

# تأثیر اقدامات آرامسازی بر سرعت جریان ترافیک با استفاده از روش‌های آماری

## مقاله پژوهشی

شهاب حسینی نسب\*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

امیر شریفی‌راد، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

محسن زاهدی، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.hasani@razi.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۸/۲۷ - پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۴

صفحه ۳۷۴-۳۵۹

## چکیده

مدیریت و کاهش سرعت در نقاط و مناطق حادثه‌خیز از عوامل تأثیرگذار بر افزایش ایمنی مسیر هستند که می‌توانند نرخ تصادفات جرحی و فوتی را پایین آورند. اقدامات آرامسازی از جمله عوامل مؤثر بر کاهش و مدیریت سرعت هستند. به کارگیری غیراستاندارد اقدامات آرامسازی می‌تواند باعث بروز حوادث و نتایج ناگوار گردیده و خسارات قابل‌توجهی را بر شبکه حمل‌ونقل تحمیل نماید. بنابراین با ارزیابی اقدامات آرامسازی بر روی سرعت جریان و به دست آوردن برد مکانی آن‌ها می‌توان به راهکارهای مناسب کنترل سرعت در مناطق حادثه‌خیز دست یافت. در این پژوهش به بررسی تأثیرات اقدامات آرامسازی بر سرعت عملکردی در محل نصب و قطعه پس از نصب اقدامات در شرایط جریان آزاد پرداخته شده است. تغییرات سرعت در سه فاز سرعت قطعه قبل و محل نصب، سرعت قطعه بعد و محل نصب، سرعت قطعه قبل و قطعه بعد مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل اطلاعات توسط روش‌های آماری صورت گرفت. از ضریب همبستگی و آزمون t وابسته برای بررسی اطلاعات استفاده شد. با توجه به نتایج این آزمون‌ها، در فاصله اطمینان ۹۵٪ سرعت عملکردی بعد از محل نصب سرعت‌کاه با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی است، تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی قطعه قبل و بعد از سرعت‌کاه وجود دارد. سرعت عملکردی قطعه بعد با قطعه قبل از میدان دارای رابطه و همبستگی نیست، و تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی این دو قطعه وجود ندارد. سرعت عملکردی قطعه بعد با قطعه قبل از دوربین دارای رابطه و همبستگی نیست، در سرعت عملکردی قطعه قبل و قطعه بعد از محل نصب دوربین تفاوت معناداری وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: سرعت عملکردی، اقدامات آرامسازی، مدیریت سرعت

## ۱-مقدمه

مرگ از سن ۱۵ تا ۲۹ سالگی در سال ۲۰۱۲ بوده است [افندی‌زاده، جوانشیر، شمعیان ۱۳۹۴]. با وجود افزایش جمعیت و زندگی ماشینی و پیش‌بینی افزایش در مرگومیر، از سال ۲۰۰۷ به بعد از رشد تعداد افراد کشته‌شده در حوادث رانندگی کاسته شد. این امر نشان می‌دهد مداخلات انجام‌شده در طول چند سال گذشته برای بهبود جهانی ایمنی

حوادث جاده‌ای یکی از مهم‌ترین عوامل جراحت و مرگومیر انسان‌ها است. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی ۱/۲۵ میلیون نفر در سال ۲۰۱۳ و ۱/۲۴ میلیون نفر در سال ۲۰۱۰ به علت حوادث جاده‌ای جان خود را از دست داده‌اند. [افندی‌زاده، جوانشیر، شمعیان ۱۳۹۴، Thomas, et al., 2008] صدمات جاده‌ای مهم‌ترین عامل

دسترسی به روستاها، ۸۵ درصد از شبکه راه‌های بین‌شهری ایران را راه‌های اصلی و فرعی تشکیل می‌دهند، که اکثریت آن‌ها راه‌های دوخطه- دوطرفه‌اند. مطابق آمار سال‌های گذشته در این بخش از شبکه راه‌های برون‌شهری، بین ۵۰ تا ۶۰ درصد تصادفات رخ داده است. [Group, 2005] هدف از انجام این پژوهش بررسی نقش عوامل مختلف در آرام سازی ترافیک در مبادی ورودی شهر هاست. در این راستا تغییرات سرعت در این نقاط و نیز در راه‌های برون‌شهری دوطرفه با خطوط رفت و برگشت مجزا بررسی شد. از آزمون زوجی برای تحلیل قسمتی از اطلاعات این پژوهش استفاده شد.

## ۲-پیشینه تحقیق

جیتکین و همکاران در سال ۲۰۱۶ به تجزیه و تحلیل اقدامات آرام‌سازی از قبیل اقدامات فیزیکی (سرعت‌گیر، سرعت‌کاه، خطوط عابر پیاده برجسته) و جزایر ایمنی و دوربین‌های ثبت سرعت در جاده‌های لیتوانی پرداخته‌اند. تجزیه و تحلیل‌ها در این پژوهش نشان می‌دهند اقدامات عمودی آرام‌سازی در ایمنی بسیار مؤثر بوده به صورتی که تعداد تصادفات منجر به مرگ و جراحت ۶۰٪ کاهش داشته و تعداد افراد مجروح ۶۳٪ کاهش و تعداد افراد کشته‌شده ۸۲٪ کاهش یافته است. جزایر ایمنی مطرح‌شده در جاده‌های اصلی نشان دادند که تعداد تصادفات منجر به مرگ و جراحت ۳۵٫۷٪ کاهش یافته و تعداد افراد مجروح ۴۰٪ کاهش یافته و تعداد افراد کشته‌شده ۲۸٫۶٪ کاهش یافته است. پس از نصب دوربین‌های ثبت سرعت تعداد تصادفات فوتی و جرحی ۳۲٪ کاهش یافته، تعداد افراد مجروح ۳۶٪ و تعداد افراد کشته‌شده ۳۳٪ کاهش یافته است، البته تصادفات فوتی و جرحی با توجه به عوامل اضافی (رانندگی تحت تأثیر الکل، بدون داشتن حق رانندگی و حوادث مربوط به حیوانات) حذف گردیده‌اند. [Thomas et al. 2008]. مونتین، هیرست و ماهر در سال ۲۰۰۵ به ارزیابی تأثیر طرح‌های مدیریت سرعت در هر دو سرعت ترافیک و حوادث پرداخته‌اند. با استفاده از رگرسیون به ارزیابی تأثیر طرح‌های مدیریت سرعت در هر دو سرعت ترافیک و حوادث پرداخته است. از نظر کاهش تصادفات طرح‌های تغییر شکل عمودی

جاده مؤثر واقع شده است [افندی‌زاده، جوانشیر، شمعیان ۱۳۹۴]. سرعت یکی از دلایل اصلی حوادث جاده‌ای و افزایش تلفات و جراحات مربوط به آن می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد، در اکثر کشورها سرعت عامل وقوع ۳۰ درصد از تصادفات جاده‌ای منجر به فوت یا جراحت شدید است. در سرعت‌های بالاتر فواصل دید تصمیم‌گیری و توقف به صورت توانی افزایش یافته و شدت ضربه‌ی ایجادشده در اثر تصادف نیز افزایش می‌یابد. [Washington, et. al. 2007]. امروزه در بسیاری از کشورهای جهان، تلاش‌های گسترده‌ای در امر کنترل و کاهش سرعت وسایل نقلیه به عنوان یکی از راه‌های اصلی در جهت ایمن‌سازی و افزایش سطح ایمنی معابر به مرحله اجرا درمی‌آید. به مجموعه این فرآیند اصطلاحاً آرام‌سازی جریان ترافیک گویند. آرام‌سازی ترافیک، تفکر جدیدی نیست اما در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته و اقدامات مربوط به آن در نقاط مختلف جهان، کاربردی‌تر شده است. [Organization 2015] اقدامات آرام‌سازی به دو روش فیزیکی و غیرفیزیکی انجام می‌گیرند. روش غیرفیزیکی فقط بر روی کاهش سرعت وسایل نقلیه مؤثر است. روش فیزیکی علاوه بر کاهش سرعت وسایل نقلیه از حجم تردد نیز می‌کاهد. لذا اعمال تغییرات فیزیکی با هدف آرام‌سازی ترافیک در معبری نامتناسب و یا با مشخصات اجرایی نادرست در افزایش ایمنی کاربران مؤثر نیست، و حتی می‌تواند باعث افزایش احتمال وقوع تصادفات رانندگی و کاهش ایمنی، امنیت و آرامش رانندگان و کاربران حمل‌ونقل‌های غیرموتوری و ساکنان حاشیه معبر گردد. اجرای اقدامات آرام‌سازی بدون توجه به شرایط و خصوصیات ویژه هر معبر ممکن نیست. احداث تسهیلات آرام‌سازی ترافیک با ابعاد و اندازه‌های گوناگون و غیراستاندارد می‌تواند باعث بروز حوادث و نتایج ناگوار گردیده و خسارات قابل توجهی را بر شبکه حمل‌ونقل تحمیل نماید. [Mountain et. al. 2005] بخش زیادی از شبکه راه‌های ایران، راه‌های دوخطه- دوطرفه هستند که ۳۰ درصد این شبکه را به طول ۲۱۵۷۹ کیلومتر تشکیل داده‌اند. [Lamm & Kloeckner, 1984] با صرف نظر از راه‌های

تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای، با تحلیل سی و پنج مطالعه قبلی در رابطه با نقش دروبین‌های کنترل سرعت در کاهش میانگین سرعت تردد و تصادفات جاده‌ای در نقاط مختلف جهان و مقایسه نتایج قبل و بعد از تجهیز راه‌ها به این سیستم کاهش ۱ تا ۱۵ درصدی میانگین سرعت ثبت شده، کاهش ۸ تا ۴۹ درصدی تصادفات جاده‌ای، و کاهش ۱۱ تا ۴۴ درصدی تصادفات جاده‌ای منجر به فوت یا جراحات جدی را نتیجه گرفتند. نقش تأثیرگذار دروبین کنترل سرعت نقطه‌ای در افزایش ایمنی و کاهش تصادفات در جدول ۱ برای برخی کشورها نشان داده شده است.

مانند سرعت کاه ۴۴٪ و سایت‌هایی که در آن دروبین ایمنی به کار گرفته شد ۲۲٪ و طرح‌های افقی ۲۹٪ مؤثر بوده‌اند. [Mountain, 2005]

رحیمی و همکارانش در بررسی میزان اثربخشی دروبین‌های کنترل سرعت در کاهش سرعت میانگین و تخلف تخطی از سرعت مجاز در آزادراه زنجان-تبریز در یک دوره شش ماهه پس از نصب دروبین‌های، به این نتیجه رسیده‌اند که سرعت متوسط  $2.0 \pm 0.3$ ٪ و تعداد تخلف سرعت غیرمجاز حداقل  $4 \pm 0.4$ ٪ کاهش یافته است. ویلسون و همکارانش با بررسی نقش دروبین‌های کنترل سرعت در جلوگیری از صدمات و

#### جدول ۱. نقش تأثیرگذار دروبین کنترل سرعت نقطه‌ای در کاهش تصادفات

کاهش نرخ تصادفات سرعت	
-کاهش ۸٫۹٪ درکل تصادفات	انگلستان [۶]
-کاهش ۱۲٫۱٪ در تصادفات منجر به مرگ	
-کاهش ۳۰٪ در تصادفات جاده اصلی ملبورن	
-کاهش ۲۰٪ در تصادفات در راه‌های بین‌شهری با حداکثر سرعت مجاز ۶۰ کیلومتر در ساعت	استرالیا، ایالت ویکتوریا [۷]
-کاهش ۲۰٪-۲۵٪ در تعداد تصادفات جرحی در مقطعی از راه مجهز به دروبین	آمریکا [۸]
-کاهش ۳۵٪ در تصادفات جرحی با استفاده از دروبین‌های ثابت	بلژیک، بروکسل [۹]
-کاهش ۱۴٪ در تصادفات جرحی با استفاده از دروبین‌های متحرک	
-کاهش در نرخ تصادفات تا ۱۸٪ و تصادفات منجر به فوت در حدود ۷٪	آلمان [۱۰]
-۱۱٪ کاهش در نرخ برخوردها	نیوزلند [۱۰]

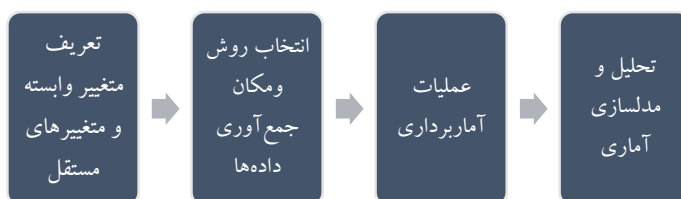
### ۳- مواد و روش‌ها

را انتخاب می‌کنند و برای هر یک از اجزای مسیر در شرایط آزاد جریان ترافیکی، برابر با سرعتی است که ۸۵ درصد رانندگان، سرعت معادل با آن و یا کمتر را انتخاب می‌کنند. سرعت عملکردی نشان‌دهنده سرعتی است که اکثر رانندگان

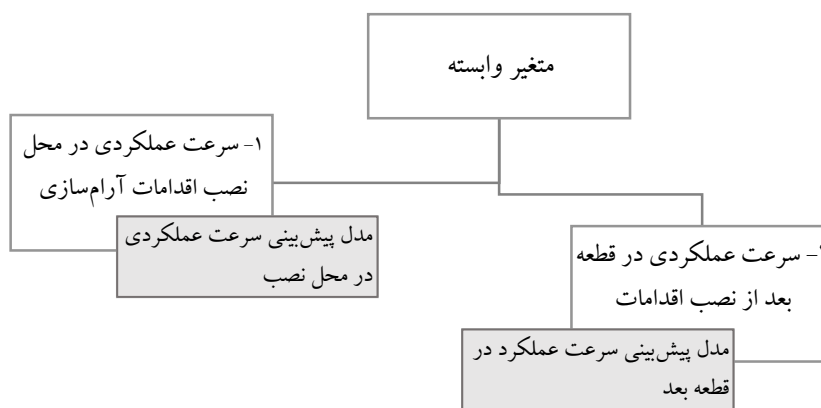
برای مدل‌سازی سرعت جریان یا میزان اثرسنجی اقدامات آرام‌سازی بر روی سرعت از سرعت ۸۵ درصد استفاده می‌شود. طبق تعریف سرعت عملکردی سرعتی است که در شرایط آزاد جریان ترافیکی، رانندگان وسیله نقلیه این سرعت

را به صورت مختصر نشان می‌دهد. هدف اصلی این پژوهش میزان اثربخشی اقدامات آرامسازی بر سرعت جریان و تدوین روابط پیش‌بینی سرعت عملکردی در نقطه محل نصب آرامسازها و قطعه بعد از آن‌ها است. با توجه به اهداف پژوهش متغیر وابسته سرعت عملکردی در محل نصب اقدامات آرامسازی و سرعت عملکردی در قطعه بعد از آن است. بررسی ارتباط متغیر وابسته، سرعت عملکردی، با متغیرهای مربوط به قطعه راه، شرایط محیطی، متغیر مربوط به قطعه قبل و اقدامات آرامسازی مستلزم به تعریف متغیرهای مستقل متعددی است. شکل ۳ دسته‌بندی متغیرهای مستقل به کارگرفته شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. در راستای رسیدن به اهداف پژوهش داده‌ها در محدوده مکانی، راه‌های بین‌شهری و مبادی ورودی شهرستان‌های خرم‌آباد، بروجرد، الشتر و دوره چگنی جمع‌آوری گردید. داده‌های جمع‌آوری شده در راه‌های چهارخطه جمع‌آوری گردید به دلیل کم‌کاربرد بودن اقدامات آرامسازی سطح دو در راه‌های بین‌شهری، محدوده مطالعه این پژوهش برای اقدامات فیزیکی اغلب مبادی ورودی شهر بود. گردآوری داده‌ها در روشنایی روز صورت گرفت. جدول ۲ محورهای مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

با توجه به مجموعه عوامل مذکور به عنوان سرعت مناسب و ایمن در راه به رسمیت می‌شناسند. اقدامات آرامسازی به عنوان یکی از پرکاربردترین ابزارهای مدیریت سرعت در دنیا شناخته می‌شوند. با سنجیدن سرعت در قطعه مکانی قبل از آرامسازی، محل نصب آن و قطعه بعد از آن می‌توان تأثیر این اقدامات را در این محدوده‌ها بررسی نمود. در این بررسی علاوه بر نشان دادن تأثیرات آرامسازی در نقاط حادثه‌خیز و قطعات قبل و بعد، می‌توان از نتایج به دست آمده در کنترل سرعت مناطق حادثه‌خیز نیز استفاده نمود در راستای ارائه مدل‌های مذکور تعداد ۲۴ متغیر مستقل برای هر یک از مدل‌ها در نظر گرفته شد. این متغیرها در ۴ گروه از عوامل تأثیرگذار بر سرعت عملکردی رانندگان وسایل نقلیه، شامل عوامل مرتبط با قطعه راه، شرایط محیطی، متغیر مرتبط با قطعه قبل و اقدامات آرامسازی انتخاب شدند. تعدادی از متغیرهای انتخاب شده در این پژوهش متغیرهای مهم در مطالعات قبلی بوده‌اند، و مابقی در مطالعات پیشین استفاده نشده و یا کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. عملیات میدانی در تابستان و پاییز ۹۶ در راه‌های استان لرستان انجام گرفت. در نهایت برای مدل‌سازی‌های مورد نیاز از پایگاه اطلاعاتی گردآوری شده در این پژوهش از رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. شکل ۳-۱ مراحل اصلی انجام پایان‌نامه



شکل ۱. مراحل اصلی پژوهش



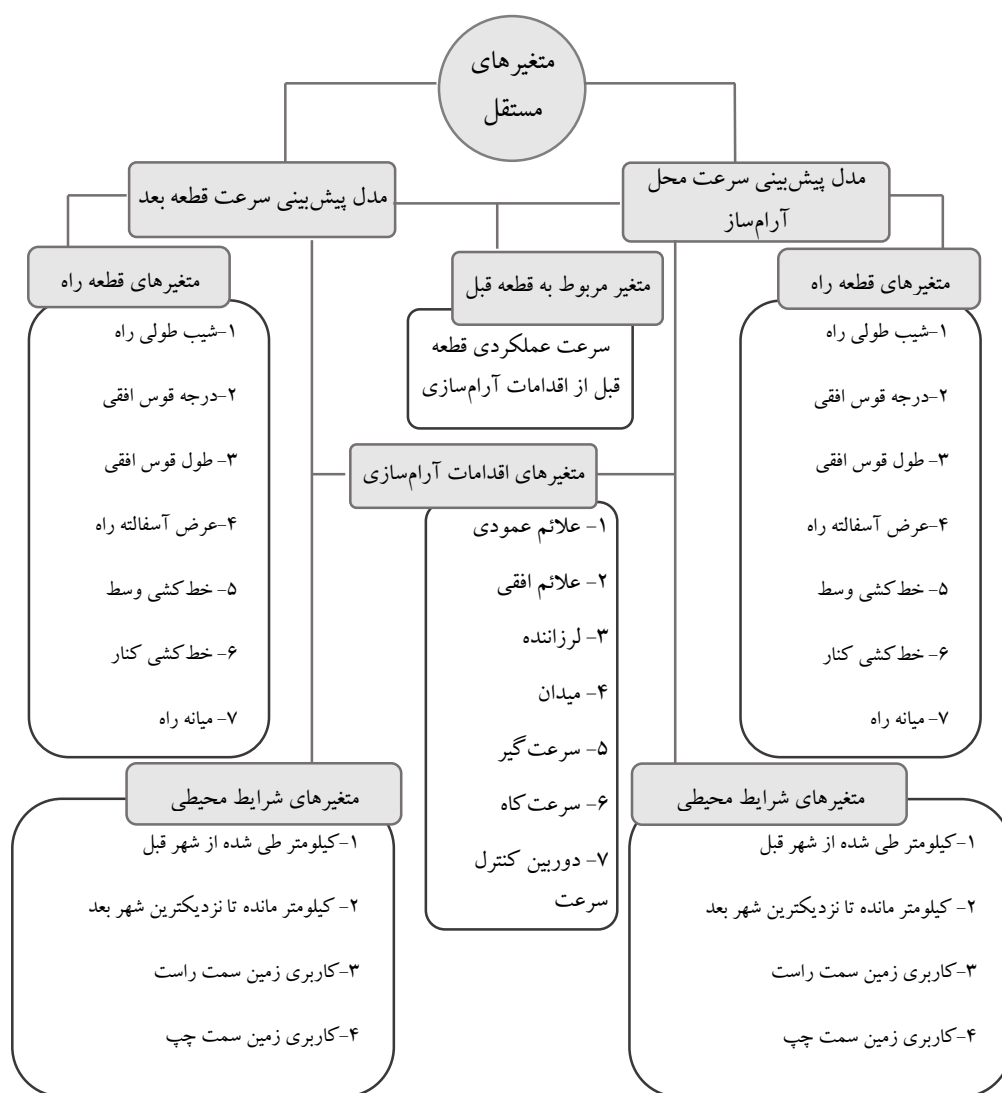
شکل ۲. دسته بندی متغیر وابسته

جدول ۲. مکان جمع آوری داده ها

ردیف	نام محور
۱	محور خرم آباد- الشتر
۲	مبادی ورودی الشتر- فیروزآباد
۳	کمربندی خرم آباد
۴	مبادی ورودی خرم آباد- پلدختر
۵	محور خرم آباد- سراب دوره
۶	محور سراب دوره- کوهدشت
۷	محور خرم آباد- بروجرد
۸	مبادی ورودی بروجرد-همدان

### روش جمع آوری داده ها

اطلاعات لازم برای انجام پژوهش به سرعت وسایل نقلیه، شرایط و مشخصات مسیر تقسیم می گردند. سرعت وسایل نقلیه از طریق سرعت سنجی وسایل نقلیه در محل مورد نظر جمع آوری گردید. برخی از اطلاعات شرایط و مشخصات مسیر با حضور در نقطه مورد نظر و برخی از طریق نقشه های موجود قابل تهیه می باشد. سرعت سنجی وسایل نقلیه توسط سرعت سنج لیزری ثبت گردید، و از سرعت نقطه ای وسایل نقلیه استفاده شد.



شکل ۳. دسته بندی متغیرهای مستقل

تابلوی وجود دوربین سعی شده در ۲۵۰ متری محل نصب باشد. لازم به ذکر است سرعت وسایل نقلیه در حالت جریان آزاد، سرفاصله زمانی از خودروی جلویی حداقل پنج ثانیه و از خودروی پشت سر حداقل سه ثانیه، گردآوری شدند. در زمان گردآوری اطلاعات پلیس در منطقه حضور نداشته و سعی شده است رانندگان متوجه حضور لیزرگان جانمایی شده در خودروی پژوهشگر نشوند. این پژوهش تغییرات سرعت در مبادی ورودی شهرها و راه‌های برون‌شهری دوطرفه با خطوط رفت و برگشت مجزا را مورد بررسی قرار داده است. از آزمون زوجی برای تحلیل قسمتی از اطلاعات این پژوهش استفاده شد. این آزمون معمولاً برای پژوهش‌های تجربی و نشان دادن تأثیر یک نوع مداخله به‌کاربرده می‌شود. از آزمون  $t$  وابسته برای مقایسه دو میانگین، زمانی که دو گروه از هم مستقل نباشند استفاده می‌شود. اطلاعات توسط نرم‌افزار آماری SPSS تحلیل شد.

#### تحلیل اطلاعات

اطلاعات مربوط به سرعت وسایل نقلیه در سه قطعه قبل، محل نصب اقدامات آرام‌ساز و بعد از محل نصب اقدامات جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به بررسی تغییرات سرعت متوسط وسایل نقلیه عبوری در حین عملیات داده‌برداری و سرعت عملکرد طبق استاندارد ۱۴۲۳۷، پرداخته می‌شود.

#### سرعت‌کاه

یکی از اقدامات پرکاربرد و تأثیرگذار آرام‌سازی سرعت‌کاه است. سرعت‌کاه‌های که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند سرعت‌کاه‌های طولیل هستند. شکل ۴ میزان تأثیرگذاری این اقدام بر روی میانگین سرعت عملکردی بدون در نظر گرفتن اقدامات آرام‌سازی فیزیکی مورد نظر را نشان می‌دهد.

نقاط مورد مطالعه در این پایان‌نامه، در سه بخش قطعه قبل از آرام‌ساز، محل نصب و قطعه بعدازآن با توجه به شرایط زیر شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفتند:

— شرایط روسازی مناسب باشد.

— پلیس راهنمایی و رانندگی در نزدیکی هیچ‌یک از بخش‌های مورد مطالعه در زمان ثبت سرعت خودروها حضور نداشته باشد.

— چراغ‌های ترافیکی در قطعات قبل و بعد از بخش‌های مذکور وجود نداشته باشند.

جمع‌آوری داده‌های سرعت با توجه به نکات زیر صورت گرفت:

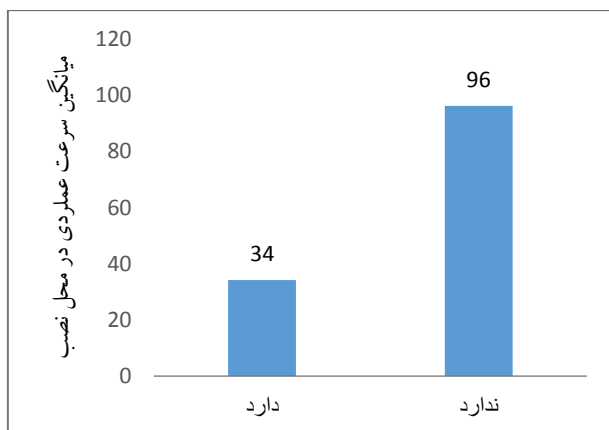
— سرعت‌سنجی در روشنایی روز صورت گرفت.

— پژوهشگر سرعت‌سنجی را در شرایط نامحسوس انجام دهد. اگر رانندگان متوجه شوند که سرعت آن‌ها کنترل می‌شود ممکن است تصور کنند پلیس قصد اعمال مقررات و جریمه دارد، در نتیجه سرعت خود را کاهش خواهند داد. در این صورت اندازه‌گیری‌ها شرایط واقعی محل را نشان نمی‌دهد.

— سرعت‌سنجی از وسایل نقلیه در شرایط جریان آزاد صورت گرفت. در این حالت حداقل سرفاصله زمانی بین خودروی مورد نظر تا خودروی جلویی ۵ ثانیه و حداقل این مقدار تا خودروی پشت‌سر ۳ ثانیه در نظر گرفته شده است. [۱۶]

لازم به ذکر است وسایل نقلیه مورد مطالعه در این پژوهش خودروهای سبک سواری هستند، و از خودروهای سبک باری و وسایل نقلیه سنگین به دلیل تفاوت رفتار رانندگی و محدود بودن عبور آن‌ها در هنگام جمع‌آوری داده، صرف‌نظر گردید.

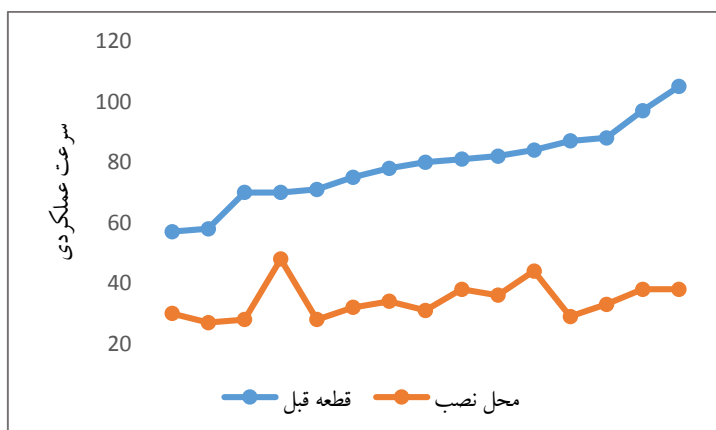
در این پژوهش از آنجاکه متغیر وابسته، پیوسته و تک‌سطحی می‌باشد، استفاده از رگرسیون خطی چندگانه مورد استفاده قرار گرفت. [۷۱] سرعت‌های وسایل نقلیه سبک سواری در سه قطعه قبل، محل نصب دوربین و قطعه بعد از دوربین جمع‌آوری گردید، فاصله قطعات از اقدام آرام‌ساز یا



شکل ۴. ارتباط میانگین سرعت عملکردی با سرعت کاه

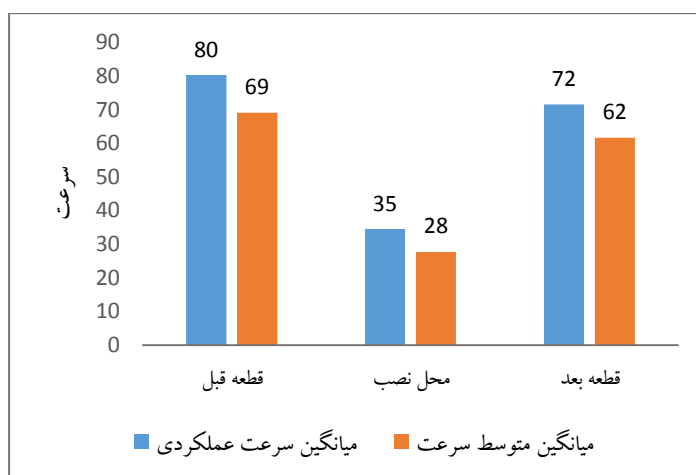
شکل ۶ ارتباط میانگین سرعت عملکردی و میانگین متوسط سرعت را با قطعه بعد، قبل و محل نصب سرعت کاه نشان می دهد.

شکل ۵ ارتباط میان سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب سرعت کاه را نشان می دهد. از این شکل می توان دریافت که رفتار رانندگان در محل نصب سرعت کاه متأثر از سرعت قطعه قبل نیست و تقریباً رفتار ثابتی از خود به نمایش می گذارند.



شکل ۵. ارتباط میان سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب سرعت کاه





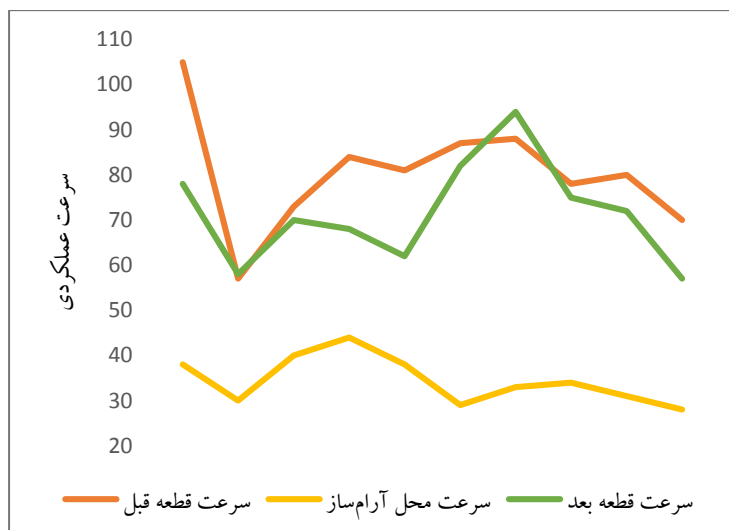
شکل ۶. رابطه میانگین سرعت با قطعات مختلف سرعت کاه

جدول ۳. ضریب همبستگی سرعت عملکردی قطعات مختلف سرعت کاه

	Correlation	Sig.
سرعت قطعه قبل - سرعت محل نصب	۰/۳۴۸	۰/۳۲۵
سرعت محل نصب - سرعت قطعه بعد	۰/۰۱۵	۰/۹۶۸
سرعت قطعه قبل - سرعت قطعه بعد	۰/۶۵۷	۰/۰۳۹

عملکردی قطعه بعد و سرعت عملکردی محل نصب برابر  $Sig=۰/۹۶۸$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی محل نصب سرعت کاه با قطعه بعدش دارای رابطه و همبستگی نیست. در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه بعد و سرعت عملکردی قطعه قبل از محل نصب سرعت کاه برابر  $Sig=۰/۰۳۹$  یعنی فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  پذیرفته می‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی بعد از محل نصب سرعت کاه با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی است.

در آزمون  $t$  وابسته همبستگی بین سرعت عملکردی قطعات مختلف را مورد بررسی قرار می‌گیرد. در جدول ۳ ضریب همبستگی بین سرعت عملکردی قطعات مختلف سرعت کاه ارائه می‌گردد. طبق اطلاعات جدول فوق که در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه قبل و سرعت عملکردی محل نصب برابر  $Sig=۰/۳۲۵$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی محل نصب سرعت کاه با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی نیست. در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت

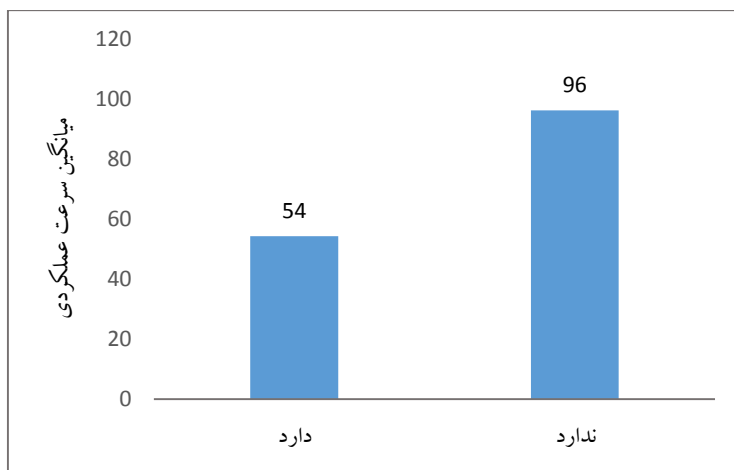


شکل ۷. سرعت عملکردی قطعات مختلف سرعت‌کاه

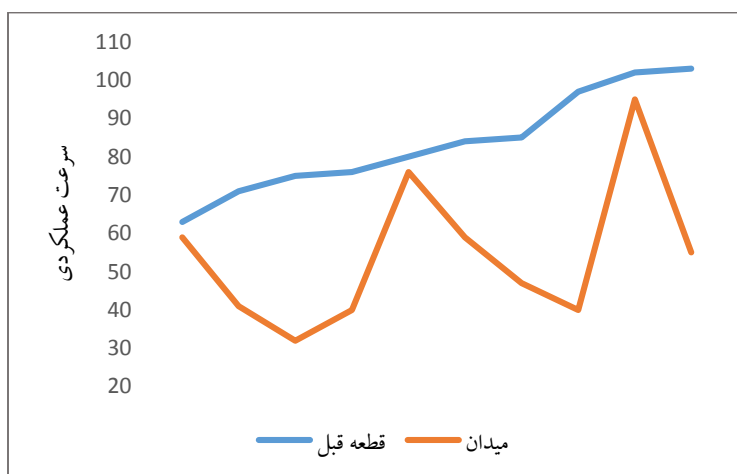
نصب حد پایین و بالا هر دو مثبت هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، یعنی در سرعت عملکرد قطعه بعد و محل نصب تفاوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر  $37/1$  است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکرد در قطعه بعد از محل نصب بیشتر است. با توجه به اطلاعات جدول، در فاصله اطمینان  $95\%$  سطح معنی‌داری برابر با  $Sig=0.023$  است، از طرفی چون در بازه اطمینان  $95\%$  در برای اختلاف سرعت عملکرد قطعه قبل و بعد از محل نصب حد پایین و بالا هر دو منفی هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، یعنی در سرعت عملکرد قطعه قبل و قطعه بعد از محل نصب سرعت‌کاه اوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر  $-8/7$  است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکرد در قطعه قبل از قطعه بعد از محل نصب بیشتر بوده است.

شکل ۷ سرعت عملکردی قطعات قبل، بعد و محل نصب سرعت‌کاه را نشان می‌دهد. این نمودار علاوه بر نمایش تأثیر سرعت‌کاه بر سرعت نمایانگر همبستگی میان سرعت قبل و بعد از سرعت‌کاه است. با توجه به نتایج آزمون  $t$  وابسته، در فاصله اطمینان  $95\%$  سطح معنی‌داری برابر با  $Sig=0.00$  است، از طرفی چون در بازه اطمینان  $95\%$  در برای اختلاف سرعت عملکرد قطعه قبل و محل نصب حد پایین و بالا هر دو منفی هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، بدین منظور که در سرعت عملکرد قطعه قبل و محل نصب تفاوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر  $-45/8$  است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکرد در قطعه قبل از محل نصب بیشتر بوده است.

در فاصله اطمینان  $95\%$  سطح معنی‌داری برابر با  $Sig=0.00$  است، علاوه بر آن چون در بازه اطمینان  $95\%$  در برای اختلاف سرعت عملکرد قطعه قبل و محل



شکل ۸. ارتباط بین میانگین سرعت عملکردی با میدان



شکل ۹. ارتباط میان سرعت عملکردی قطعه قبل و محل میدان

شکل ۹ نشان‌دهنده ارتباط میان سرعت عملکردی میان قطعه قبل و میدان است. همان‌گونه که از نمودار پیداست رفتار رانندگان وسیله نقلیه در انتخاب سرعت حول میدان چندان متأثر از سرعت قطعه قبل نیست، لازم به ذکر است انتخاب سرعت در این مقطع بیشتر به ویژگی‌های میدان و نوع چرخش وسایل نقلیه در میدان بستگی دارد. در آزمون  $t$  وابسته همبستگی بین سرعت عملکرد قطعات مختلف را مورد بررسی قرار می‌دهیم. جدول ۷ ضریب همبستگی بین سرعت عملکردی قطعات مختلف میدان را نشان می‌دهد.

در این قسمت به بررسی تأثیرات میدان بر قطعات قبل و بعد و محل احداث این اقدام بر روی سرعت عملکردی قطعات مذکور، بدون در نظر گرفتن دیگر متغیرهای راه می‌پردازیم، سپس نتایج آزمون زوجی را بررسی می‌نماییم. میدان از جمله اقدامات آرام‌سازی است که در مبادی ورودی شهرها کاربرد دارد. در این اقدام با انحراف وسایل نقلیه از مسیر مستقیم خود سعی در کاهش سرعت و مدیریت آن دارد. شکل ۸ بیانگر ارتباط بین میانگین سرعت عملکردی در محل میدان و دیگر نقاط موجود بدون اقدام آرام‌سازی سطح دوم است.

جدول ۴. ضریب همبستگی سرعت عملکردی قطعات مختلف میدان

	Correlation	Sig.
سرعت قطعه قبل - سرعت محل احداث	۰/۳۵۷	۰/۲۸۱
سرعت محل احداث - سرعت قطعه بعد	۰/۸۲۹	۰/۰۰۲
سرعت قطعه قبل - سرعت قطعه بعد	۰/۵۳۰	۰/۰۹۳

$H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  پذیرفته می‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی محل احداث میدان با قطعه بعدش دارای رابطه و همبستگی است. در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه بعد و سرعت عملکردی قطعه قبل از میدان برابر  $Sig=0/093$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی قطعه بعد با قطعه قبل از میدان دارای رابطه و همبستگی نیست.

طبق جدول ۴ که در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه قبل و سرعت عملکردی محل احداث میدان برابر  $Sig=0/281$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی محل احداث میدان با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی نیست. در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه بعد و سرعت عملکردی محل نصب برابر  $Sig=0/002$  یعنی فرض



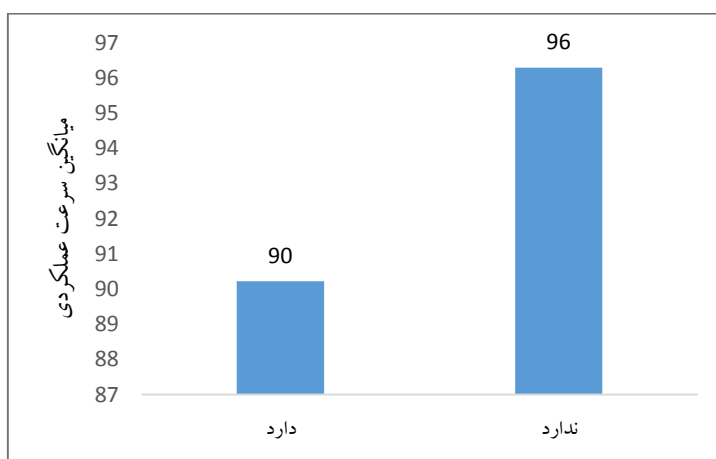
شکل ۱۰. سرعت عملکردی قطعات مختلف میدان

درصدی برای اختلاف سرعت عملکردی قطعه قبل و محل احداث حد پایین و بالا هر دو منفی هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، بدین منظور که در سرعت عملکردی قطعه قبل و محل احداث میدان تفاوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر  $30/55-$  است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکردی در قطعه قبل از محل احداث بیشتر بوده است. نتیجه آزمون

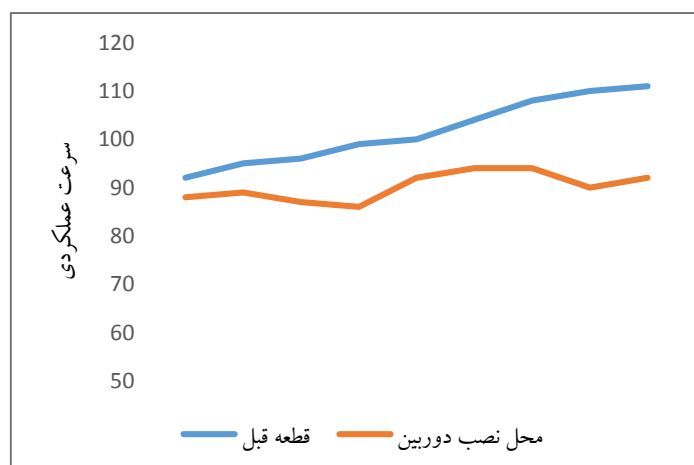
شکل ۱۰ سرعت عملکردی قطعات قبل، بعد و محل میدان را نشان می‌دهد. این نمودار علاوه بر نمایش تأثیر میدان بر سرعت نشان‌دهنده همبستگی میان سرعت قطعه بعد و محل میدان است. با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۴-۱۷ نتایج آزمون  $t$  وابسته، برای محل احداث میدان و قطعه بعدش در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری برابر با  $Sig=0.00$  است، از طرفی چون در بازه اطمینان ۹۵

دوربین کنترل ترافیک این بخش شامل بررسی تأثیر دوربین کنترل ترافیک بر سرعت عملکردی قطعات قبل، بعد و محل نصب دوربین، همبستگی سرعت عملکردی قطعات مذکور و تحلیل نتایج آزمون زوجی است. دوربین‌ها غالباً در نقاط حادثه‌خیز کاربرد زیادی دارند. دوربین‌های کنترل ترافیک علاوه بر افزایش ایمنی نقاط حادثه‌خیز، امکان اعمال قانون و مستندسازی جرائم را به پلیس می‌دهد. این اقدام از جمله اقداماتی است که قبلاً هم مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در شکل ۱۱ رابطه بین میانگین سرعت عملکردی بدون در نظر گرفتن اقدامات سطح دو آرام‌سازی و دوربین را بیان می‌کند. در این نمودار افت سرعت محسوسی در سرعت وسایل نقلیه هنگام مواجهه با دوربین وجود دارد.

برای قطعه بعد و محل احداث میدان در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری برابر با  $Sig=0.00$  است، علاوه بر آن چون در بازه اطمینان ۹۵ درصدی برای اختلاف سرعت عملکرد قطعه قبل و محل احداث حد پایین و بالا هر دو مثبت هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، یعنی در سرعت عملکرد قطعه بعد و محل احداث میدان تفاوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر ۲۵/۰۹ است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکرد در قطعه بعد از محل احداث بیشتر است. برای قطعه بعد و قبل از میدان، در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری برابر با  $Sig=0.186$  است، از طرفی چون در بازه اطمینان ۹۵ درصدی برای اختلاف سرعت عملکرد قطعه قبل و بعد از محل احداث حد پایین منفی و حد بالا مثبت است، فرض  $H_0$  رد نمی‌شود، یعنی در سرعت عملکرد قطعه قبل و قطعه بعد از محل احداث میدان تفاوت معناداری وجود ندارد.



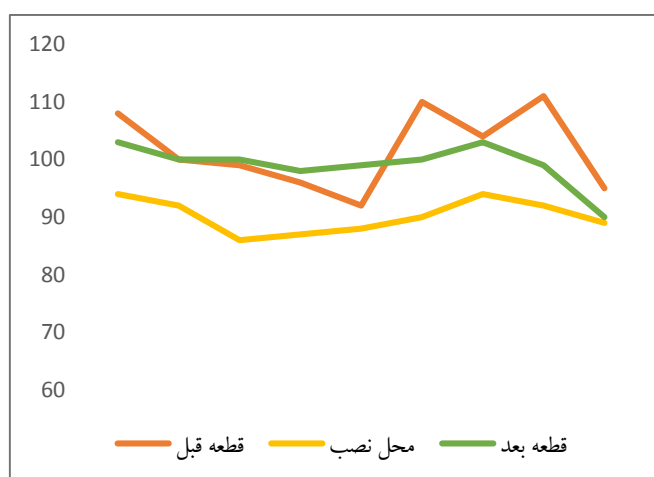
شکل ۱۱. رابطه بین سرعت عملکردی و دوربین در محل نصب



شکل ۱۲. مقایسه سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب دوربین

جدول ۵. ضریب همبستگی سرعت عملکردی قطعات مختلف دوربین

	Correlation	Sig.
سرعت قطعه قبل - سرعت محل نصب	۰/۶۳۶	۰/۰۶۶
سرعت محل نصب - سرعت قطعه بعد	۰/۴۶۳	۰/۲۰۹
سرعت قطعه قبل - سرعت قطعه بعد	۰/۴۹۴	۰/۱۷۷



شکل ۱۳. سرعت عملکردی قطعات مختلف دوربین

رابطه و همبستگی نیست. در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه بعد و سرعت عملکردی محل نصب برابر  $Sig=0/209$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به عبارت دیگر سرعت عملکردی قطعه بعد از محل نصب دوربین با سرعت عملکردی محل نصب دارای رابطه و همبستگی نیست. در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه بعد و سرعت عملکردی قطعه قبل از دوربین برابر  $Sig=0/177$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی قطعه بعد با قطعه قبل از دوربین دارای رابطه و همبستگی نیست. شکل ۱۳ سرعت عملکردی قطعات قبل، بعد و محل نصب دوربین را

شکل ۱۲ مقایسه سرعت عملکردی در قطعه قبل و محل نصب دوربین را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان گفت با افزایش سرعت عملکردی قطعه قبل تأثیر دوربین کنترل ترافیک بیشتر می‌شود. در جدول ۵ همبستگی بین سرعت عملکردی قطعات مختلف را در مواجهه با دوربین کنترل ترافیک مورد بررسی قرار داده شده است. طبق اطلاعات جدول ۵ که در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری بین سرعت عملکردی قطعه قبل و سرعت عملکردی محل نصب دوربین کنترل ترافیک برابر  $Sig=0/066$  یعنی فرض  $H_0$  رد نمی‌شود به تعبیر دیگر سرعت عملکردی محل نصب دوربین با قطعه قبلش دارای

سرعت‌کاه نسبت به قطعه قبلش ۱۰٪ است، میزان کاهش میانگین سرعت عملکرد ۱۰٪ درصد بوده است.

با توجه به نتایج آزمون  $t$  وابسته و همبستگی، در فاصله اطمینان ۹۵٪ بین سرعت عملکردی محل نصب و قطعه قبل، سرعت‌کاه دارای رابطه و همبستگی نیست، تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی قطعات مذکور وجود دارد. رفتار رانندگان در محل نصب سرعت‌کاه متأثر از سرعت قطعه قبل نیست و تقریباً رفتار ثابتی از خود به نمایش می‌گذارند. سرعت عملکردی قطعه بعد از سرعت‌کاه با محل نصبش دارای رابطه و همبستگی نیست، و تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی این دو قطعه وجود دارد. اما سرعت عملکردی بعد از محل نصب سرعت‌کاه با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی است، تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی قطعه قبل و بعد از سرعت‌کاه وجود دارد.

• طبق اطلاعات موجود میانگین سرعت متوسط در محل احداث میدان نسبت به قطعه قبلش ۳۶٪ کاهش داشته است، این نسبت برای میانگین سرعت عملکردی ۳۵٪ کاهش است. میانگین سرعت متوسط در قطعه بعد نسبت به محل میدان ۴۹٪ افزایش داشته است، میزان افزایش سرعت عملکرد برای این تناسب ۴۵٪ بوده است. میزان کاهش میانگین سرعت متوسط در قطعه بعد از میدان نسبت به قطعه قبلش ۵٪ است، میزان کاهش میانگین سرعت عملکرد ۶٪ درصد بوده است. با توجه به نتایج آزمون زوجی و همبستگی، در فاصله اطمینان ۹۵٪ سرعت عملکردی محل احداث میدان با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی نیست، تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی قطعه قبل و محل احداث وجود دارد. رفتار رانندگان وسیله نقلیه در انتخاب سرعت حول میدان چندان متأثر از سرعت قطعه قبل نیست، لازم به ذکر است انتخاب سرعت در این مقطع بیشتر به ویژگی‌های میدان و نوع چرخش وسایل نقلیه در میدان بستگی دارد. سرعت عملکردی قطعه بعد و محل احداث میدان دارای رابطه و همبستگی است، و تفاوت معناداری بین سرعت عملکردی این قطعات وجود دارد. سرعت عملکردی قطعه بعد با قطعه قبل از میدان دارای رابطه و همبستگی نیست، و در سرعت عملکردی قطعه قبل و قطعه بعد از محل احداث میدان تفاوت معناداری وجود ندارد.

نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات نتایج آزمون  $t$  وابسته، برای سرعت عملکردی محل نصب دوربین و قطعه بعدش در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری برابر با  $\text{Sig}=0.000$  است، از طرفی چون در بازه اطمینان ۹۵ درصدی برای اختلاف سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب حد پایین و بالا هر دو منفی هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، بدین معنا است که در سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب دوربین تفاوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر  $11/44-$  است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکردی در قطعه قبل از محل نصب بیشتر بوده است. نتیجه آزمون برای قطعه بعد و محل نصب دوربین در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری برابر با  $\text{Sig}=0.000$  است، علاوه بر آن چون در بازه اطمینان ۹۵ درصدی برای اختلاف سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب حد پایین و بالا هر دو مثبت هستند، فرض  $H_0$  رد می‌شود و فرض  $H_1$  تأیید می‌شود، یعنی در سرعت عملکردی قطعه بعد و محل نصب تفاوت معناداری وجود دارد. به این دلیل که تفاضل میانگین‌ها برابر  $8/89$  است، می‌توان گفت که میانگین سرعت عملکردی در قطعه بعد از محل نصب بیشتر است.

برای قطعه بعد و قبل از دوربین، در فاصله اطمینان ۹۵٪ سطح معنی‌داری برابر با  $\text{Sig}=0.239$  است، از طرفی چون در بازه اطمینان ۹۵ درصدی برای اختلاف سرعت عملکردی قطعه قبل و بعد از محل نصب دوربین حد پایین منفی و حد بالا مثبت است، فرض  $H_0$  رد نمی‌شود، یعنی در سرعت عملکردی قطعه قبل و قطعه بعد از محل نصب دوربین تفاوت معناداری وجود ندارد.

## ۵- نتیجه‌گیری

با توجه تحلیل‌های صورت گرفته می‌توان به نتایج زیر پی برد.

• طبق اطلاعات موجود میانگین سرعت متوسط در محل سرعت‌کاه نسبت به قطعه قبلش ۵۹٪ کاهش داشته است، این نسبت برای میانگین سرعت عملکردی ۵۶٪ کاهش است. میانگین سرعت متوسط در قطعه بعد نسبت به محل نصب سرعت‌کاه ۱۲۱٪ افزایش داشته است، میزان افزایش سرعت عملکردی برای این تناسب ۱۰۶٪ بوده است. میزان کاهش میانگین سرعت متوسط در قطعه بعد از محل نصب

تخلفات سرعت در راه‌های اصفهان". پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.

-Erke, A., C. Goldenbeld, and T. Vaa, (2009), "Good practice in the selected key areas: Speeding, drink driving and seat belt wearing: Results from meta-analysis". Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads (PEPPER), Deliverable.

- Jateikienė, L., et al., "Impact assessment of speed calming measures on road safety". Transportation Research Procedia, 2016. 14: pp. 4228-4236.

-Organization, W.H., (2015), "Global status report on road safety ". World Health Organization.

-Mountain, L., W. Hirst, and M. Maher, (2005), "Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures?": The impact of speed management schemes on 30mph roads. Accident Analysis & Prevention, 37(4): pp. 742-754.

-Lamm, R. and J.H. Kloeckner, (1984), "Increase of traffic safety by surveillance of speed limits with automatic radar devices on a dangerous section of a German Autobahn": A long-term investigation.

-Group, A., (2005), "Evaluation of the Fixed Digital Speed Camera Program in NSW Roads & Traffic Authority". NSW RC2416—May.

demonstration program". Draft summary report. Phoenix, AZ: The Arizona Department of Transportation.

• طبق اطلاعات گردآوری شده میانگین سرعت متوسط در محل نصب دوربین نسبت به قطعه قبلش ۱۲٪ کاهش داشته است، این نسبت برای میانگین سرعت عملکردی قطعات مذکور ۱۱٪ کاهش داشته است. میانگین سرعت متوسط در قطعه بعد نسبت به محل نصب دوربین ۹٪ افزایش داشته است، میزان افزایش سرعت عملکرد برای این تناسب ۱۰٪ بوده است. میزان کاهش میانگین سرعت متوسط در قطعه بعد از دوربین نسبت به قطعه قبلش ۳٪ است، میزان کاهش میانگین سرعت عملکرد ۳٪ درصد بوده است.

با توجه به نتایج آزمون t وابسته و همبستگی، در فاصله اطمینان ۹۵٪ سرعت عملکردی محل نصب دوربین با قطعه قبلش دارای رابطه و همبستگی نیست، در سرعت عملکردی قطعه قبل و محل نصب دوربین تفاوت معناداری وجود دارد. سرعت عملکردی قطعه بعد از محل نصب دوربین با سرعت عملکردی محل نصبش دارای رابطه و همبستگی نیست، در سرعت عملکردی قطعه بعد و محل نصب تفاوت معناداری وجود دارد. سرعت عملکردی قطعه بعد با قطعه قبل از دوربین دارای رابطه و همبستگی نیست، در سرعت عملکردی قطعه قبل و قطعه بعد از محل نصب دوربین تفاوت معناداری وجود ندارد.

## ۶-مراجع

-افندی‌زاده، ش.، ح. جوانشیر، ح. شمعیان، (۱۳۹۴)، "ارزیابی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت بر کاهش تصادفات جاده‌ای و

-Thomas, L., et al., (2008), "Safety effects of automated speed enforcement programs: critical review of international literature". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2008(2078): pp. 117-126.

-Violence, W.H.O., I. (2013), "Prevention, and W.H. Organization, Global status report on road safety" supporting a decade of action. 2013: World Health Organization.

-Washington, S., K. Shin, and I. van Schalkwyk, (2007), "Evaluation of the City of Scottsdale Loop 101 photo enforcement



