندگان برای فرار از جریمه، اقدام به ترمز گرفتن می‌کنند تا سرعت را به پایین تر از ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت برسانند. بنابراین سرعت وسیله نقلیه پس از اجرای تصمیم، ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت گرفته شد.

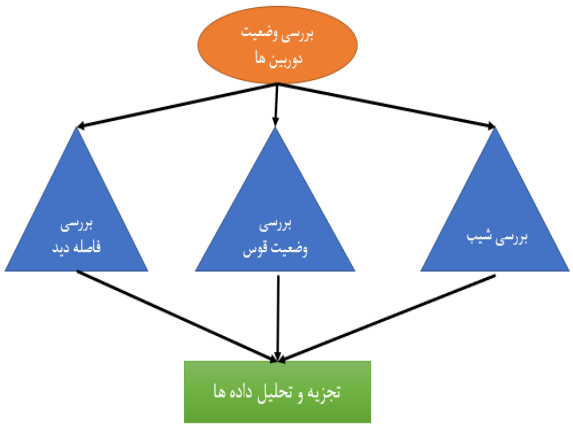
t = مدت زمان ⟵ براساس نشریه ٤۱۵ این مدت زمان ۲,۵ ثانیه فرض می‌شود.

a = شتاب توقف در امتداد حرکت در روسازی خیس که براساس نشریه ٤۱۵ برابر ۳,٤ متر بر مجذور ثانیه است.

G = شیب راه برحسب درصد با اعمال مثبت در سربالایی و علامت منفی در سرازیری، است.

٤- یافته‌های تحقیق

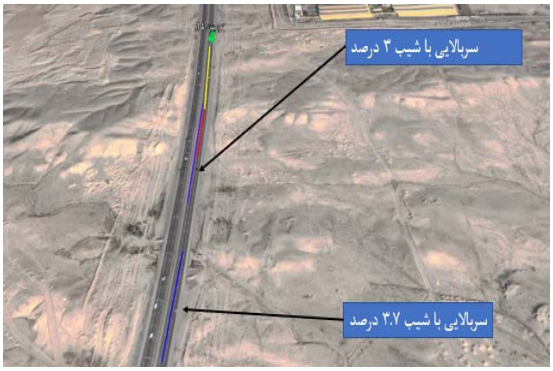
حال برای بررسی خط‌ترمز ناشی از ترمز ناگهانی به مطالعه شیب در محدوده دوربین‌ها، وضعیت قوس با توجه به موقعیت دوربین‌ها و فاصله‌دید دوربین‌ها پرداخته شد.



شکل ۳ . چگونگی بررسی وضعیت دوربین‌ها

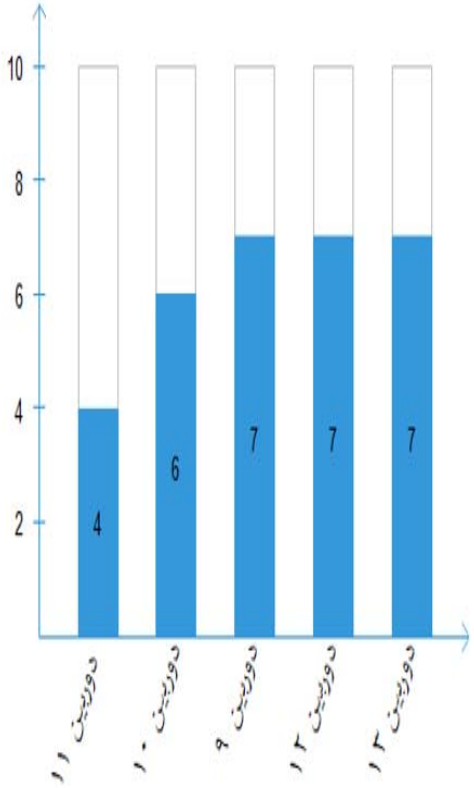
جدول ۱. شیب و وضعیت قوس در محل دوربین‌ها

دوربین	شیب	وضعیت قوس
دوربین ۱۹	۱,۷۲ درصد	در محل دوربین قوسی وجود ندارد.
دوربین ٦	۱,۱۱ درصد	دوربین در یک قوس مقعر قراردارد.
دوربین ۱۳	۰,۹۱ درصد	دوربین تقریبا در مرکز فاصله مربوط به قوس محدب قراردارد.
دوربین ۲۲	۰,۷۱ درصد	دوربین در یک قوس مقعر طولانی در اطراف دریاچه حوض‌سلطان قرار دارد.
دوربین ۲۰	۰,۵ درصد	در محل دوربین قوسی وجود ندارد.
دوربین ۱٤	۰,٤ درصد	دوربین تقریبا در مرکز فاصله مربوط به قوس محدب قراردارد.
دوربین ۳	۰,۲ درصد	در انتهای قوس محدب قراردارد.
دوربین ٤	۰,۱ درصد	در انتها یک قوس محدب قراردارد.
دوربین ۱۲	۰ درصد	دوربین تقریبا در مرکز فاصله مربوط به قوس محدب قراردارد.
دوربین ۷	۰,۲- درصد	در انتها یک قوس مقعر قراردارد.
دوربین ۱	۰,۳- درصد	در یک قوس مقعر بزرگ قرار دارد.
دوربین ۱۷	۰,۳- درصد	در انتهای یک قوس محدب طولانی در اطراف دریاچه حوض‌سلطان قرار دارد.
دوربین ۲	۰,۳- درصد	در انتهای یک قوس مقعر قراردارد.
دوربین ۱۸	۰,٤- درصد	در یک قوس محدب قراردارد.
دوربین ۵	۰,۵- درصد	در انتهای یک قوس مقعر قراردارد.
دوربین ۱۵	۱,۰۱- درصد	در انتهای یک قوس مقعر قراردارد.
دوربین ۱٦	۱,۳۲- درصد	در ابتدای یک قوس محدب طولانی در اطراف دریاچه حوض‌سلطان قرار دارد.
دوربین ۱۱	۱,۵۲- درصد	دوربین تقریبا کمی پس از مرکز فاصله مربوط به قوس مقعر قراردارد.
دوربین ۸	۲,۸٤- درصد	در یک قوس محدب قراردارد.
دوربین ۱۰	۲,۹٤- درصد	در انتهای یک قوس مقعر است.
دوربین ۲۱	۳,۵۵- درصد	قوسی وجود ندارد.
دوربین ۹	۳,٦۵- درصد	دوربین تقریباً در مرکز فاصله مربوط به قوس مقعر قراردارد.

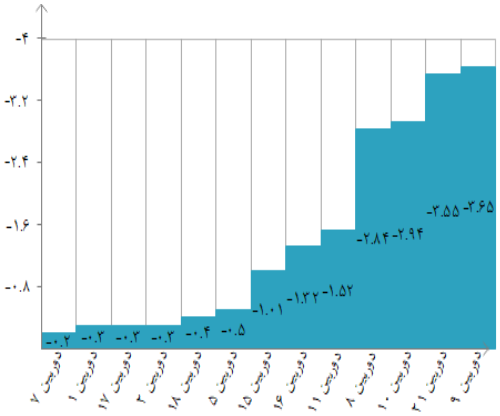


شکل ٦ . سربالایی‌های موجود در محدوده دوربین ١٤

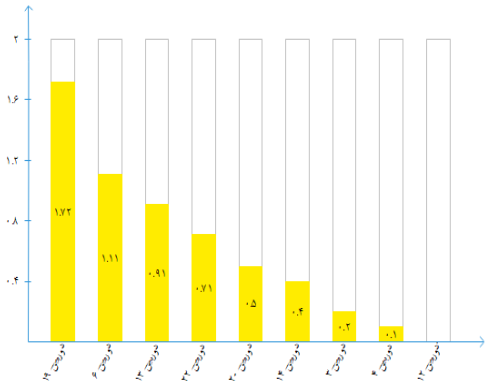
پس از بررسی خط‌ترمزهایی که در محدوده دوربین‌ها وجود داشتند، مشاهده شد که دوربین‌های ۹، ۱۲ و ۱۳ دارای بیشترین خط‌ترمز نسبت به بقیه دوربین‌ها هستند و در بین دوربین‌های با شیب منفی دوربین ۹ دارای خط ترمز بیشتری نسبت به دوربین‌های ۱۰ و ۱۱ است به این دلیل که دوربین ۹ دارای مقدار شیب منفی بیشتری نسبت به دو دوربین دیگر هست.



شکل ۷ . تعداد خط‌ترمزهای موجود در محدوده دوربین‌های دارای خط‌ترمز



شکل ٤. دوربین‌های با شیب منفی



شکل ۵. دوربین‌های با شیب غیرمنفی

با توجه به جدولی که مشاهده شد و مقایسه بین دوربین‌هایی که در محدوده خود دارای خط‌ترمز هستند (دوربین‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳) و دوربین‌هایی که در محدوده خود خط‌ترمزی ندارند به ۲ نتیجه می‌رسیم . به این صورت که:

–در شیب‌های غیرمنفی هنگامی که دوربین در مرکز فاصله مربوط به قوس محدب قرار داشته باشد می‌تواند خطرناک و دارای خط‌ترمزهایی در محدوده خود باشد.

–در شیب‌های منفی که شیبشان بیشتر از ۱,۵ درصد باشد هنگامی که دوربین در یک قوس مقعر قرار داشته باشد دارای خط‌ترمزهایی در محدوده خود هستند.

نکته : در جدول مشاهده شد دوربین ١٤ نیز شرایطی مشابه با دوربین‌های ۱۲ و ۱۳ دارد اما خط‌ترمزی در محدوده خود ندارد. با بررسی دوربین ١٤ مشاهده‌شد که ۲ سربالایی با شیب‌های ۳ درصد در تقریباً ۲۰۰ متری دوربین و ۳,۷ درصد در تقریباً ٤٥٠ متری دوربین وجود دارند که می‌توانند عاملی باشند برای آنکه رانندگان در هنگام برخورد با دوربین، سرعتی نداشته باشند که مجبور به گرفتن ترمز ناگهانی شوند.

همچنین طی بررسی فاصله‌دید دوربین‌ها به نتایجی رسیده شد که در جدول ۲ آورده شده است. به این ترتیب مشاهده‌شد که دوربین‌های ٤، ۹ ، ۱۱ و ۱۳ در فاصله‌دیدهایشان دارای مشکلاتی هستند.

جدول ۲. وضعیت فاصله‌دید در نزدیکی دوربین‌ها

دوربین	فاصله دید	نتیجه
دوربین ۱	۱۸۳,۲٤ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۲	۱۸۳,۲٤ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۳	۱۸۲ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ٤	۱۸۲,۲۵ متر	در فاصله دید انحراف یا قوس وجود دارد.
دوربین ۵	۱۸۳,۷٤ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ٦	۱۷۹,۸۵ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۷	۱۸۳ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۸	۱۹۰,۱۱ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۹	۱۹۲,۵۲ متر	دوربین ۹ پس از یک سربالایی قرار گرفته است و این سربالایی تاثیرگذار است.
دوربین ۱۰	۱۹۰,۳۹ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱۱	۱۸٦,٤ متر	فاصله دید در مکانی است که قوس تغییر جهت می‌دهد.
دوربین ۱۲	۱۸۲,٤۹ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱۳	۱۸۰,۳۱ متر	در محدوده فاصله دید قوس تغییر جهت می‌دهد.
دوربین ۱٤	۱۸۱,۵۲ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱۵	۱۸۵,۰۲ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱٦	۱۸۵,۵۸ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱۷	۱۸۳,۲٤ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱۸	۱۸۳,۵ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۱۹	۱۷۸,٤٦ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۲۰	۱۸۱,۲۸ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۲۱	۱۹۲,۳۹ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.
دوربین ۲۲	۱۸۰,۷۹ متر	در فاصله دید هیچ انحراف یا قوسی نداریم.

۵- نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای بررسی خط‌ترمزهای ناشی از ترمز ناگهانی به به بررسی شیب در محدوده دوربین‌ها، وضعیت قوس با توجه به موقعیت دوربین‌ها و فاصله‌دید دوربین‌ها پرداخته شد و در نتیجه مشاهده که شیب و قوس دوربین‌های ۹ ، ۱۰ ، ۱۱ ، ۱۲ و ۱۳ دارای نکاتی بودند و علاوه بر آن نکات مشاهده‌شد که دوربین‌های ۹ ، ۱۱ و ۱۳ از نظر فاصله‌دید نیز دارای مشکلاتی هستند و می‌توان نتیجه گرفت که موقعیت مکانی این ۳ دوربین، خطرناک‌تر از دوربین‌های ۱۰ و ۱۲ می‌باشند و با توجه به این که دوربین‌های ۹ و ۱۳ دارای بیشترین خط‌ترمز در محدوده خود نیز هستند بنابراین این ۲ دوربین دارای خطرناکترین موقعیت مکانی در مقایسه با تمامی دوربین‌ها هستند. با توجه به مطالب گفته شده وضعیت قوس و شیب دوربین ٤ مشکلی ندارد و با توجه به عدم وجود خط‌ترمز در محدوده دوربین ٤ انحراف موجود در فاصله‌دید قوس ٤ نمی‌تواند مشکلی داشته باشد.

به طور کلی از این مطالعه ۳ نتیجه می‌توان گرفت.

– خط‌ترمز ناشی از اقدام به گرفتن ترمز ناگهانی است و ترمز ناگهانی دارای خطراتی مانند برخورد از عقب می‌باشد. با توجه به بررسی شیب و وضعیت قوس، در محدوده دوربین‌ها نتایج زیر حاصل شد.

الف – در شیب‌های غیرمنفی هنگامی که دوربین در مرکز فاصله مربوط به قوس محدب قرار داشته باشد می‌تواند خطرناک و دارای خط‌ترمزهایی در محدوده خود باشد که دوربین‌های ۱۲ و ۱۳ دارای این شرایط هستند.

ب – در شیب‌های منفی که شیبشان بیشتر از ۱,۵ درصد باشد هنگامی که دوربین در یک قوس مقعر قرار داشته باشد دارای خط‌ترمزهایی در محدوده خود می‌باشد که دوربین‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ دارای این شرایط هستند.

بنابراین می‌بایست از نصب دوربین‌ها در مناطقی از آزادراه که دارای این شرایط می‌باشند خودداری کرد و همچنین قبل از نصب دوربین‌ها باید فاصله دید آنها را هم بررسی کرد تا به این ترتیب خود دوربین‌ها که هدف استفاده از آنها افزایش ایمنی است، سبب کاهش سطح ایمنی نشوند.

– در این تحقیق مشاهده شد دوربین‌هایی که در محدوده خود دارای خط‌ترمز هستند از نظر شیب و وضعیت قوس شرایط کاملاً متفاوتی با بقیه دوربین‌ها دارند و حتی برخی آنها از لحاظ فاصله دید نیز دارای نکاتی بودند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با استفاده از اثرات خط‌ترمز در محدوده دوربین‌ها، دوربین‌هایی که دارای موقعیت مکانی نامناسب در آزادراه خلیج‌فارس هستند شناسایی شدند به همین علت موضوعی که مورد تحقیق قرار گرفته شد را می‌توان به عنوان روشی جدیدی از رویکردهای فعالانه برای کمک به افزایش سطح ایمنی آزادراه در نظر گرفت.

– یکی از اهداف تحقیق پیش رو مشخص نمودن دوربین‌های کنترل سرعتی بود که دارای موقعیت جغرافیایی نامناسب بودند. با استفاده از خط ترمزهای موجود در محدوده دوربین‌ها و با بررسی فاصله‌دید، وضعیت‌قوس و شیب آن‌ها مشخص شد که دوربین‌های۱۰، ۱۱، ۱۲ دارای موقعیت جغرافیایی خطرناک و دوربین‌های ۹ و ۱۳ دارای موقعیت جغرافیایی بسیار خطرناک می‌باشند.

– طبق نتایج به دست آمده بهتر است قبل از نصب دوربین‌ها، درباره محل نصب دوربین‌ها مطالعه و تحقیق شود تا تمامی دوربین‌های مسیر به هدف اصلی خود که افزایش ایمنی مسیر هستند برسند.

– می‌توان پس از نصب دوربین نیز با استفاده از روش گفته شده که رویکردی فعالانه دارد، دوربین‌های پرخطر را شناسایی کرد.

– این تحقیق بر روی دوربین‌های یک آزادراه برون‌شهری انجام‌شد و می‌توان تحقیقی دیگر را بر روی دوربین‌های کنترل سرعتی که در بزرگراه‌های درون‌شهری واقع هستند انجام داد.

– مطالعه موردی این تحقیق، آزادراه خلیج‌فارس بود و می‌توان تحقیقی بر روی دوربین‌های کنترل سرعت در دیگر آزادراه‌های کشور انجام‌داد.

– محققان به دنبال پیداکردن روش‌های جدیدی هستند که مبتنی بر رویکردهای فعالانه هستند که در این تحقیق روشی جدید ارائه‌شد. محققین گرامی می‌توانند در تحقیقی دیگر روش‌های جدیدی را شناسایی کنند.

– علاوه بر محدوده دوربین‌ها در مناطق دیگر جاده‌ها مانند قبل از رمپ‌ها نیز خط‌ترمز مشاهده می‌شود. در تحقیق دیگری می‌توان بر روی آن‌ها نیز مطالعه انجام‌داد.

– در این تحقیق مشاهده‌شد که اکثر رانندگان هنگام نزدیکی به دوربین اقدام به ترمز کرده و پس از آن اقدام به افزایش سرعت می‌کنند. طبق این مشاهده می‌توان تحقیقی روان‌شناختی بر روی این رفتار رانندگان انجام‌داد.

٦- مراجع

– آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران (نشریه ٤١٥).

– شمس‌آبادی، مریم و صادقی، علی اصغر (۱۳۹۸). بررسی تاثیردوربین‌های کنترل سرعت بر ایمنی ترافیک، *ششمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه‌سازان مسکن و ساختمان استان*، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

– میربها، بابک و پورتیموری، محمد (۱۳۹۵). نقش دوربین‌های کنترل سرعت در تغییر رفتار سرعت رانندگان. *دومین همایش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند جاده‌ای*. دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.

-Ali,S.Y. Al-Saleh,O And Koushki,P. A. (1997). Effectiveness of Automated Speed Monitoring Cameras in Kuwait. *Highway Safety Traffic Law Compliance.* Speed Management and Heavy Trucks. Vol.1595. 20-26.

-DePauw,e.Daniels,s.Brijs,t.Hermans,e.Wets,g. (2014). An Evaluation Of The Traffic Safety Effect of Fixed Speed Cameras. *Safety Science*. 168-174.

-De Pauw, E. Daniels, S. Brijs, T. Hermans, E. and Wets, G. (2014). Behavioural effects of fixed speed cameras on motorways: overall improved speed compliance or kangaroo jumps? *Accident Analysis & Prevention*. Vol.73. 132-140.

-Høye, A. (2014). Speed cameras, section control, and kangaroo jumps a meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention.* Vol.73. 200-208.

-Liu, p. Zhang, x. Wang, w. and Xu, c. (2011). Driver Response to Automated Speed Enforcement on Rural Highways in China. *Transportation Research Record*, 2265(-1). 109-117.

-Mountain, L.J., Hirst, W.M. and Maher, M.J. (2004). Costing lives or saving lives? A detailed evaluation of the impact of speed cameras on safety. *Traffic, Engineering and Control*. Vol.45. 280-287.

-Mountain, LJ. Hirst, WM. Maher, MJ. (2005). Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures? The impact of speed management schemes on 30 mph roads. *Accident Analysis & Prevention.* Vol. 37. 742-754.

Effect of Freeway Speed Control Cameras on Safety Level Using the Effect of Brake Lines (Case Study: Tehran – Qom Freeway)

Mohammad Hassan Chegininejad, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Ali Tavakoli Kashani, Associate Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

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

E-mail: alitavakoli@iust.ac.ir

Received: November 2024- Accepted: February 2025

ABSTRACT

Excessive speed is the cause of many accidents. Governments and different countries have used different methods to solve this problem, the most important of which is the use of speed control cameras. but the speed control cameras due to lack of proper geographical location cause a decrease in safety level in the roads because the average of drivers before the camera has a higher speed compared to when they approach to the camera and some drivers have to brake and reduce the speed to escape ticket. The results showed that if the camera has a unsuitable geographical location in terms of the slope, the arc state and the sight distance it will cause drivers to face the camera in an unfavorable position and apply sudden braking, which will reduce the level of safety. As a result of sudden braking, a skid mark is created. In this study, the skid marks of Tehran-Qom freeway was examined, especially the skid mark that is in the range of speed cameras, firstly, to introduce a new method for measuring safety level and secondly, cameras that are in unsuitable location are identified.

Keywords: Sudden Braking, Skid Mark, Speed, Speed Control Camera, Safety