ارایه مدل پیش‌بینی تصادفات بر اساس مشخصات سرعت‌کاه‌ها در تقاطعات شهری

مقاله علمی – پژوهشی

آرمین جراحی*، استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه خیام، مشهد، ایران
حسین ساعدی، دانشجوی دکتری، دانشکده فنی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران
محمد یزدانی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه خیام، مشهد، ایران
علی هاتفی شفتی، مربی، دانشکده مهارت و کارآفرینی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.jarahi@khayyam.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵– پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵
صفحه ۵۸-۴۵

چکیده

آمار بالای نرخ تصادفات نسبت به میزان جمعیت و شاخص مالکیت وسایل نقلیه در ایران، اهمیت کاهش تعداد تصادفات را بیش از گذشته مورد توجه مهندسان طراحی راه قرار داده است. سرعت یکی از موثرترین عوامل بروز تصادف است. یکی از ابزارهای فیزیکی کنترل سرعت وسایل نقلیه، استفاده از سرعت‌گیر و سرعت‌کاه در معابر است. در این پژوهش به بررسی تاثیر اجرای مناسب سرعت‌کاه‌ها بر کاهش سرعت وسایل نقلیه و همچنین کاهش تعداد تصادفات پرداخته شده است. به همین منظور، از طریق بررسی میدانی ۶۴ سرعت‌کاه در سطح مناطق ۲ و ۱۰ شهر مشهد، سرعت وسایل نقلیه، قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه ثبت شده است. همچنین پارامترهای مشخصات فیزیکی سرعت‌کاه‌ها مانند عرض سرعت‌کاه، ارتفاع سرعت‌کاه، فاصله سرعت‌کاه تا تقاطع، تعداد خطوط عبوری معابر و فاصله علائم هشدار دهنده تا سرعت‌کاه برداشت شده است. سپس با استفاده از تحلیل‌های آماری، میزان تاثیرگذاری هریک از پارامترهای مذکور بر کاهش سرعت وسایل نقلیه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه، با استناد به آمار تصادفات معابر مورد نظر، در بازه زمانی قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه، داده‌های بدست آمده، توسط نرم‌افزار Spss و روش رگرسیون مورد تحلیل قرار گرفته است. پس از انجام تحلیل اولیه مشخص شد که هیچ یک از مدل‌های رگرسیون خطی، مناسب پیش‌بینی تصادفات مذکور نبوده است. لذا داده‌ها با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی چندگانه نمایی، تحلیل شدند (R^2=۰/۸۷). نتایج تحلیل داده‌های مذکور نشان داد، استفاده از سرعت‌کاه در معابر و تقاطع‌ها، با جانمایی مناسب و رعایت استانداردهای لازم در طراحی و نصب آن، در کاهش تصادفات تاثیر گذار است. به گونه‌ای که می‌تواند حدود ۱۷ درصد کاهش تصادفات را به همراه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی : سرعت‌کاه، مدل‌سازی، پیش‌بینی تصادفات، کاهش تصادفات، تقاطع

۱- مقدمه

تصادفات جاده‌ای از عوامل مهم مرگ‌ومیر در کشور بوده و صدمات شدید جانی و مالی و آثار سوء و سنگین اجتماعی و اقتصادی آن، جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ساعدی و دیواندری، ۱۳۹۷). متغیرهای متعددی در ارزیابی ایمنی شبکه حمل و نقل موثر می‌باشند که سرعت متوسط وسایل نقلیه از اساسی‌ترین این پارامترها می‌باشد (گلرو و همکاران، ۱۳۸۵). بدیهی است کاهش سرعت وسایل نقلیه موجب افزایش ایمنی کاربران استفاده کننده از معابر، کاهش شدت و فراوانی تصادفات وسایل نقلیه در معابر و تقاطع‌ها می‌گردد. یکی از رایج‌ترین ابزار فیزیکی کنترل سرعت جریان ترافیک در معابر و تقاطع‌ها، سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها می‌باشند، اما توجه به یک نکته اساسی خیلی مهم است که در بسیاری از اوقات،

استانداردهای لازم در مورد جانمایی، طراحی مشخصات فیزیکی و هندسی رعایت نمی شود (کوچکی گل‌افزائی، ۱۳۹۵). در طراحی آرام‌سازی جریان ترافیک یک معبر، اجزا و پارامترهای گوناگون باید به گونه‌ای با هم ترکیب گردند که سرعت متوسط وسایل نقلیه تا حد لازم کاهش یابد. همچنین تاثیرات نامطلوب زیست محیطی و ترافیکی آن طرح در حد قابل قبولی ارائه گردد. بدین جهت، طراح باید گزینه‌های مختلف را مد نظر قرار دهد و تاثیر آنها را نسبت به عوامل دیگر مورد ارزیابی قرار دهد. مطالعات موردی زیادی برای مقایسه سرعت خودرو در بخش‌های جاده با و بدون سرعت‌کاه انجام شده است (آنتیک و همکاران، ۲۰۱۳، اوینگ، ۱۹۹۹، مارک و والگرن، ۱۹۹۸، اسمیت و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسمیت،۲۰۰۲). یکی از اهداف مهم این تحقیق، مطالعه و بررسی تأثیر انواع سرعت‌کاه‌ها در کاهش سرعت وسایل نقلیه در تقاطع‌ها و معابر می‌باشد. همچنین بدست آوردن یک شیوه مناسب جهت کنترل و کاهش سرعت متوسط و کاهش فراوانی تصادفات وسایل نقلیه از اساسی‌ترین اهداف این تحقیق می‌باشد که در پژوهش سایر محققین مورد توجه کمتری قرار گرفته است. از هدف‌های اصلی دیگر این تحقیق، بررسی آماری سرعت متوسط وسایل نقلیه و فراوانی تصادفات، تحلیل میزان و شدت تصادفات براساس متغیرهای طراحی، هندسه و جانمایی سرعت‌کاه‌های استفاده شده در معابر و تقاطع‌ها، قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه‌ها می‌باشد.

۲- پیشینه تحقیق

جانسون و همکارانش در سال ۲۰۱۱ با انجام یک مطالعه موردی به بررسی فاصله بین سرعت‌کاه‌ها و خطوط عابر پیاده در محل تقاطع‌ها پرداختند. نتایج نشان داد جهت حفظ ایمنی دوچرخه سواران و عابرین پیاده، لازم است حداقل به اندازه ۱۰ متر یا طول دو ماشین سواری، بین سرعت‌کاه و خطوط عابر پیاده فاصله رعایت گردد(جانسون و همکاران، ۲۰۱۱).

کانجاناپاستیت و نارومیت در سال ۲۰۱۳ پژوهشی را در خصوص طراحی و تاثیر سطح مقطع سرعت‌کاه‌ها بر سرعت متوسط وسایل نقلیه جهت کاهش میزان تصادفات در معابر انجام دادند. نتایج تحقیقات درباره رانندگانی که برای اولین بار از این معابر استفاده کردند، نشان داد که در سرعت‌کاه‌های با سطح مقطع نامناسب، احتمال وقوع تصادف افزایش پیدا می‌کند (کانجاناپاستیت و تیتی نارومیت، ۲۰۱۳).

یئو و همکارانش در سال ۲۰۲۰ مطالعه‌ای بر روی سرعت‌کاه‌ها انجام دادند. در این تحقیق، پروفیل‌های سرعت نشان داد وسایل نقلیه به تدریج سرعت خود را با شروع ۳۰ متر جلوتر از سرعت‌کاه کاهش می‌دهند و بلافاصله پس از عبور از سرعت‌کاه، شتاب می‌گیرند تا سرعت اولیه خود را در فاصله ۳۰ متری بازیابند. این اثر کاهش سرعت در جاده‌های محلی و اصلی به ترتیب ۱۸/٤ و ٢٤ درصد می‌باشد (یئو و همکاران،۲۰۲۰). شاهداه و اعظم در سال ۲۰۲۰ تاثیر نصب سرعت‌کاه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادکاهش سرعت تا ۵ کیلومتر بر ساعت به طور قابل‌توجهی، میانگین تأخیر تقاطع را از ۱۰۹ تا ٤٤٨ درصد افزایش می‌دهد، در حالی که کاهش سرعت تا۲۰ کیلومتر بر ساعت میانگین تأخیر را ۲ تا ٣٦ درصد بر اساس شرایط ترافیکی افزایش می‌دهد (شاهداه و اعظم، ۲۰۲۰). در سال ۱۳۸۷ سلمانی و همکارانش پارامترهای مختلف تاثیرگذار بر تصادفات جاده‌ای و راهکارهای موثر در کاهش میزان تصادفات را مورد مطالعه و بررسی قرار داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد عوامل طبیعی و مدیریتی به ترتیب با ۱۲ و ٣٤ درصد و همچنین عامل انسانی با ٥٤ درصد بالاترین نقش را وقوع تصادفات دارند (سلمانی و همکاران،۱۳۸۷).

در سال ۱۳۹۳، مشکینی و همکارانش در خصوص پارامترهای مؤثر در افزایش میزان تصادفات در معابر شهری و ارائه راه‌حل‌هایی برای کاهش تعداد تصادفات مطالعه نموده‌اند. نتایج حاصل از تحقیقات آن‌ها در معابر شهر زنجان نشان داد در سال ۱۳۹۰، از مجموع ۱۸٦۹ تصادف، عوامل انسانی در۱٦۸۰ تصادف یعنی حدود ۹۰ درصد تصادفات موثر بوده است و عوامل محیطی در ۷۲ تصادف یعنی حدود ۳/۸۵ درصد و عوامل فنی و مدیریتی در ۱۱۷ تصادف یعنی ٦/۱۵ درصد تاثیر گذار بوده‌اند (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۳).

طباطبایی و رحمن در سال ۱۳۸۷ راهکارهایی برای بهبود عملکرد سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیقات نشان داد این ابزارها به علت عدم رعایت استانداردهای لازم از نظر ویژگی‌های طراحی و ساخت در بسیاری از مناطق کارآمدی لازم را نداشته، لذا بر لزوم تدوین ضوابط و آیین نامه‌های قانونمند و بررسی کارشناسی فنی قبل از نصب این تجهیزات تاکید نمودند (طباطبایی و رحمن،

۱۳۸۷). افندی‌زاده و فراهانی در سال ۱۳۹۰ تاثیر اقدامات آرام سازی ترافیک بر بهبودسطح ایمنی محل را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد اقدامات آرام‌سازی به علت تغییر در مسیر و اعمال تاخیرات اضافی در کل ترافیک باید با رعایت ملاحظاتی اجرا گردد. حتی اجرای نادرست این طرح می تواند باعث افزایش تصادف و کاهش سطح ایمنی گردد (افندی زاده و فراهانی، ۱۳۹۰).

حاجی علی در سال ۱۳۹٤ با انجام پژوهشی به منظور بررسی تاثیر سرعت‌کاه ها بر پارامترهای جریان ترافیکی دریافت که تغییرات چگالی، تاثیر قابل توجهی بر تغییرات سرعت وسایل نقلیه سبک در هنگام عبور از روی سرعت‌کاه را دارد. ولی این تاثیر در وسایل نقلیه سنگین اندک می باشد. بطو کلی تاثیر عمده سرعت‌کاه بر ضریب همسنگ سواری در محدوده بعد از سرعت‌کاه می باشد به طوریکه باعث افزایش این ضریب تا حدود ٦٥ درصد می‌شود (حاجی علی، ۱۳۹٤).

شریفی راد پژوهشی با موضوع بررسی تاثیر روش‌های آرام‌سازی بر سرعت جریان ترافیک با استفاده از روش‌های آماری انجام داد. بر اساس مطالعات صورت گرفته در این تحقیق، در ٤ شهر استان لرستان کاهش میانگین سرعت عملکردی وسایل نقلیه نسبت به قطعه قبل بدون در نظر گرفتن سایر پارامترها ٥٦ درصد برای استفاده از سرعت‌کاه، ۳۵ درصد برای استفاده از میدان و ۱۱ درصد برای نصب دوربین‌های کنترل ترافیک می‌باشد (شریفی‌راد، ۱۳۹٦).

اکبری مرزانکی نیز پژوهشی را به منظور بهینه سازی مکان‌یابی سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها در معابر شهری در سال ۱۳۹۷ انجام داد. نتایج نشان داد بر خلاف تصور عموم بویژه رانندگان (شهر بابل)، مکان‌یابی درست سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها با در نظرگرفتن مسائل حمل‌و نقل و دسترسی به سایر کاربری‌های اطراف معبر نه تنها باعث افزایش ایمنی وسایل نقلیه و عابرین پیاده می شود بلکه باعث بهبود پارامترهای اصلی کیفیت ترافیکی نظیر سرعت و چگالی می‌شود (اکبری مرزانکی، ۱۳۹۷).

۳- روش شناسی

۳-۱- انتخاب نمونه‌های مورد مطالعه

با توجه به اهمیت توسعه استاندارد شبکه حمل و نقل شهری در کلان‌شهر مشهد، این شهر جهت بررسی تاثیر استفاده از سرعت‌کاه‌ها در معابر و تقاطع‌ها بر کاهش سرعت متوسط وسایل نقلیه و میزان تصادفات مورد مطالعه قرار گرفت. مناطق هدف، معابر و تقاطع‌ها می‌باشند. با توجه به گستردگی و میزان استفاده از معابر عمومی منطقه ۲ شهر مشهد جهت کاربران بومی و غیربومی (مسافرین و زائرین ورودی از کریدور شمال) و همچنین به جهت رعایت نسبتا مناسب اصول شهرسازی در منطقه ۱۰، این مناطق به عنوان مناطق هدف انتخاب گردیدند. ابتدا تاریخ نصب سرعت‌کاه‌ها در معابر و تقاطع‌های مناطق هدف از معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری منطقه ۲ و ۱۰ استعلام و پس از بازدید میدانی، تعدادی از این سرعت‌کاه‌ها برای ادامه پژوهش انتخاب گردیدند.

جهت تعیین سرعت وسایل نقلیه، قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه در معابر انتخاب شده، از نرم‌افزار Waze استفاده شده است. سپس پارامترهای فیزیکی سرعت‌کاه‌ها شامل ارتفاع سرعت‌کاه، عرض سرعت‌کاه، فاصله‌ی سرعت‌کاه از تقاطع، فاصله‌ی علائم هشداردهنده تا سرعت‌کاه و تعداد خطوط عبوری، به عنوان متغیرهای اصلی مسئله ثبت و از طریق برداشت میدانی مورد بررسی قرار گرفتند.

پس از بررسی پارامترهای مذکور، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و با استفاده از مدل رگرسیون، داده‌های مربوطه مورد تحلیل قرار گرفت و مشخص گردید که با استفاده از رگرسیون خطی، مدل مناسبی جهت تاثیر پارامترهای فوق بر کاهش سرعت و میزان تصادفات وسایل نقلیه بدست نمی‌آید. لذا داده‌ها مجددا با رگرسیون غیرخطی مورد تحلیل قرار گرفت و مدل رگرسیون غیرخطی نمایی، به عنوان مدل پیشنهادی مناسب، جهت پیش‌بینی تصادف در معابر و تقاطع‌های مناطق هدف، مورد استفاده قرار گرفت.

در انتها تاثیر رعایت استاندارد و غیراستاندارد بودن سرعت‌کاه، در کاهش سرعت و میزان تصادفات وسایل نقلیه نیز مورد تحلیل قرار گرفته‌است.

۳-۲- معابر و تقاطع‌های مورد مطالعه

در این پژوهش ابتدا ٦٤ معبر و تقاطع در سطح مناطق ۲ و ۱۰ شهرداری مشهد که دارای سرعت‌کاه بوده، انتخاب گردید. زمان سفر وسایل نقلیه (برحسب دقیقه)، سرعت متوسط وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت)، قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه و میزان کاهش سرعت وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت) بعد از

نصب سرعت‌کاه محاسبه شد و در بخش مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۳- برداشت میدانی مشخصات فیزیکی سرعت‌کاه‌ها

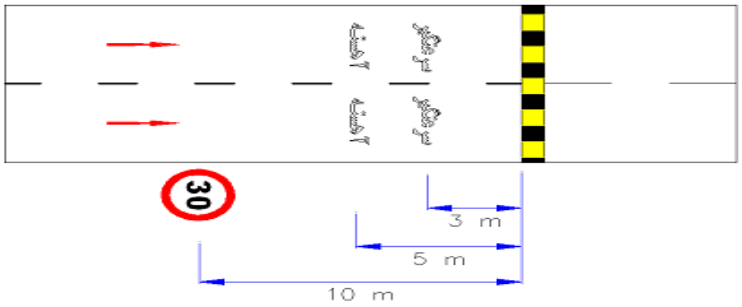
جهت بررسی تاثیر استفاده از سرعت‌کاه‌ها بر کاهش سرعت متوسط و تعداد تصادفات وسایل نقلیه، نیاز به کنترل مشخصات و رعایت استانداردهای آیین‌نامه‌ای در استفاده از آن می‌باشد. بدین منظور پارامترهای مختلف مشخصات فیزیکی و جانمایی سرعت‌کاه‌ها، به صورت میدانی و به شرح ذیل برداشت شده است:

- ارتفاع سرعت‌کاه (H) برحسب سانتیمتر.
- عرض سرعت‌کاه (D) برحسب متر.
- فاصله سرعت‌کاه تا تقاطع (L) برحسب متر.
- فاصله علائم هشداردهنده تا سرعت‌کاه (S) برحسب متر.
- تعداد خطوط عبوری معبر(N) برحسب تعداد.
- تعداد تصادفات معبر(A) برحسب تعداد.

۳-٤- استاندارد استفاده از سرعت‌گیر و سرعت‌کاه

۳-٤-۱- سرعت‌گیر

ابزارهای فیزیکی کنترل سرعت متوسط وسائل نقلیه در معابر هدف انتخاب شده، بر اساس آیین‌نامه معابر شهری و آرام سازی ترافیک شهرداری تهران بررسی شده است. بر این اساس برآمدگی‌های با عرض کمتر از ۲ متر و حداکثر ارتفاع ٦ سانتی‌متر به عنوان سرعت‌گیر در نظر گرفته می‌شوند. عرض متداول سرعت‌گیرهای بکار رفته در سطح شهر مشهد، معمولا بین ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متر بوده و جنس اولیه این ابزارها از آسفالت می‌باشد. ولی در سالیان اخیر استفاده از سرعت‌گیرهای پلاستیکی رایج‌تر بوده است که جهت دید مناسب رانندگان معمولا رنگی و زردرنگ می‌باشند. سرعت و سهولت در نصب و پایین بودن هزینه تعمیر و نگهداری، از مزایای این نوع سرعت‌گیر می‌باشد. شکستگی در اثر نیروی وارده از محور وسایل نقلیه، از نقایص این نوع سرعت‌گیر می‌باشد. شکل (۱) نمایی استاندارد از سرعت‌گیر در تقاطع را نمایش می‌دهد (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳).



شکل ۱. جانمایی یک سرعت‌گیر استاندارد (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳)

۳-٤-۲- سرعت‌کاه

یکی از ابزارهای فیزیکی مهم کنترل سرعت وسائل نقلیه در معابر و تقاطع‌ها، سرعت‌کاه می‌باشد که به دو نوع قوسی و تخت طبقه‌بندی می‌گردد. در سرعت‌کاه‌های قوسی، رمپ ورودی به سرعت‌کاه را جهت عبور ملایم وسایل نقلیه به صورت سینوسی طراحی می‌کنند و ارتفاع آن معمولا بین ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. معمولاً در محل رسیدن به پیاده‌روها، ارتفاع این سرعت‌کاه‌ها با شیب ملایمی بتدریج کاهش می‌یابد و برای فراهم کردن حرکت ملایم‌تر و سرعت طرح بالاتر جهت استفاده وسایل نقلیه، عرض این نوع از سرعت‌کاه ٤/۲ متر تعیین شده است. این ابزار در معابر محلی اصلی و حتی برخی از معابر شریانی درجه۲ (حجم وسایل نقلیه سنگین عبوری کمتر از ۲۰ درصد حجم کل وسایل نقلیه عبوری باشد) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعیین نوع این ابزار به ترتیب در جداول (۱) و (۲) بر حسب عوامل سرعت، انتخاب نوع سرعت‌گیر و سرعت‌کاه و همچنین ابعاد سرعت-کاه‌های قوسی و تخت نشان داده شده است (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳).

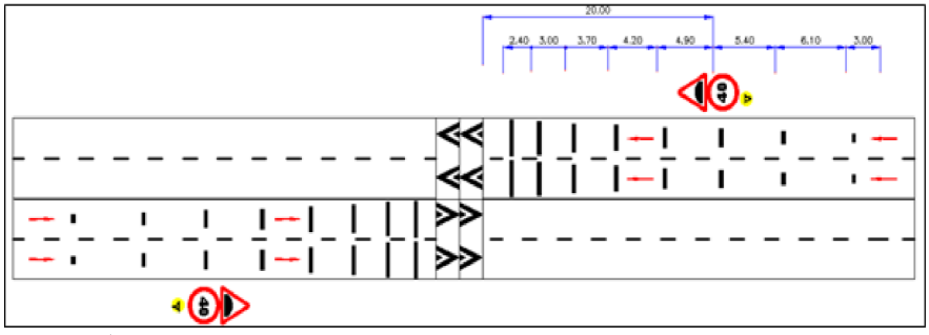
جدول ۱. تعیین نوع سرعت‌گیر/ سرعت‌کاه بر حسب سرعت (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک،۱۳۹۳)

سرعت مجاز (کیلومتر بر ساعت)	سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)	نوع تسهیلات آرام سازی
۳۰	$V_{85} < 45$	سرعت‌گیر
٤۰	$45 < V_{85} < 55$	سرعت‌کاه قوسی
۵۰	$55 < V_{85} < 70$	سرعت‌کاه تخت

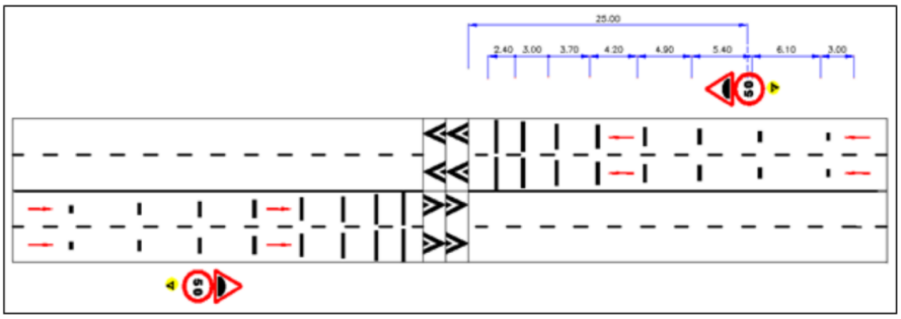
جدول ۲. مشخصات سرعت‌کاه‌های قوسی (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳)

سرعت مجاز تردد در معبر (کیلومتر بر ساعت)	ارتفاع سرعت‌کاه (سانتی‌متر)	عرض سرعت‌کاه (سانتی‌متر)
٤۰	۱۰	٤/۷
۳۰	۷/۵	٤
۲۵	٦	۳/۷۵

توصیه شده است در شبکه معابر شهری، از سرعت‌کاه‌های با عرض بیشتر از ٤ متر استفاده گردد زیرا باعث کاهش تدریجی سرعت متوسط وسایل نقلیه شده و حرکت ملایم‌تری را آنها فراهم می‌آورند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در معابر محلی از سرعت‌کاه‌های قوسی به طول ۳/۷۵ متر و ارتفاع ۷/۵ سانتیمتر و در معابر جمع و پخش‌کننده و شریانی درجه ۲ از سرعت‌کاه‌های به طول ٤/۷ متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر استفاده گردد. ضروری است خطوط زردرنگ کاهش سرعت، از فاصله ۳٤/۵ متری قبل از محل نصب سرعت‌کاه‌های قوسی ترسیم گردند. طول خطوط زردرنگ از ٦۰ سانتیمتر در ۳٤/۵ متری سرعت‌کاه‌های قوسی شروع می‌شود و در فاصله ۲/٤ متری این سرعت‌کاه به ۲/۷ متر افزایش پیدا می‌کند. عرض این خطوط نیز ٤۰ سانتیمتر می‌باشد. در ادامه استاندارد استفاده از سرعت‌کاه‌های قوسی شکل در سرعت ٤۰ و ۵۰ کیلومتر بر ساعت در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳).



شکل ۲. محل نصب تابلوها در یک سرعت‌کاه قوسی (سرعت ٤۰ کیلومتر بر ساعت) (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳)



شکل ۳. محل نصب تابلوها در یک سرعت‌کاه قوسی (سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت) (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳)

سرعت‌کاه‌های تخت معمولا ۸ سانتی‌متر ارتفاع و ٦/٢ متر عرض دارند و از دو قسمت تخت و شیبدار تشکیل شده‌اند. عرض سطح تخت سرعت‌کاه معمولا ۳ متر و عرض قسمت شیبدار ۱/۸ متر می‌باشد. این عرض نباید کمتر از ٢/٤ متر باشد و عرض بیشتر از ۱۵ متر نیز کارآیایی خود را از دست می‌دهد. توصیه شده در مسیرهای ترانزیتی طول سطوح تخت بیش از ٦ متر باشد تا وسایل نقلیه سنگین، با قرارگیری همه چرخ‌های روی آن، براحتی از روی سرعت‌کاه عبور نمایند (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳). در جدول (۳) مشخصات کلی اجرای سرعت‌کاه‌های تخت براساس سرعت عملکردی و سرعت مجاز وسایل نقلیه در معابر نشان داده شده است.

جدول۳. انتخاب سرعت‌کاه تخت بر اساس سرعت متوسط وسائل نقلیه (استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک، ۱۳۹۳)

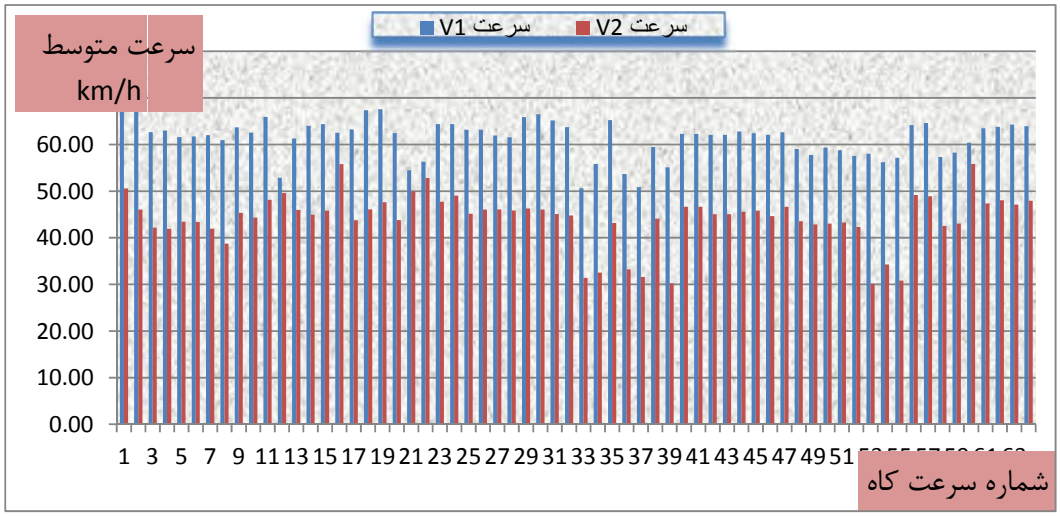
سرعت مجاز تردد در معبر (کیلومتر بر ساعت)	سرعت عملکردی در معبر (کیلومتر بر ساعت)	ارتفاع سرعت‌کاه (سانتی‌متر)	طول بخش مسطح سرعت‌کاه (متر)	طول بخش شیبدار سرعت‌کاه (متر)
٤٠	٥٥	١٠	٣	١/٨
٤٥	٦٠	١٠	٣	٢/٢
٥٠	٦٥	١٠	٣	٢/٥
٥٥	٧٠	١٠	٣	٢/٧

٤- نتایج

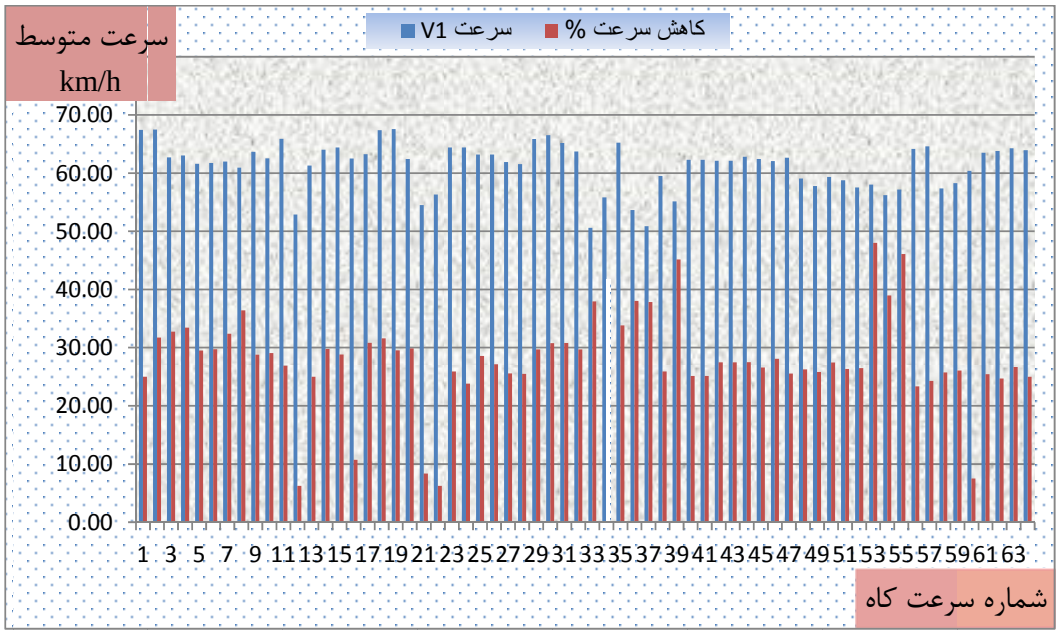
در شکل (٤)، نمودار تغییرات سرعت متوسط وسایل نقلیه، قبل (V_1) و بعد (V_2) از نصب سرعت‌کاه ارائه شده است. نتایج تغییرات داده‌ها در نمودارهای فوق نشان می‌دهد، سرعت متوسط وسایل نقلیه، بعد از نصب سرعت‌کاه، بطور میانگین ۲۸/۲۵ کیلومتر بر ساعت کاهش یافته است.

٤-١- تحلیل تاثیر مشخصات فیزیکی سرعت‌کاه‌ها

جدول شماره (٤)، تاثیر ارتفاع سرعت‌کاه‌ها بر کاهش سرعت وسایل نقلیه را نشان می‌دهد. همچنین شکل (٥)، نمودار تغییرات کاهش سرعت متوسط وسایل نقلیه (٪)، بعد از نصب سرعت‌کاه، نسبت به سرعت متوسط وسایل نقلیه، قبل از نصب سرعت‌کاه ارائه شده است.



شکل ٤. نمودار تغییرات سرعت متوسط وسایل نقلیه، قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه



شکل ۵. نمودار تغییرات کاهش سرعت متوسط وسایل نقلیه نسبت به سرعت اولیه

جدول ٤. تاثیر ارتفاع سرعت‌کاه بر کاهش سرعت وسایل نقلیه

ردیف	ارتفاع سرعت‌کاه (سانتی‌متر)	تعداد سرعت‌کاه	میانگین کاهش سرعت (درصد)
١	٥	١	٢٨
٢	٨	١٤	٢٦/٣٥
٣	٩	١١	٢٧/٩٥
٤	١٠	١٦	٢٨/٢٩
٥	١١	٣	٢٩/٤٠
٦	١٢	٦	٢٩/٥٤

نتایج تحلیل نشان می‌دهد، با افزایش ارتفاع سرعت‌کاه، مقدار کاهش سرعت وسایل نقلیه افزایش پیدا می‌کند. به بیان ساده‌تر، افزایش ارتفاع سرعت‌کاه‌ها با کاهش سرعت وسایل نقلیه نسبت مستقیم دارد. جدول شماره (۵)، تاثیر تغییرات عرض سرعت‌کاه‌ها بر کاهش سرعت وسایل نقلیه را نشان می‌دهد.

جدول ۵. تاثیر عرض سرعت‌کاه بر کاهش سرعت وسایل نقلیه

ردیف	عرض سرعت‌کاه (سانتی‌متر)	تعداد سرعت‌کاه	میانگین کاهش سرعت (درصد)
۱	۵	۱	۲۷/۱۳
۲	۷	٦	۲۹/۰۷
۳	۸	۲٤	۲۸/۳۲
٤	۹	۱٦	۲۷/۸۸
۵	۱۰	٤	۲٦/۲٤

جدول (۵) نشان می‌دهد با افزایش عرض سرعت‌کاه‌ها، کاهش سرعت وسایل نقلیه کاهش پیدا می‌کند. یعنی افزایش عرض سرعت‌کاه با کاهش سرعت وسایل نقلیه نسبت معکوس دارد. در ادامه، جداول شماره (٦) الی (۹)، تاثیر تغییرات فاصله سرعت‌کاه‌ها تا تقاطع، فاصله علائم هشدار دهنده تا سرعت‌کاه، تعداد خطوط عبوری معبر و استاندارد یا غیراستاندارد بودن سرعت‌کاه بر کاهش سرعت وسایل نقلیه نشان داده شده است.

جدول٦. تاثیر فاصله سرعت‌کاه تا تقاطع بر کاهش سرعت وسایل نقلیه

ردیف	فاصله سرعت‌کاه تا تقاطع (متر)	تعداد سرعت‌کاه	میانگین کاهش سرعت (درصد)
۱	۰ تا ۱۰	۱۳	۲۸/٤۱
۲	۱۱ تا ۲۰	۹	۲۸/٤۰
۳	۲۱ تا ۳۰	٦	۲۸/۳٤
٤	۳۱ تا ٤۰	۳	۲۸/۳۲
۵	٤۱ تا ۵۰	۲	۲۸/۱۱
٦	۵۱ تا ۱۰۰	۳	۲۸/۰۸
۷	۱۰۱ تا ۱۵۰	۹	۲۷/۹۸
۸	۱۵۱ تا ۲۰۰	۲	۲٦/۸۳
۹	۲۰۱ تا ۳۰۰	٤	۲٦/۵۷

جدول۷. تاثیر فاصله علائم هشداردهنده تا سرعت‌کاه بر کاهش سرعت وسایل نقلیه

ردیف	فاصله علائم تا سرعت‌کاه (متر)	تعداد سرعت‌کاه	میانگین کاهش سرعت (درصد)
۱	۰ تا ۱۰	۲	۳۰/۰۲
۲	۱۱ تا ۲۰	۸	۲۸/۹۱
۳	۲۱ تا ۳۰	۱۳	۲۸/۰۹
٤	۳۱ تا ٤۰	۱۸	۲۸/۰۳
۵	٤۱ تا ۵۰	۸	۲۷/٤۱
٦	۵۱ تا ٦۰	۲	۲۵/۹۲

جدول۸. تاثیر تعداد خطوط عبوری معبر بر کاهش سرعت وسایل نقلیه

ردیف	تعداد خطوط معبر	تعداد سرعت‌کاه	میانگین کاهش سرعت (درصد)
۱	۲	۳	۲۸/۵۹
۲	۳	٤۳	۲۸/٤۸
۳	٤	۵	۲۷/۵۳

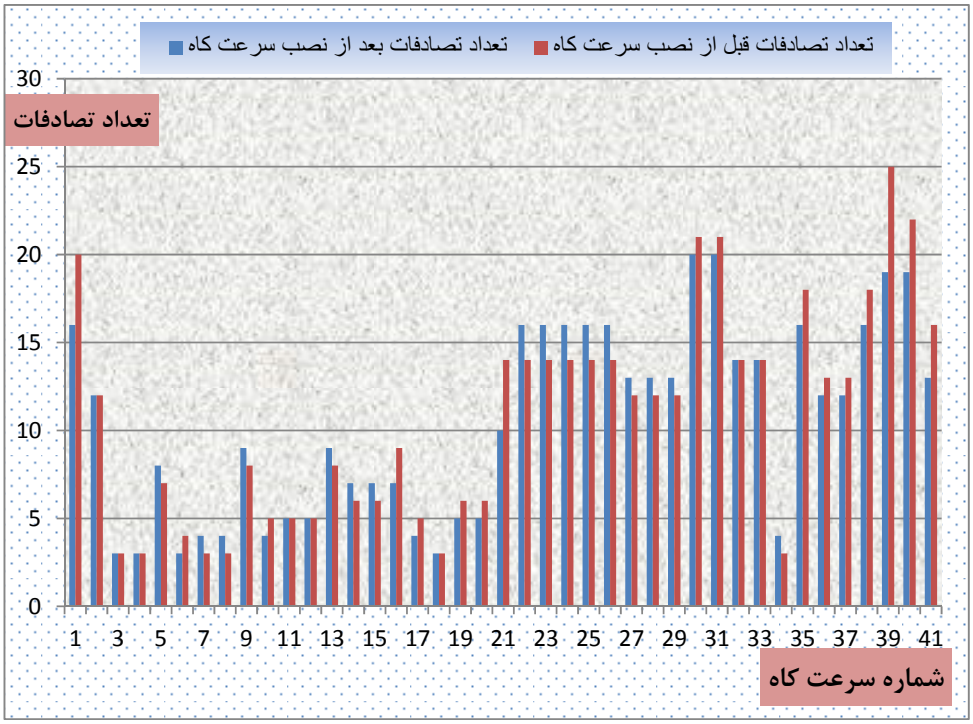
جدول۹. تاثیر استاندارد یا غیراستاندارد بودن سرعت‌کاه بر کاهش سرعت وسایل نقلیه

ردیف	استاندارد یا غیر استاندارد	تعداد سرعت‌کاه	میانگین کاهش سرعت (درصد)
۱	استاندارد	۲۳	۲۸
۲	غیر استاندارد	۲۸	۲٤/۵

٤-۲- آمار تصادفات در معابر مورد مطالعه

آمار میزان تصادفات مربوط به ٤ سال گذشته تقاطعات مورد نظر که از مدیریت سازمان حمل ونقل و ترافیک مشهد استعلام و جمع‌آوری شده است، در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

بررسی داده‌های مربوطه نشان می‌دهد تعداد تصادفات بعد از نصب سرعت‌کاه در معابر و تقاطع‌های مورد مطالعه به طور میانگین حدود ۱۷ درصد کاهش داشته است. در ادامه در شکل (٦)، نمودار تغییرات تعداد تصادفات، قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه نشان داده شده است. تغییرات نمودار مربوطه نشان می دهد، تعداد تصادفات در تقاطع‌های مورد مطالعه، بعد از نصب سرعت‌کاه، کاهش یافته است.



شکل٦. نمودار تغییرات تعداد تصادفات قبل و بعد از نصب سرعت‌کاه

جدول۱۰. آمار تصادفات ٤ سال گذشته تقاطعات مورد بررسی در شهر مشهد

محل تقاطع	تاریخ نصب	طول معبر	سال ۹۵	سال ۹٦	سال ۹۷	سال ۹۸	میانگین کاهش تصادفات
بلوار امامت، امامت ۷۰	مهر ۹٦	۸۵۰	۲۰	۲٤	۱۸	۱٦	۲۲/۷۳
بلوار امامت، روبروی امامت ۷۰	مهر ۹٦	۸۵۰	۱۲	۱۸	۱۳	۱۲	۱٦/٦۷
بلوار اندیشه، بین ٦٤ و ٦٦	تیر ۹٦	٦۵۰	۳	۵	۳	٤	۱۲/۵۰
بلوار اندیشه ، قبل از اندیشه ٦۰	تیر ۹٦	٦۵۰	۳	۵	۳	٤	۱۲/۵۰
بلوار شهید فلاحی، بین ۵۵ و یوسفی	تیر ۹٦	٤۰۰	۹	۱۱	۸	۸	۲۰
بلوار شهید فلاحی، بین ۸٦ و یوسفی	تیر ۹٦	٤۲۰	٤	۵	٤	۳	۲۲/۲۲
بلوار شهید فلاحی، بین فلاحی ۷۹ و ۸۱	تیر ۹٦	۵۵۰	٤	۷	۵	٤	۱۸/۱۸
بلوار شریعتی،بین شریعتی ۷۱ و ۷۳	تیر ۹٦	٤۵۰	۳	٦	٤	٤	۱۱/۱۱
بلوار شهید رفیعی، بین ٦ و ٤	آبان ۹٦	٦۵۰	۸	۱۱	۸	۹	۱۰/۵۳
بلوار شریعتی، بین شریعتی ٦۲ و ٦۰	مرداد۹۷	۷۵۰	۵	٦	٦	۵	۱۲/۲۸
بلوار شریعتی، بین شریعتی ۳۸ و ٤۰	شهریور ۹٦	۵٦۰	۵	۸	٦	۵	۱۵/۳۸
بلوار حجاب، بین حجاب ۵ و ۷	شهریور۹٦	۸۰۰	٦	۸	٦	٦	۲۱/٤۳
بلوار حجاب، روبروی حجاب ٤	شهریور۹٦	۸۰۰	۹	۱۱	۷	۹	۲۰
بلوار حجاب، بین حجاب ۷۱ و ۷۳	شهریور۹٦	٦۵۰	۷	۹	٦	۷	۱۸/۷۵
بلوار حجاب، ۵ متر قبل حجاب ۸۷	شهریور۹٦	٦۵۰	۷	۹	٦	۷	۱۸/۷۵
بلوار حجاب، ۵ متر مانده به حجاب ٦۰	شهریور۹٦	۷۰۰	۹	۸	۷	۷	۱۷/٦۵
بلوار حجاب، بین ۵۲ بسمت ۵۰	شهریور۹٦	٦۵۰	۵	٦	۵	٤	۱۸/۱۸
بلوار شریعتی، بین شریعتی ۲۵ تا ۲۷	مرداد ۹٦	۵۰۰	٤	٦	۵	۳	۲۰
بلوار امامیه، بین امامیه ۷۹ و ۸۱	آبان ۹۵	۵۸۰	۷	٦	۵	۵	۲۳/۸٦
بلوار امامیه، روبروی امامیه ۸۳	آبان ۹۵	۵۸۰	۷	٦	۵	۵	۲۳/۸٦
حدفاصل عبدالمطلب ۵۲ تا ۵٤	مهر ۹۷	۷۵۰	۱٤	۱٤	۱۲	۱۱	۱۷/۲۹
بلوار ساجدی، بین ساجدی ۱ تا ۳	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱٤	۱۸	۲۳	۱٦	۱۲/۷۱
بلوار ساجدی، ۱۰متر مانده به ساجدی ۳	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱٤	۱۸	۲۳	۱٦	۱۲/۷۱
بلوار ساجدی، بین ساجدی ۳ تا ۵	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱٤	۱۸	۲۳	۱٦	۱۲/۷۱
بلوار ساجدی، روبروی ساجدی ۵	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱٤	۱۸	۲۳	۱٦	۱۲/۷۱
بلوار ساجدی، ۱۰ متر مانده به ساجدی ۷	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱٤	۱۸	۲۳	۱٦	۱۲/۷۱
بلوار ساجدی، بین ساجدی ٦ تا ٤	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱۲	۱۵	۱۸	۱۳	۱۳/۳۳
بلوار ساجدی، حدفاصل ساجدی ٤ تا ۲	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱۲	۱۵	۱۸	۱۳	۱۳/۳۳
بلوار ساجدی، بین ساجدی ۲و طوس	آبان ۹۷	۱۵۰۰	۱۲	۱۵	۱۸	۱۳	۱۳/۳۳
بلوار فرامرز عباسی، بین ۳۲ تا ۳۰	تیر ۹٦	۱٤۵۰	۲۱	۲٤	۱۹	۲۰	۱۳/۳۳
بلوار فرامرز عباسی، بین ۱٦ تا ۱٤	تیر ۹٦	۱٤۵۰	۲۱	۲٤	۱۹	۲۰	۱۳/۳۳
بلوار فرامرز عباسی، حدفاصل ۱ تا ۳	تیر ۹٦	۱٤۵۰	۱٤	۱۸	۱۳	۱٤	۱۵/٦۳
بلوار فرامرز عباسی، بین ۱۹ تا ۲۱	تیر ۹٦	۱٤۵۰	۱٤	۱۸	۱۳	۱٤	۱۵/٦۳
بلوار جانباز، روبروی کیان سنتر	مرداد ۹٦	۲۰۰	۳	۸	۵	٤	۱۸/۱۸
بلوار جانباز، بین جانباز ۲ و میدان جانباز	شهریور۹٦	۱۸۰۰	۱۸	۲۳	۱۹	۱٦	۱٤/٦۳
بلوار جانباز، بین میدان جانباز تا جانباز ۱	شهریور۹٦	۱۸۵۰	۱۳	۱۸	۱۵	۱۲	۱۲/۹۰
بلوار جانباز، بین جانباز ۵ تا ۱/۵	شهریور۹٦	۱۸۵۰	۱۳	۱۸	۱۵	۱۲	۱۲/۹۰
بلوار جانباز، بین جانباز ٤ تا ۲	شهریور۹٦	۱۸۰۰	۱۸	۲۳	۱۹	۱٦	۱٤/٦۳
چهارراه راه‌آهن به سمت میدان راه آهن	مرداد ۹۵	۱۰۰۰	۲۵	۲۲	۲۳	۱۹	۱۲
میدان راه‌آهن به سمت چهارراه راه آهن	مرداد ۹۵	۱۰۰۰	۲۲	۲۰	۱۸	۱۹	۱۳/٦٤
میدان مقدم به سمت میدان راه آهن	شهریور۹۵	۷۵۰	۱٦	۱٤	۱۲	۱۳	۱٦/٦۹

٤-٣- ارزیابی ارتباط هریک از متغیرها

جهت ارائه یک مدل مناسب از پیش‌بینی تعداد تصادفات، ابتدا باید نوع ارتباط هر یک از متغیرهای مشخصات فیزیکی سرعت‌کاه با فراوانی تصادفات مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور در جدول (۱۱)، علامت و نماد پارامترهای استفاده شده ارائه گردیده است.

جدول۱۱. متغیرهای موثر در مدل تعداد تصادفات

نماد پارامتر	پارامتر	واحد
V	سرعت متوسط وسایل نقلیه	Km/h
H	ارتفاع سرعت‌کاه	m
D	عرض سرعت‌کاه	cm
L	فاصله سرعت‌کاه تا تقاطع	m
N	تعداد خطوط عبوری	number
S	فاصله علائم هشدار دهنده تا سرعت‌کاه	m
A	فراوانی تصادفات	number

٤-٤- تعیین مدل رگرسیون پیش‌بینی تصادفات

در این پژوهش، پس از کنترل داده‌های موجود با مدل‌های رگرسیون خطی، نتایج مناسبی حاصل نگردید. لذا جهت پیش‌بینی تعداد تصادفات براساس سرعت اولیه وسایل نقلیه و مشخصات فیزیکی سرعت‌کاه‌ها، از مدل‌های غیرخطی چندگانه که پاسخ مناسب‌تری را ارائه نمودند، استفاده گردید. بررسی نمودارهای ارائه شده توسط نرم‌افزار SPSS نشان داد که تاثیر مقادیر پارامترهای L و N در مدل ارائه شده، کمتر از سایر پارامترها بوده است. لذا این پارامترها در مدل انتخاب شده، حذف گردیدند. در نهایت مدل رگرسیون غیرخطی، براساس رابطه‌ی (۱) ارائه شده است. لازم به‌ذکر است، مدل پیش‌بینی تصادفات برای میانگین آمار تصادفات سال‌های ۹۵ تا ۹۸ مدل‌سازی شده است.

$$\text{Accident numbe} = a1 + a2 * \text{Exp}(a3 * V) + a4 + a5 * \text{Exp}(a6 * H) + a7 + a8 * \text{Exp}(a9 * D) + a10 + a11 * \text{Exp}(a12 * S) \quad (۱)$$

نتایج تحلیل داده‌های تصادفات، توسط رگرسیون غیرخطی چندگانه نمایی، در معابر و تقاطعات مورد مطالعه در سطح شهر مشهد در جداول (۱۲) و (۱۳) ارائه شده است.

در این روش، با تکرار مراحل تا رسیدن به مناسب‌ترین ضرائب برای مدل ارائه شده، تحلیل ادامه می‌یابد. در مدل فوق پس از ۱۳ مرحله تکرار، مناسب‌ترین ضرائب به دست آمده است.

جدول۱۲. تغییرات تکرار پارامترهای مدل پیش‌بینی تصادف

تکرار	مقدار اولیه	1	2	3	4	5	6	...	13
a1	0	0.038	0.039	0.040	0.042	0.043	0.044	...	0.048
a2	0	3.500	3.520	3.540	3.560	3.580	3.600	...	3.650
a3	0	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	...	0.005
a4	0	0.040	0.042	0.044	0.046	0.048	0.050	...	0.055
a5	0	36.50	37.10	35.95	35.80	35.64	35.42	...	35.12
a6	0	-0.255	-0.254	-0.253	-0.252	-0.251	-0.250	...	-0.243
a7	0	0.038	0.039	0.040	0.042	0.043	0.044	...	0.050
a8	0	490.0	490.3	490.6	490.8	491.0	491.2	...	491.5
a9	0	-0.500	-0.510	-0.520	-0.530	-0.540	-0.550	...	-0.570
a10	0	0.035	0.036	0.037	0.037	0.037	0.038	...	0.038
a11	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	...	0.001
a12	0	0.100	0.150	0.175	0.200	0.205	0.210	...	0.235

جدول۱۳. جدول ANOVA مدل رگرسیون پیش‌بینی تصادفات

	جمع مجذورات	df	میانگین مجذورات
رگرسیون	102568.16	30	4135.12
باقیمانده	808.56	20	104.35
مجموع تصحیح نشده	103556.72	50	
مجموع تصحیح شده	6178.52	49	

پس از ۱۳ مرحله تکرار تحلیل در نرم‌افزار spss و با استفاده از روش کاهش باقیمانده تجمعی، کاهش میزان باقیمانده مطابق جدول شماره (۱۳) بدست آمده است. براساس مناسب‌ترین ضرائب بدست آمده از تحلیل فوق با ضریب تغییرات ۸۷/.، مدل رگرسیون غیرخطی چندگانه پیش‌بینی تصادفات، در معابر و تقاطع های هدف در سطح شهر مشهد، مطابق رابطه (۲) بدست آمده‌است.

$$\text{Accident number} = 0.048 + 3.65 * \text{Exp}(0.005 * V) + .055 + 35.12 * \text{Exp}(-0.243 * H) + 0.05 + 491.52 * \text{Exp}(-0.576 * D) + 0.038 + 0.001 * \text{Exp}(0.235 * S) \quad (۲)$$

۵- بحث در نتایج

نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

-سرعت متوسط: سرعت متوسط وسایل نقلیه بعد از نصب سرعت‌کاه، حدود ۱۷ کیلومتر بر ساعت کاهش داشته است، که به طور میانگین معادل با کاهش ۲۸ درصدی در سرعت متوسط وسایل نقلیه بوده است.

-ارتفاع سرعت‌کاه: افزایش ارتفاع سرعت‌کاه‌ها از ۸ تا ۱۲ سانتیمتر، افزایش درصد کاهش سرعت وسایل نقلیه را درپی داشته است که حداکثر مقدار آن به ۳ درصد رسیده است.

-عرض سرعت‌کاه: افزایش عرض سرعت‌کاه‌ها از ۷ تا ۱۰ متر، کاهش درصد کاهش سرعت وسایل نقلیه را درپی داشته است که حداکثر مقدار آن به ۳ درصد رسیده است.

-فاصله سرعت‌کاه از تقاطع: با افزایش فاصله سرعت‌کاه‌ها از تقاطع از ۱۰ تا ۳۰۰ متر، کاهش درصد کاهش سرعت وسایل نقلیه را درپی داشته است که حداکثر مقدار آن به ۲ درصد رسیده است.

-فاصله علائم هشداردهنده تا سرعت‌کاه: افزایش فاصله علائم هشداردهنده تا سرعت‌کاه‌ها از ۱۰ تا ٦۰ متر، کاهش درصد کاهش سرعت وسایل نقلیه را درپی داشته است که حداکثر مقدار آن به ۳ درصد رسیده است.

-تعداد خطوط عبوری معبر: افزایش تعداد خطوط عبوری معبر از ۲ به ٤ خط، کاهش درصد کاهش سرعت وسایل نقلیه را درپی داشته است که حداکثر مقدار آن به ۱ درصد رسیده است.

-استاندارد یا غیراستاندارد بودن سرعت‌کاه: میانگین کاهش سرعت وسایل نقلیه در تقاطع‌های با سرعت‌کاه استاندارد حدود ۳/۵ درصد بیشتر از تقاطع‌های با سرعت‌کاه غیراستاندارد بوده‌است.

-تعداد تصادفات: تعداد تصادفات وسایل نقلیه بعد از نصب سرعت‌کاه، حدود ۱۷ درصد کاهش داشته است.

٦-مراجع

-استاندارد معابر شهری و آرام سازی ترافیک (۱۳۹۳). شهرداری تهران، *کمیسیون فنی و تدوین استاندارد*.

-افندی‌زاده، شهریار، آرمان، محمدعلی، و فراهانی، بهزاد (۱۳۹۰). بررسی اثرات اقدامات آرام‌سازی ترافیکی بر بهبود سطح ایمنی محل. *اولین همایش ملی ترافیک* و ایمنی، تهران.

-اکبری مرزانکی، عزت اله (۱۳۹۷). بهینه سازی مکان یابی سرعت گیرها و سرعت‌کاه‌ها در معابر شهری. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شمال.

-حاجی علی، پوریا (۱۳۹٤). بررسی تاثیر سرعت‌کاه‌ها بر پارامترهای جریان ترافیکی(مطالعه موردی: شهر اصفهان). پایان

نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

-ساعدی، حسین، و دیواندری، حسن (۱۳۹۷). مدل سازی سرعت عملکردی و ارائه‌ی راهکار اقتصادی به منظور افزایش ایمنی در قوس‌های افقی (مطالعه‌ی موردی: محور مشهد-تربت حیدریه). *فصلنامه علمی راهور*، ۷ (۲٤)، ۹۲-٦۷.

-شریفی راد، امیر (۱۳۹٦). بررسی تأثیر روش‌های آرام سازی بر سرعت جریان ترافیک با استفاده از روش‌های آماری. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی.

-طباطبائی، سیدعلی، و رحمن، علی (۱۳۸۷). ارزیابی عملکرد سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها در ایران و ارائه راهکارهایی برای بهبود عملکرد آنها. *هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران*، تهران.

-کوچکی گل‌افزائی، بابک (۱۳۹۵). بررسی تاثیر استفاده از انواع سرعت‌گیرها در تقاطع‌ها و دوربرگردان‌ها بر تصادفات و سرعت وسایل نقلیه (مطالعه موردی: شهر قائمشهر). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، *موسسه آموزش عالی آریان*.

-گل رو، امیر، کرمانشاهی، شهاب الدین، و دریایی، داریوش (۱۳۸۵). تحلیل و ارزیابی تأثیر انواع سرعتگیر بر افزایش شاخص اعتمادپذیری در شبکه معابر شهری. هفتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، *معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران*.

-سلمانی، محمد، رمضان زاده لسبویی، محمد، و دریکوند، مسلم (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای و ارائه راهکارهایی برای کاهش آن. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، شماره٦۵، ۱۰٤-۸۷.

-مشکینی، ابوالفضل، غلامحسینی، رحیم، و زادولی خواجه، شاهرخ (۱۳۹۳). بررسی عوامل مؤثر در افزایش تصادفات درون شهری و ارائه راهکارهایی جهت کاهش آن (مطالعه موردی: شهر زنجان). *سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی*، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

-Antic´ , B., Pešic´ , D., Vujanic´ , M., & Lipovac, K. (2013). The influence of speed bumps heights to the decrease of the vehicle speed – Belgrade experience. *Safety Science*, 57, 303–312.

-Ewing, R. (1999). Traffic calming state of the practice slide seminar. Institute of Transportation Engineers. *Federal Highway Administration September*.

-Johansson, C., Rosander, P., & Leden, L. (2011). Distance between speed humps and pedestrian crossings: Does it matter? *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1846-1851.

-Kanjanavapastit, A., & Thitinaruemit, A. (2013). Estimation of a speed humps profile using quarter car model. *Procedia–Social and Behavioral Sciences*, 88, 265-273.

-Marek, J. C., & Walgren, S. (1998). Mid-block speed control: Chicanes and speed humps. Compendium of papers for the 68th annual meeting of institute for transportation engineers. *Toronto, Canada, Institute of Transportation Engineers.* November.

-Shahdah, U. E., & Azam, A. (2021). Safety and mobility effects of installing speed-humps within unconventional median U-turn intersections. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(2), 1451-1462.

-Smith, D. J. (2002). Temporary speed hump impact evaluation (Doctoral dissertation). *Iowa State University*.

-Smith, D. J., Knapp, K., & Hallmark, S. (2002). Speed impacts of temporary speed humps in small Iowa cities. Ames, *Centre for Transportation Research and Education*, Iowa State University.

-Yeo, J., Lee, J., Cho, J., Kim, D. K., & Jang, K. (2020). Effects of speed humps on vehicle speed and pedestrian crashes in South Korea. *Journal of Safety Research*, 75, 78-86.

Presentation of the Accident Predictive Model Based on Speed Hump Characteristics in Urban Intersections

Armin Jarrahi, Assistant Professor, Civil Department, Engineering Faculty, Khayyam University, Mashhad, Iran.

Hossein Saedi, Ph.D., Grad., Technical Faculty, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Mohammad Yazdani, Assistant Professor, Civil Department, Engineering Faculty, Khayyam University, Mashhad, Iran.

Ali Hatefy Shafty, M.Sc., Grad., Skills and Entrepreneurship Faculty, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

E-mail: a.jarahi@khayyam.ac.ir

Received: September 2003 Accepted: January 2024

ABSTRACT

The high number of accidents compared to the population and vehicle ownership index in Iran has drawn the attention of road design engineers to the importance of reducing the number of accidents. Speed is one of the most effective factors in causing accidents. One of the physical tools for controlling the speed of vehicles is the use of speed bumps and humps in the streets. This study examines the effect of proper implementation of speed humps on reducing the speed of vehicles, as well as reducing the number of accidents. For this purpose, through a field survey of 64 speed humps in the 2nd and 10th districts of Mashhad, the speed of vehicles was recorded before and after the installation of speed humps. In addition, the physical specifications of speed humps, such as width, height, distance from intersections, number of lanes on the streets, and distance from warning signs to speed humps, were measured. Then, using statistical analyses, the effectiveness of each of these parameters in reducing vehicle speed was evaluated. Furthermore, based on the accident statistics of the targeted streets, data before and after installing speed humps were analyzed using SPSS software and regression analysis. After conducting the initial analysis, it was found that none of the linear regression models were suitable for predicting the accidents. Therefore, the data were analyzed using a nonlinear multiple regression model (R^2=0.87). The results of the analysis showed that the use of speed bumps can have a significant impact on reducing accidents in streets and intersections, provided that proper safety measures are taken into account in their design and installation. In fact, speed humps can lead to a reduction of approximately 17% in accidents.

Keywords: Speed Humps, Modeling, Accident Prediction, Accident Reduction, Intersection