

## عوامل تصادفات در قوس‌های افقی در جاده‌های برون شهری دو خطه (مطالعه موردی: محور یاسوج به بابامیدان)

مقاله علمی - پژوهشی

داریوش پژمان، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

علی آرام\*، گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [aliaram172@yahoo.com](mailto:aliaram172@yahoo.com)

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹ - پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵

صفحه ۲۶۱-۲۷۸

### چکیده

تصادف در محل قوس‌های افقی اغلب شامل یکی از حالات خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه راه. از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون، برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو است. تحقیقات مختلفی در این رابطه انجام گرفته است که در آن برخی از عوامل موثر در تصادفات محل قوس‌ها در میان عوامل متعدد تاثیرگذار در تصادفات محل قوس‌ها با اهمیت‌تر تشخیص داده شده اند. هدف از پژوهش حاضر بررسی عوامل تصادفات در قوس‌های افقی در راه‌های دو خطه برون شهری در محور یاسوج به بابامیدان می‌باشد. این تحقیق از نظر نوع و هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، تحلیلی-توصیفی است. در این تحقیق محورهای یاسوج به بابامیدان در مقطع زمانی سال ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفته است. روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای، متنی و میدانی بوده و همچنین با استفاده از مصاحبه‌های اکتشافی با افراد متخصص، خبره و همچنین مهندسین، مشاوران و همچنین تنظیم و تهیه پرسشنامه بوده است. پرسنل راهنمایی و رانندگی، مدیران پروژه، مهندسین، کارشناسان و خبرگان فعال در پروژه‌های عمرانی، به ویژه در زمینه راه‌سازی جامعه آماری را تشکیل می‌دهد و برای بررسی داده‌های جمع آوری شده مربوط به متغیرهای تحقیق از تکنیک‌های آماری و با استفاده از نرم افزارهای اکسل و SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است. نتایج پژوهش نشان داده که عوامل خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۴۷ درصد، عامل از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون به میزان ۲۳ درصد و برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو به میزان ۱۹ درصد و نهایتاً طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۲۵ درصد دارا هستند.

واژه‌های کلیدی: تصادفات، قوس‌های افقی، راه‌های دو خطه برون شهری

### ۱-مقدمه

۱۹۹۸مقایسه می‌شود. مرگ و میر جاده‌ای، اگرچه هر سال ۷۵۰۰۰۰ نفر یا بیش از یک میلیون را از بین می‌برد ولی منابع داده‌ی موجود نشان می‌دهد که هنوز هم این علت اصلی مرگ، حتی از مرگ و میر زودرس هم بیشتر است. انتظار می‌رود مرگ و میر جاده‌ای همچنان با افزایش میزان تلفات مرگ و میر از بین ۹۰۰ هزار و ۱/۱ میلیون نفر در سال ۲۰۱۰ به ۱/۱ میلیون و ۱/۳ میلیون در سال ۲۰۲۰ برسد. این گزارش همچنین برآوردی نسبتاً خام از صدمات سالانه را

با استفاده از داده‌های منتشر شده از مجموع ۱۹۲ کشور، به عنوان یک پایگاه داده، این مطالعه تخمین می‌زند که در سال ۱۹۹۹ بین ۷۵۰۰۰۰ و ۸۸۰۰۰۰ نفر از افراد، احتمالاً به عنوان یک نتیجه از تصادفات جاده می‌میرند که اکثر این مرگ و میرها در کشورهای کمتر موتوریزه شده، که حدود نیمی از آنها در منطقه‌ی آسیا و اقیانوس آرام هستند، رخ خواهد داد. این نتیجه با برآورد انجام‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی روی بیش از یک میلیون مرگ در سال

هدایت، ۱۳۹۷). ایجاد وضعیتی دور از انتظار راننده در محل قوس‌ها، اشغال شدن عرض بیشتری از مسیر توسط وسیله نقلیه، خطر سازتر بودن لغزندگی سطح جاده به نسبت قطعات مستقیم راه‌ها و کاهش مسافت دید در محل قوس‌های افقی باعث شده است تعداد و شدت تصادفات در محل قوس‌های افقی بیش از میزان تصادفات در قطعات معمولی راه‌ها باشد و این وضعیت خطرناک به خصوص برای راه‌های دوخطه بحرانی تر است. به طوری که بر اساس بررسی‌های آماری انجام گرفته ۵۰ تا ۶۰ درصد کل تصادفات شبکه راه‌ها در راه‌های دوخطه برون شهری اتفاق افتاده که نیمی از این تصادفات در قوس‌های راه به وقوع می‌پیوندد و حدود ۷۰ درصد از تصادفات محل قوس‌ها مربوط به قوس‌های افقی می‌باشد. وجود پیچ‌های تند و غیرمهندسی، سربالایی و سرازیری‌های غیراصولی، عرض کم جاده، پرتگاه‌های متعدد، سقوط بهمین در زمستان‌ها، سقوط سن بهنگام بارندگی و ... محور یاسوج به بابامیدان را به یکی از مخاطره آمیزترین راه‌های کشور تبدیل نموده است. بر همین اساس تحلیل و بررسی چگونگی وقوع تصادفات رانندگی در قوس‌های قائم در جاده‌های برون شهری دو خطه شهر یاسوج به جهت نیل و دستیابی به راهکارهای مناسب به منظور کنترل و کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از آن و ارتقاء ضریب ایمنی تردد وسایل نقلیه ای که در این محورها در حال عبور و مرور می‌باشند، ضروری می‌نماید. لذا، چنانچه مسئولین امر از علل واقعی وقوع تصادفات جاده‌ای بر اساس قوس‌های قائم در جاده‌های برون شهری بی اطلاع باشند، نمی‌توانند برای آینده و رفع آنها چه به صورت کوتاه مدت و چه به صورت بلند مدت برنامه‌ریزی نمایند. بنابراین ضروری است تا با تحقیقی جامع، مهمترین عوامل تصادفات در قوس‌های قائم که در وقوع تصادفات جاده‌ای شهر یاسوج نقش دارند، شناسایی شوند تا مسئولین مرتبط، بتوانند برنامه‌ریزی لازم جهت رفع نواقص در نتیجه کاهش تصادفات را انجام دهند. به عبارت دیگر انجام این تحقیق و به کارگیری راهکارهای پیشنهادی آنان توسط مسئولین مربوطه، به طرز چشم‌گیری باعث کاهش تصادفات، در نتیجه جلوگیری از ایراد خسارات جانی، مالی، اجتماعی و غیره به آحاد کاربران ترافیک استفاده کننده از جاده‌های برون شهری شهر یاسوج خواهد شد.

نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۹، بین ۲۳ و ۳۴ میلیون نفر در تصادفات جاده‌ای در سراسر جهان مجروح شدند تولید کرده است. با توجه به عدم قطعیت داده‌ها و میزان گزارش دهی کم، شدت تصادفات جاده به‌عنوان یکی از عوامل اصلی خسارات کم تر از واقعیت، تخمین زده شده است (آرام، ۲۰۱۰). سیستم حمل و نقل جاده‌ای به عنوان مهم‌ترین سیستم زیربنایی، نقش حیاتی در عملکرد سایر فعالیت‌ها دارد. بنابراین، برنامه‌ریزی و مدیریت آن به طور موثر، بسیار مهم است. سوانح ترافیکی هشتمین علت مرگ و میر در سطح جهان و اولین علت مرگ در افراد جوان در سنین ۱۵ تا ۲۹ سال است. روند کنونی نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۳۰ مرگ و میر سوانح ترافیکی راه، به پنجمین علت عمده مرگ و میر تبدیل شود. هر سال حدود ۱/۲۴ میلیون نفر در جاده‌های دنیا می‌میرند و ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر هم به خاطر تصادفات ترافیکی، دچار مصدومیت‌های غیرکشنده می‌شوند. (حاجی زاده و همکاران، ۱۳۹۹)

در کشور ما نیز این مسئله به صورت یک معضل و مشکل درآمده است به نحوی که ایران به لحاظ تصادفات و سوانح جاده‌ای و ترافیکی به عنوان یکی از کشورهای دارای بیشترین موارد تصادف و مرگ و میر ناشی از آن معرفی شده است. برابر آمارها در کشور ما بعد از بیماری‌های قلبی و عروقی بیشترین مرگ و میر افراد ناشی از حوادث و تصادفات ترافیکی است. در این رابطه به علت سرعت بالای خودروها و شرایط خاص جاده‌های کشور صدمات و ضایعات ناشی از تصادفات رانندگی در جاده‌های برون شهری بسیار سنگین‌تر و خون بارتر از تصادفات درون شهری بوده و درصد بالای از متوفیان ناشی از تصادفات، مربوط به حوادث و سوانح جاده‌ای می‌باشند. (خساک و همکاران، ۱۳۹۸)

به صورت کلی عوامل تصادفات به دو دسته عوامل مستقیم و غیر مستقیم تقسیم بندی می‌شوند که عوامل مستقیم در هر تصادفی وجود خواهد داشت. عوامل مستقیم از تعامل بین پارامترهای متعددی از جمله متغیرهای هندسی، شامل تعداد خطوط، عرض خطوط، عرض میانه، عرض شانه، طول راه، تعداد تقاطعات، چگالی دسترسی راه و متغیرهای ترافیکی شامل میانگین ترافیک روزانه، سرعت و ... و بسیاری از عوامل دیگر که در چهار گروه، عوامل انسانی، محیطی، جاده‌ای و وسایل نقلیه می‌توان طبقه بندی نمود. (منجم و

## ۲- پیشینه تحقیق

یکی از معضلات بسیار مهم در جوامع کنونی، وقوع تصادفات می‌باشد که سالانه سبب کشته و مجروح شدن تعداد فراوانی از افراد جامعه می‌شود و نیز هزینه‌های سنگینی را بر جوامع تحمیل می‌کند. برای رفع این معضل بزرگ، شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات و تعیین میزان تأثیر هر کدام از این عوامل بر حوادث ترافیکی باید از اولویت‌های اصلی نهادهای مربوطه همچون وزارت راه و ترابری و پلیس راه قرار گیرد. وقتی تصادفی اتفاق می‌افتد رانندگان بخاطر این رویداد ناگوار مقصر دانسته شده و سرزنش می‌شوند. زمانی که حالت هماهنگی و پایداری رانندگان در نقاط خاصی از مسیر از بین می‌رود مشخص می‌شود که مشکل فقط از رانندگان نیست، بلکه اساساً طرح هندسی مسیر نیز مرتبط با این موضوع است. از آنجایی که تصادفات به طور مساوی در سرتاسر شبکه راه توزیع نشده‌اند، نقاط با نرخ تصادف بالا دلایل آشکاری هستند که نشان می‌دهند فاکتورهای دیگری علاوه بر خطای راننده در تصادفات دخالت دارد. تقریباً ۱۴۷۰۰۰ نفر در سال در اثر حوادث جاده‌ای کشته می‌شوند. این گونه تخمین زده می‌شود که تقریباً ۶۰ درصد از تلفات جاده ای در راه‌های دو خطه برون شهری رخ می‌دهد و تقریباً نیمی از این تلفات در مقاطع قوسی شکل مسیر اتفاق می‌افتد. بررسی تصادفات نشان داده است که در راه‌های دوخطه برون شهری، نرخ تصادفات در قوس‌های افقی ۳ تا ۵ برابر بیشتر از مقاطع مماس مسیر می‌باشد. جاده‌های برون شهری کشور در شرایط آب و هوایی مختلف و فصول مختلف شرایط متفاوت داشته و از لحاظ استاندارد طراحی و ضوابط هندسی در مرتبه مطلوبی قرار ندارند. با توجه به آمار تصادفات سبقت در جاده‌های دو طرفه دو خطه که اکثر راه‌های کشور نیز از این نوع می‌باشند و اینکه شدت تصادفات شاخ به شاخ که در این راه‌ها صورت می‌گیرد از تمام انواع دیگر بیشتر و این نوع تصادف مرگبار است. با طراحی هندسی مناسب معبر علاوه بر کاهش هزینه‌های آتی اصلاح هندسی، ایمنی و ظرفیت معبر نیز افزایش می‌یابد. برای این که بتوان به صورت مؤثر توسط امور مهندسی با مشکلات ایمنی ترافیک برخورد نمود، لازم است که در مراحل مختلف در بهبود شبکه‌های معابر از معیارهای خاص استفاده شود. هر اقدامی که باعث ساده شدن وضعیت ایمنی ترافیک شود، به افزایش تردد وسایل نقلیه با ایمنی ترافیک بیشتر کمک خواهد نمود. با توجه به این که آمار سالانه تصادفات محور دو بانده شهر یاسوج به

بابامیدان در سطح بالایی می‌باشد، در این تحقیق به دنبال بررسی عوامل تصادفات در قوس‌های قائم در جاده‌های برون شهری دو خطه در محور شهر یاسوج به بابامیدان در سال ۱۴۰۰ می‌باشیم و نکته مهمی که می‌بایست بررسی گردد علت یا علل وقوع تصادفات فوق‌الذکر می‌باشد. از آنجایی که شرایط اقلیمی و محیطی خاصی بر محور شهر یاسوج به بابامیدان حاکم است به نظر می‌رسد عاملی که از میان عوامل تأثیرگذار بر وقوع تصادفات از اهمیت بالاتری برخوردار است، عامل تصادفات در قوس‌های قائم و شرایط حاکم بر راه می‌باشد. بنابراین، چون معابر و راه‌های برون شهری شهر یاسوج به بابامیدان دارای ویژگی‌های خاص و بعضاً منحصر به فردی مانند: کوهستانی بودن، پیچ و خم‌های فراوان و غیره می‌باشد و عدم شناسایی دقیق عوامل تصادفات در قوس‌ها و نیز میزان تأثیر هر یک از آنها در وقوع تصادفات محور شهر یاسوج به بابامیدان، یکی از مهمترین دغدغه‌های مسئولین ذیربط می‌باشد، لذا صرفاً به بررسی عوامل تصادفات در قوس‌های قائم در جاده‌های برون شهری دو خطه در محور شهر یاسوج به بابامیدان خواهیم پرداخت. بنابراین مشکل و مسئله اصلی‌ای که در اینجا قابل بررسی می‌باشد آن است که عوامل تصادفات در قوس‌های قائم در جاده‌های برون شهری دو خطه در شهر یاسوج چیست؟ تصادف در محل قوس‌های افقی اغلب شامل یکی از حالات خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه راه، از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون، برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو است. دلیل چنین تصادفاتی معمولاً سرعت زیاد راننده و قضاوت اشتباه وی در مورد شدت درجه قوس است که می‌تواند ناشی از طراحی ناسازگار با انتظارات راننده باشد. وجود پیچ تند در انتهای یک مسیر مستقیم و یا ترکیب یک قوس تند در میان تعدادی قوس ملایم از جمله مصادیق طرح ناسازگار است. مطالعات انجام شده بر روی تصادفات در راه‌های دو خطه برون شهری نشان دهنده این است که متغیرهای طرح هندسی راه از قبیل شعاع قوس، بر بلندی، طول قوس، درجه قوس، عرض راه در محل قوس و حجم ترافیک روزانه از عوامل مؤثر در وقوع حوادث ترافیکی در راه‌های دو خطه و قوس‌ها می‌باشند. تحقیقات مختلفی در این رابطه انجام گرفته است که در آن برخی از عوامل مؤثر در تصادفات محل قوس‌ها در میان عوامل متعدد تأثیر گذار در تصادفات محل قوس‌ها با اهمیت‌تر تشخیص داده شده‌اند.

تصادفات قوس‌های افقی کاهش می‌یابند و به دلیل رابطه معکوس درجه قوس با شعاع به وسیله مقداری ثابت، می‌توان اینگونه استنباط نمود که با افزایش ۱، ۱۰ و ۱۰۰ درصدی درجه قوس‌های افقی به ترتیب ۰/۱۷، ۱/۷۰ و ۱۶ درصد تصادفات افزایش می‌یابند. همچنین در این پژوهش عنوان گردیده که بررسی رابطه مستقیم متغیرها با تصادفات، در ثابت نگه داشتن سایر متغیرها انجام گرفته است. منجم و هدایت (۱۳۹۷) در پژوهشی به پیش بینی سرعت عملکردی قوس‌های ترکیبی قائم و افقی در جاده‌های دو خطه برون شهری جهت بهینه سازی طرح هندسی مسیر پرداخته‌اند. نتایج تحقیق مشخص کرده که (۱) با قرارگیری قوس قائم کاو بر روی قوس افقی، سرعت عملکردی رانندگان در میانه قوس افقی، به علت وجود قوس قائم و در پی آن فزاینده تر بنظر آمدن قوس افقی، بیشتر از سرعت ورودیشان در ابتدای قوس بوده است و با گذر از سراسیمه قوس قائم در انتهای قوس افقی از سرعتشان کاسته شده است. (۲) با در نظر گرفتن اطلاعات سرعت سنجی و مشخصات طرح هندسی مسیر شامل شعاع قوس افقی، بریلندی، اختلاف جبری شیب و ... به وسیله رگرسیون چند متغیره، مناسبترین معادله از سرعت عملکردی با بیشترین ضریب تشخیص رگرسیون جهت پیش بینی سرعت عملکردی استخراج شد؛ که برای بهینه سازی طرح هندسی مسیر در نقاط حضور قوس ترکیبی قائم و افقی بکار خواهد رفت هاونگ و همکارانش در سال (۲۰۱۸) نیز در مطالعات خود بر روی شدت تصادفات آزادراه کوهستانی در چین به این نتیجه رسید که در تصادفات ناشی از عجله و شتاب بی مورد، قوس‌هایی با شعاع بزرگتر (مستقیم و انحنای کمتر) احتمال وقوع تصادفات با شدت فوتی و جرحی بیشتری دارند. پرکینز مطالعاتی در سال (۲۰۱۹) انجام داد که در آن مشخص شد، عرض راه در تصادفات نقش مهمی دارد، ولی عرض شانه راه در تصادفات قوس‌ها اثر چندانی ندارد. نیومن با انتخاب ۳۳۴ قوس از راه‌های دو خطه واقع در چهار ایالت آمریکا و تحقیق بر روی تأثیر پنج متغیر متوسط ترافیک روزانه، درجه قوس، طول قوس، عرض سواره رو و عرض شانه بر تصادفات جاده‌ای به این نتیجه رسید که بجز متوسط ترافیک روزانه سایر متغیرها نقش عمده‌ای در تصادفات قوس‌ها دارد. میایو طی تحقیقی که در سال (۲۰۱۹) در کشور فرانسه انجام

صافزارزاده، شعبانی و آذرمی (۱۳۸۶) در پژوهش خود به بررسی مدل پیش بینی تصادفات در قوس‌های واقع در راه‌های دو خطه برون شهری پرداخته‌اند. یکی از نتایج اصلی به دست آمده از این پژوهش این چنین است که نرخ تصادفات تقریباً به صورت غیر خطی با افزایش درجه قوس (D) افزایش می‌یابد. بررسی تصادفات جاده‌ای نشان می‌دهد که ۵۰ تا ۶۰ درصد تصادفات در راه‌های دو خطه برون شهری اتفاق می‌افتند، نیمی از این تصادفات در قوس‌های راه به وقوع می‌پیوندند و حدود ۷۰ درصد از تصادفات حادث در قوس‌های متعلق به قوس‌های افقی هستند. حاجی زاده، امامی، نظری و ذوقی، (۱۳۹۴) در پژوهش خود به بررسی ترکیب قوس‌های افقی و قائم در جاده‌های برون شهری دوخطه، پرداخته‌اند. نتایج مشخص کرده که در ترکیبات پیشنهادی قوس، رفتار سرعتی راننده در هیچ یک از شیوه‌هایی که به لحاظ آماری بطور قابل توجهی متفاوتند با قوس‌های مرجع تفاوتی ندارد. در حالی که ترکیبات قوس بحرانی (پیکربندی‌هایی که بایستی از آنها اجتناب کرد) مقادیر بالای بیشینه‌ی کاهش سرعت در امتداد انتقال خم مماس را موجب می‌شود، به این امر واکنش راننده به یک برداشت نادرست از هم ترازای جاده گفته می‌شود. بنابراین این نتیجه اثربخشی دستورالعمل‌های طراحی جاده را برای هماهنگی قوس‌های افقی و قوسهای قائم تصدیق می‌کند. در سال (۲۰۱۳) در یک پژوهش مطالعاتی توسط آرام‌تحت عنوان «مدل پیش بینی تصادفی بر روی قوس‌های افقی در جاده‌های دوخطه برون شهری در جنوب ایران با استفاده از مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی و پواسون» به بررسی تصادفات بر روی قوس‌های افقی در جاده‌های دو خطه برون شهری استان کهگلویه و بویراحمد پرداخت. این استان یکی از استان‌هایی است که دارای جاده‌های برون شهری دوخطه انتقال ترافیک جنوب به مرکز ایران می‌باشد. یافته‌ها نشان شد، که با افزایش ۱، ۱۰ و ۱۰۰ درصدی زاویه خارجی قوس‌های افقی، به ترتیب ۰/۲۲، ۲/۲۷ و ۲۵ درصد تصادفات افزایش می‌یابند. این پژوهش در بررسی درجه و شعاع قوس که با یکدیگر رابطه معکوسی به صورت  $R=57.3 / D$  درجه قوس بر حسب رادیان و شعاع برحسب متر می‌باشد) نشان داد با افزایش ۱، ۱۰ و ۱۰۰ شعاع قوس‌های افقی به ترتیب ۰/۱۷، ۱/۷۰ و ۱۶ درصد

نیست و استفاده از علائم پایه شکن در جایی که خطر افتادن آن به روی عابر پیاده وجود دارد، مجاز نمی‌باشد.

### مشخصات انواع راه‌های برون شهری

**راه‌های تفکیک شده چند خطه:** راه‌های تفکیک شده چند خطه برای کریدورهای بین شهری و یا ارتباط روستاها به سیستم جاده‌های شهری است. این راه‌ها دارای انواع دسترسی‌ها از قبیل دسترسی بدون کنترل و یا کنترل ناقص بوده و معمولاً دارای چهار یا شش خط می‌باشند. این نوع راه‌ها همچنین شامل قسمت اعظمی از سیستم جاده‌های حومه شهرها نیز می‌باشد.

**راه‌های تفکیک نشده چند خطه:** راه‌های تفکیک نشده چند خطه معمولاً دارای چهار یا شش خط می‌باشند. این نوع راه‌ها معمولاً برای مسیرهای پر رفت و آمد بین شهری یا ارتباط بین راه‌های برون شهری و شهری در نظر گرفته می‌شوند. البته این گونه راه‌ها برای حومه شهرها نیز سرویس دهی می‌نمایند. این نوع راه‌ها معمولاً کنترلی در مورد دسترسی ندارند.

**راه‌های دوخطه:** راه‌های بین شهری معمولاً به صورت دوخطه می‌باشند، با استثناء معابر یک طرفه، دوخطه بودن جاده، حداقل فرمی است که برای تسهیلات جاده‌ای در نظر گرفته می‌شود. این گونه راه‌ها ممکن است که به صورت راه‌های بین شهری با ترافیک نسبتاً سنگین یا دسترسی به نقاط دور افتاده طراحی گردد.

**راه‌های سه خطه:** این راه‌ها دارای یک خط برای استفاده اختصاصی ترافیک در هر جهت و یک سبقت گرفتن می‌باشند که توسط یکی از دو جهت مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته چون نرخ تصادفات در این گونه راه‌ها بسیار زیاد بوده، چنین طرح‌هایی دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. در طراحی‌های جدید خط وسط برای استفاده یک جهت در نظر گرفته می‌شود.

### روش تحقیق

این تحقیق از نظر نوع و هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، تحلیلی-توصیفی است. در تحقیقات توصیفی، محقق به دنبال چگونگی موضوع است و می‌خواهد بداند پدیده، متغیر یا مطلب چگونه است. تحقیقات توصیفی هم جنبه کاربردی دارد و هم جنبه مبنایی، به نحوی که از نتیجه این

گرفت، نشان داد که وقتی شعاع قوس کاهش یافته و طول بخش مستقیم قبل از قوس افزایش یابد، میزان تصادفات محل قوس نیز افزایش خواهد یافت. در مطالعات گلنون و همکارانش (۲۰۲۰) نیز مشخص شد که درجه قوس، طول قوس، عرض شانه، وضعیت حاشیه راه و اصطکاک رویه راه همگی از عوامل تعیین کننده در میزان تصادفات محل قوس‌ها هستند. همچنین کراس و همکارانش (۲۰۲۱) در مطالعات خود دریافتند که عرض کلی روسازی بر میزان تصادفات محل قوس‌ها اثر قابل ملاحظه‌ای دارد. پژوهشگران کانادایی نیز با بررسی عوامل عملکردی موثر در تصادفات محل قوس‌های افقی واقع در راه‌های دو خطه برون شهری، نشان دادند که توزیع سرعت در قوس‌های افقی، با جهت و میزان انحنا قوس ارتباط دارد.

زمانی که قوس‌های کوچک بر خلاف جهت عقربه‌های ساعت پیموده می‌شوند، سرعت بیشتر است و زمانی که در جهت عقربه‌های ساعت پیموده می‌شوند سرعت کمتر است. از نظر رفتاری نیز مطالعات نشان داده است که در قوس‌های با شعاع بزرگتر، اغلب رانندگان در هر دو جهت، خط مرکزی را دنبال می‌کنند اما در قوس‌های با شعاع کوچک‌تر، رانندگان قوس را در هر دو جهت قطع می‌کنند و در تحقیق انجام گرفته بر روی قوس‌های افقی واقع بر راه‌های دوخطه کشور ایران، صفارزاده و همکارانش نشان دادند که عواملی مثل درجه قوس، عرض سواره رو و حجم ترافیک اثر گذاری بیشتری نسبت به سایر عوامل داشته و میزان تصادفات محل قوس‌های افقی با افزایش درجه قوس  $D$  و کاهش عرض سواره رو افزایش می‌یابد.

### راه‌های شهری

از جمله ویژگی‌های معابر شهری، رفت و آمد فراگیر عابر پیاده و دوچرخه سوار (و به تبع آن استفاده بیشتر از جدول در کنار راه)، دسترسی‌های متعدد به املاک مجاور، مشکلات تصرف حریم، تردد و توقف وسایل نقلیه عمومی و شرایط خاص زیست محیطی می‌باشد که هر یک امکانات مربوط به خود را می‌طلبد. حاکم بودن شرایط شهری، محدودیت‌هایی را پیش رو می‌گذارد که دست اندرکاران ایمنی را ناگزیر از تجدید نظر در معیارهای مربوط می‌کند. برای مثال در این شرایط، تأمین فضای بازیابی لازم در بسیاری از موارد، ممکن

با استفاده از نرم افزارهای اکسل و SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است.

#### شناخت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

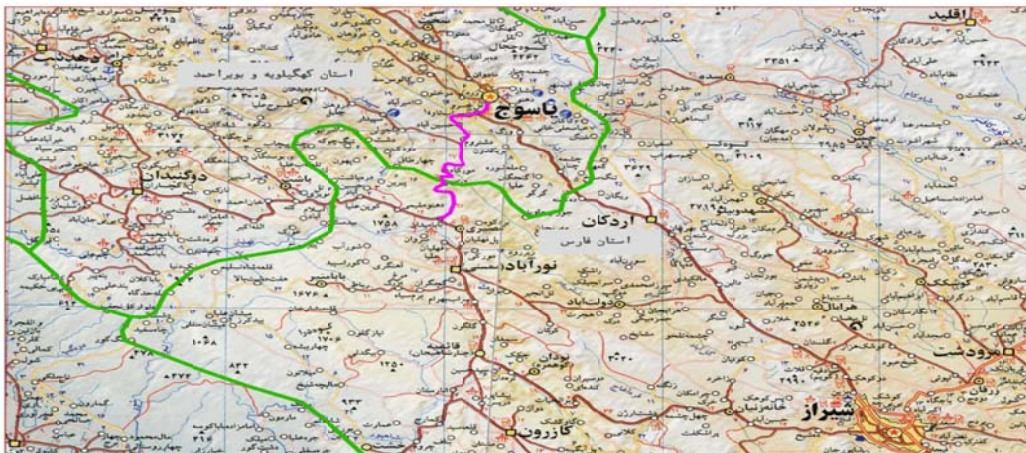
شهر یاسوج در جنوب غربی ایران با مساحتی بالغ ۱۲۰۰ کیلو متر مربع به عنوان مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد در کنار رشته کوه‌های زاگرس جنوبی و در دامنه کوه دنا قرار گرفته است. این شهر در مختصات جغرافیایی ۳۱ و ۳۰ درجه عرض شمالی و ۵۱ و ۳۱ درجه طول شرقی واقع شده است و همچنین ارتفاع شهر یاسوج ۱۹۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد.

از نظر موقعیت نسبی شهر یاسوج به عنوان مرکز استان و همچنین مرکز شهرستان بویر احمد در شمال شرقی استان کهگیلویه و بویراحمد واقع گردیده است. این شهر از طرف شرق به شهرستان سپیدان استان فارس، از طرف جنوب به شهرستان ممسنی، از طرف غرب به شهرستان‌های دو گنبدان و کهگیلویه و از طرف شمال به شهرستان دنا محدود می‌شود.

تحقیقات در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها و همچنین برنامه‌ریزی‌های سازمانی استفاده می‌شود. از ویژگی‌های تحقیق توصیفی این است که محقق دخالتی در موقعیت، وضعیت و نقش متغیرها ندارد و آنها را دستکاری یا کنترل نمی‌کند و صرفاً آنچه را که وجود دارد مطالعه کرده و به توصیف و تشریح آن می‌پردازد. لذا، با توجه به مطالب فوق در این تحقیق تاثیر و عوامل موثر بر تصادفات در قوس‌های قائم علی‌الخصوص در تصادفات برون شهری محورهای یاسوج به بابامیدان در مقطع زمانی سال ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفته است که برای دستیابی به این هدف درصد فراوانی عامل خطر بررسی و تعریف می‌گردد. روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای، متنی و میدانی بوده و همچنین با استفاده از مصاحبه‌های اکتشافی با افراد متخصص، خبره و همچنین مهندسین، مشاوران و همچنین تنظیم و تهیه پرسشنامه بوده است. پرسنل راهنمایی و رانندگی، مدیران پروژه، مهندسین، کارشناسان و خبرنگاران فعال در پروژه‌های عمرانی، به ویژه در زمینه راه‌سازی جامعه آماری را تشکیل می‌دهد و برای بررسی داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به متغیرهای تحقیق از تکنیک‌های آماری و



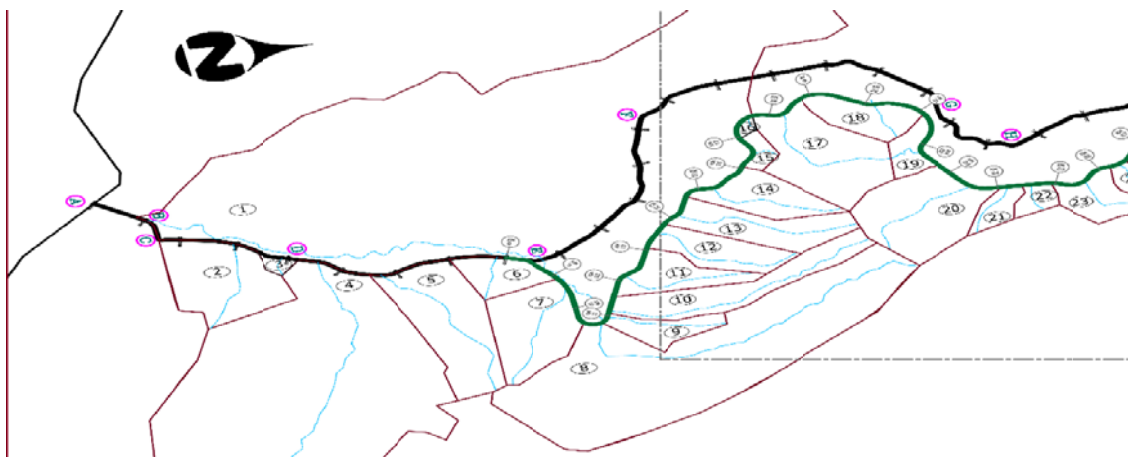
شکل ۱. نقشه موقعیت شهر یاسوج در کشور و شهرستان بویراحمد



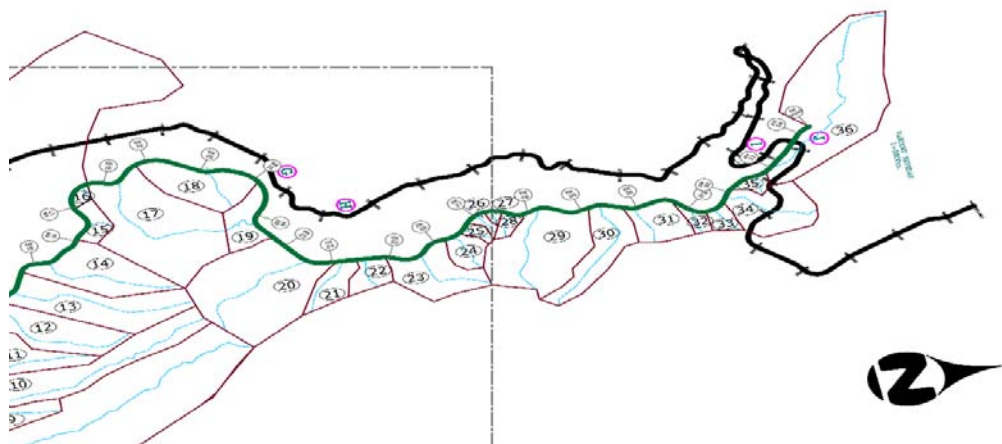
شکل ۲. موقعیت مسیر در منطقه



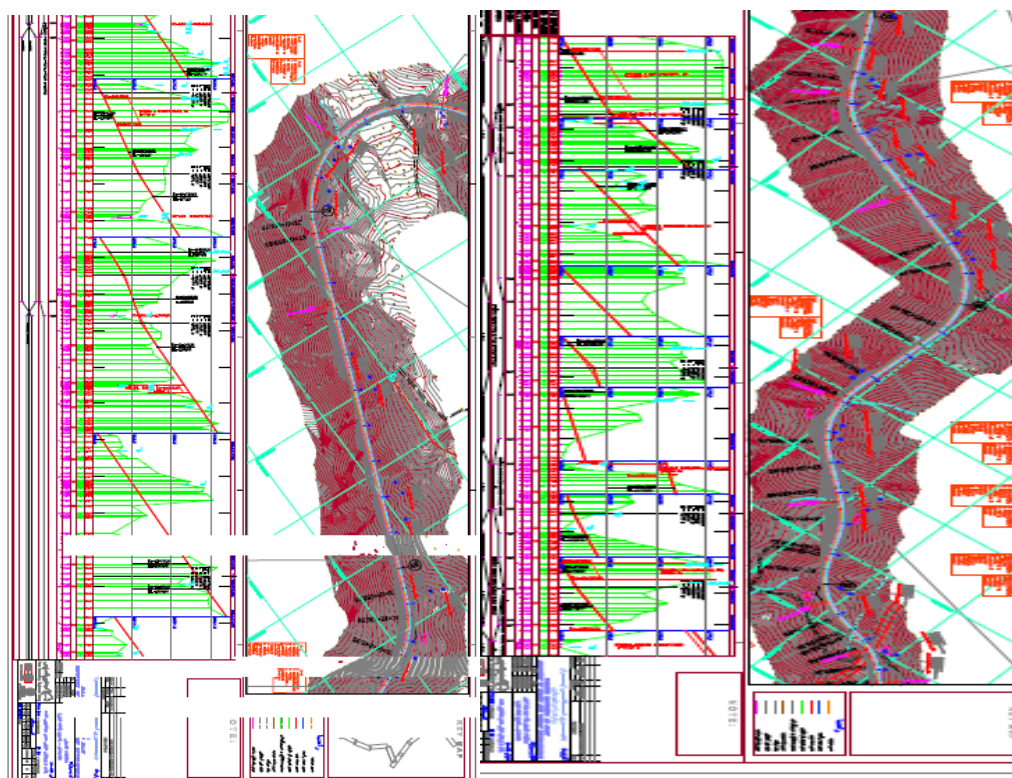
شکل ۳. موقعیت باند اول و دوم مسیر



شکل ۴. باند دوم راه اصلی جاده یاسوج به بابا میدان (قطعه اول)



شکل ۵. باند دوم راه اصلی جاده یاسوج به بابا میدان (قطعه دوم)



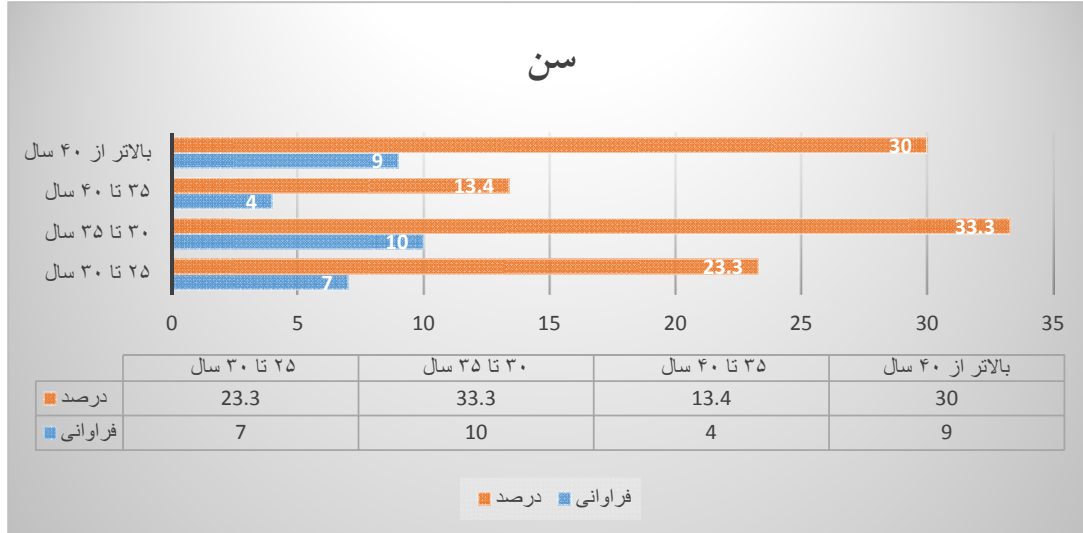
شکل ۶. پلان و پروفیل طولی مسیر



## تجزیه و تحلیل اطلاعات

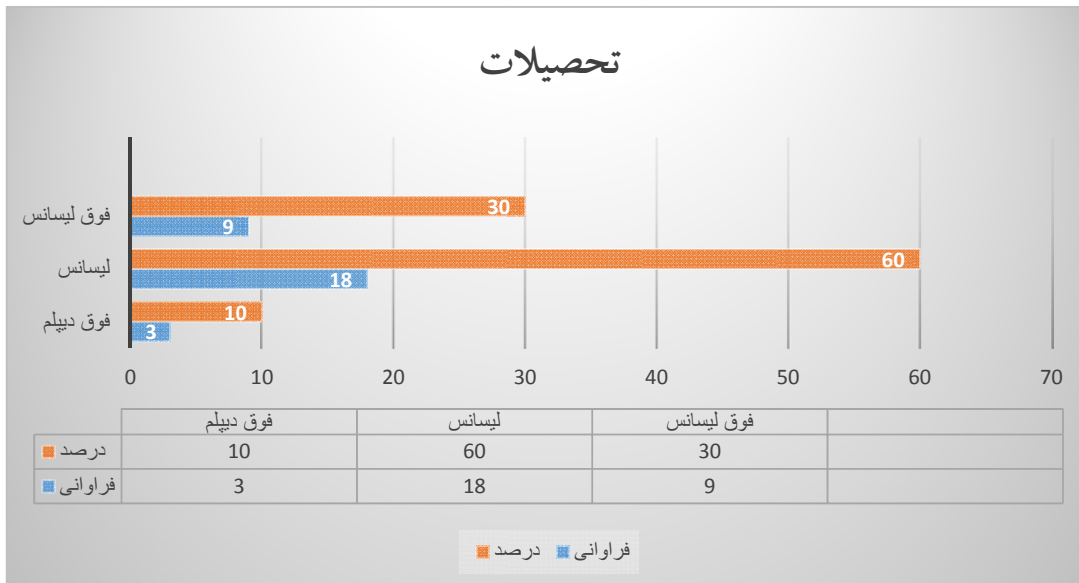
### آمار جمعیتی

با توجه به نمودار شماره (۱) بالاترین فراوانی مربوط به افراد در بازه سنی ۳۰ تا ۳۵ سال (۳۳/۳ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به افراد در بازه سنی ۳۵ تا ۴۰ سال (۱۳/۴ درصد) می‌باشد. نمودار شماره (۱) فراوانی جدول فوق را نشان می‌دهد. **د د**



نمودار ۱. فراوانی سن در نمونه مورد مطالعه

با توجه به نمودار شماره (۲) فراوانی ملاحظه می‌شود، بالاترین فراوانی مربوط به افراد در تحصیلات کارشناسی (۶۰ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به افراد در سطح تحصیلات فوق دیپلم (۱۰ درصد) در نمونه مورد مطالعه خواهد بود.



نمودار ۲. فراوانی تحصیلات در نمونه مورد مطالعه

با توجه به نمودار شماره (۳) فراوانی ملاحظه می‌شود، بالاترین فراوانی مربوط به افراد متاهل (۸۳/۳ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به افراد مجرد (۱۶/۷ درصد) خواهد بود.

جدول ۱. آماره مربوط به متغیر خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه راه

مقدار	آماره
۲۰/۹	میانگین
۲۰/۵	میانه
۱۹	مد
۲/۶	انحراف معیار
۷/۰۵	واریانس

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود میانگین مربوط به متغیر خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه راه ۲۰/۹ و واریانس آن ۷/۰۵ به دست آمده است.

جدول ۲. آماره مربوط به متغیر از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون

مقدار	آماره
۱۵/۳	میانگین
۱۵	میانه
۱۷	مد
۲/۳	انحراف معیار
۵/۵	واریانس

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود میانگین مربوط به متغیر از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون ۱۵/۳ و واریانس آن ۵/۵ به دست آمده است. **د د**

جدول ۳. آماره مربوط به متغیر برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو

مقدار	آماره
۱۵/۳	میانگین
۱۵	میانه
۱۷	مد
۲/۳	انحراف معیار
۵/۵	واریانس

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود میانگین مربوط به متغیر برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو ۱۵/۳ و واریانس آن ۵/۵ به دست آمده است. **د د د د د د د**

جدول ۴. آماره مربوط به متغیر طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس

مقدار	آماره
۲۳/۰۳	میانگین
۲۲/۵	میانه
۲۲	مد
۱/۷	انحراف معیار
۳/۱	واریانس

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود میانگین مربوط به متغیر طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس ۲۳/۰۳ و واریانس آن ۳/۱ به دست آمده است. **د د د د**

جدول ۵. همبستگی مقیاس خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه راه بر تصادفات

Adj. R	R2	R	sig	F	مجذور میانگین	df	مجموع مجذورات	
۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۶۸	۰/۰۰۰	۲۵/۰۷	۶۳۶۴	۱	۶۳۶۴	رگرسیون
					۵۱۴	۲۸	۲۴۰۷	باقیمانده
						۲۹	۸۷۷۱	کل
		sig	t		ضرایب استاندارد	ضرایب غیر استاندارد		خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه
				Beta	خطای معیار	B		
		۰/۰۰۰	۱۰/۶			۵/۶	۵۹/۸	مقدار ثابت
		۰/۰۰۰	۵	۰/۶۸		۰/۲۶	۱/۳	مدیریت زمان و محیط مطالعه

متغیر ملاک: تصادفات در قوس‌های افقی

### نتایج ارزیابی

در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز موید ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. براساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت.

بر اساس نتایج جدول ۶،  $R = 0/6$ ،  $F_{(1, 384)} = 25/07$  و  $P < 0/01$  نشان داد که عوامل خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۴۷ درصد دارا هستند. سهم زیر مقیاس خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه ( $\beta = 0/68$ ).

جدول ۶. همبستگی بین مقیاس از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون بر تصادفات

Adj. R2	R2	R	sig	F	مجذور میانگین	df	مجموع مجذورات	
۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۴۸	۰/۰۰۶	۸/۸	۱۸۴/۸	۱	۱۸۴/۸	رگرسیون
					۲۰/۹	۲۸	۵۸۷	باقیمانده
						۲۹	۷۷۱/۸	کل
		sig	t		ضرایب استاندارد	ضرایب غیر استاندارد		از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون
				Beta	خطای معیار	B		
		۰/۰۰۰	۲۷			۸/۵	۶۲/۴	مقدار ثابت
		۰/۰۰۶	۹۲	۰/۴۸		۰/۳	۰/۸۹	مدیریت زمان و محیط مطالعه

متغیر ملاک: تصادفات در قوس‌های افقی

### نتایج ارزیابی

غلتیدن به بیرون ( $\beta = 0/48$ )، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز موید ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. براساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت.

بر اساس نتایج جدول ۶-۱۰،  $R = 0/48$ ،  $F_{(1, 384)} = 8/8$  و  $P < 0/01$  نشان داد که عامل از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۲۳ درصد دارا هستند. سهم زیر مقیاس از دست دادن کنترل و

جدول ۷. همبستگی بین مقیاس برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو بر تصادفات

Adj. R2	R2	R	sig	F	مجذور میانگین	df	مجموع مجذورات	
۴/۷	۰/۱۹	۰/۴۴	۰/۰۱۴	۶/۹	۱۵۲/۷	۱	۱۵۲/۷	رگرسیون
					۲۲/۱	۲۸	۶۱۹/۱	باقیمانده
						۲۹	۷۷۱/۸	کل
		sig	t	ضرایب استاندارد	ضرایب غیر استاندارد		برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو	
			Beta	خطای معیار	B			
		۰/۰۰۰	۱۲/۶			۵/۷	۷۲/۷	مقدار ثابت
		۰/۰۱۴	۲/۶	۰/۴۴		۰/۳	۰/۹۷	مدیریت زمان و محیط مطالعه

متغیر ملاک: تصادفات در قوس‌های افقی

### نتایج ارزیابی

به پهلو ( $\beta = 0/44$ )، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز مویب ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. بر اساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت.

بر اساس نتایج جدول ۷،  $R = 0/44$ ،  $F_{(1, 384)} = 6/9$  و  $P < 0/01$  نشان داد که برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۱۹ درصد دارا هستند. سهم زیرمقیاس برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو

جدول ۸. همبستگی بین مقیاس طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس بر تصادفات

Adj. R2	R2	R	sig	F	مجذور میانگین	df	مجموع مجذورات	
۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۰۰۴	۹/۶	۱۹۸/۱	۱	۱۹۸/۱	رگرسیون
					۲۰/۴	۲۸	۵۷۳/۶	باقیمانده
						۲۹	۷۷۱/۸	کل
		sig	t	ضرایب استاندارد	ضرایب غیر استاندارد		طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس	
			Beta	خطای معیار	B			
		۰/۰۰۰	۴/۹			۱۰/۹	۵۳/۷	مقدار ثابت
		۰/۰۰۴	۳/۱	۰/۵۰		۰/۴۷	۱/۴	مدیریت زمان و محیط مطالعه

### نتایج ارزیابی

( $\beta = 0/50$ )، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز مویب ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. بر اساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت.

بر اساس نتایج جدول ۸،  $R = 0/50$ ،  $F_{(1, 384)} = 9/6$  و  $P < 0/01$  نشان داد که طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۲۵ درصد دارا هستند. سهم زیرمقیاس طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس

## ۵- نتیجه گیری

در فرضیه اول عوامل خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۴۷ درصد دارا هستند. سهم زیرمقیاس خارج شدن وسیله از راه و برخورد با موانع حاشیه  $(\beta = ۰/۶۸)$ ، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز موید ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. براساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت. نتایج این فرضیه با نتایج تحقیقات صفارزاده، شعبانی و آذر می (۱۳۸۶)، حاجی زاده، امامی، نظری و ذوقی، (۱۳۹۴)، آرام (۲۰۱۳)، منجم و هدایت (۱۳۹۷)، هاوونگ و همکارانش در سال (۲۰۱۸)، پرکینز مطالعاتی در سال (۲۰۱۹)، میایو (۲۰۱۹)، گلنون و همکارانش (۲۰۲۰)، کراس و همکارانش (۲۰۲۱) همسو و همخوانی دارد. تصادفات در محل قوس‌های افقی چه به لحاظ تعداد و چه به لحاظ شدت از اهمیت زیادی برخوردار است به طوری که اغلب قوس‌های افقی، جزو نقاط سیاه راه‌ها یا نقاط با خطر بالای تصادفات محسوب می‌شوند. از طرف دیگر محدودیت منابع مالی و همچنین لزوم توجه اقتصادی هر پروژه موجب شده است که اولویت بندی نقاط تصادف خیز راه‌ها از جمله محل قوس‌ها از اهمیت زیادی برخوردار باشد. با برنامه‌ریزی بلند مدت در تحقیقات آتی و جلب همکاری پلیس در این زمینه، اطلاعات صحیح‌تر و کاملتری را می‌توان از پلیس دریافت نمود. بدیهی است که لازمه چنین اقدامی تهیه فرم‌های مخصوص تصادفات محل قوس‌ها و ملزم بودن پلیس در پر کردن فرم‌ها می‌باشد.

در فرضیه دوم عامل از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۲۳ درصد دارا هستند. سهم زیرمقیاس از دست دادن کنترل و غلتیدن به بیرون  $(\beta = ۰/۴۸)$ ، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز موید ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. براساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت. نتایج این

فرضیه با نتایج تحقیقات صفارزاده، شعبانی و آذر می (۱۳۸۶)، حاجی زاده، امامی، نظری و ذوقی، (۱۳۹۴)، آرام (۲۰۱۳)، منجم و هدایت (۱۳۹۷)، هاوونگ و همکارانش در سال (۲۰۱۸)، پرکینز مطالعاتی در سال (۲۰۱۹)، میایو (۲۰۱۹)، گلنون و همکارانش (۲۰۲۰)، کراس و همکارانش (۲۰۲۱) همسو و همخوانی دارد. نتیجه حاصل بیانگر آنست که اگرچه افزایش شعاع قوس‌ها یکی از راه حل‌های موثر بر بهبود ایمنی آن می‌باشد. اما با استفاده از راه حل‌های کم هزینه‌تر از جمله تامین بریلندی کافی، بهبود مقاومت لغزشی روسازی و بهبود فاصله دید می‌توان ایمنی ترافیکی محل قوس‌های افقی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد.

در فرضیه سوم عامل برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۱۹ درصد دارا هستند. سهم زیرمقیاس برخورد شاخ به شاخ و یا پهلو به پهلو  $(\beta = ۰/۴۴)$ ، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز موید ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. بر اساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت. نتایج این فرضیه با نتایج تحقیقات صفار زاده، شعبانی و آذر می (۱۳۸۶)، حاجی زاده، امامی، نظری و ذوقی، (۱۳۹۴)، آرام (۲۰۱۳)، منجم و هدایت (۱۳۹۷)، هاوونگ و همکارانش در سال (۲۰۱۸)، پرکینز مطالعاتی در سال (۲۰۱۹)، میایو (۲۰۱۹)، گلنون و همکارانش (۲۰۲۰)، کراس و همکارانش (۲۰۲۱) همسو و همخوانی دارد. اگرچه افزایش شعاع قوس‌ها یکی از راه حل‌های موثر بر بهبود ایمنی آن می‌باشد. اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از راه حل‌های کم هزینه‌تر از جمله تامین بریلندی کافی، بهبود مقاومت لغزشی روسازی و بهبود فاصله دید می‌توان ایمنی ترافیکی محل قوس‌های افقی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. در فرضیه چهارم عامل طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت درجه قوس با اطمینان ۹۹ درصد به گونه‌ی معنی‌داری توان تبیین واریانس تصادفات در قوس‌های افقی را به میزان ۲۵ درصد دارا هستند. سهم زیرمقیاس طراحی ناسازگار با انتظارات راننده در مورد شدت

### نصب نوارهای لرزاننده جهت ایجاد صدا و هشدار در شانه راه در امتداد قوس

در این راهبرد به نصب نوارهای لرزاننده طولی در امتداد شانه راه و تأثیر آن بر ایمنی در قوس افقی پرداخته می‌شود. زاویه انحراف وسیله نقلیه از مسیر حرکت یک مسئله خاص در اثرسنجی نوارهای لرزاننده در ایمنی قوس‌های افقی است. در این مطالعات مشخص نشده است که تصادفات تحلیل شده در طول مماس قوس اتفاق افتاده است یا در قوس و یا در هر دو. هرچند انتظار می‌رود تعداد وسایل نقلیه‌ای که در قوس از مسیر منحرف شده‌اند به اندازه قابل توجهی نسبت به تعداد وسایل نقلیه‌ای که در طول مماس منحرف شده‌اند بیشتر باشد.

### تأمین مسافت دید مناسب

در طرح هندسی مسافت دید یکی از معیارهای تصمیم‌گیری است. مسافت دید تابعی از مشخصات سه بعدی مسیر شامل مقطع عرضی، تراز قائم و تراز افقی است. موانع در قوس‌های افقی مسافت دید راننده را محدود می‌کند. اگر در مسیر، قوس افقی با قوس قائم ترکیب شود، سطح مسیر می‌تواند خود مانع دید راننده گردد. موانع فیزیکی مثل درختان، بوته‌ها، گاردریل یا موانع بتنی (نیوجرسی) و شیب ترانشه هم می‌تواند مسافت دید را محدود کند. حتی وسایل نقلیه و دیگر کاربران مسیر (عابران پیاده، دوچرخه و ...) هم به طور موقتی می‌تواند مانع دید شود. برای اینکه مسافت دید به خاطر وجود مانع کمتر از حداقل مسافت دید توقف مورد نیاز در قوس نشود، باید تمهیداتی اندیشید. اگر مسافت دید موجود از حداقل مسافت دید توقف مورد نیاز کمتر باشد، باید موانع حذف یا مسیر برای تأمین مسافت دید دوباره طراحی شود. اثرسنجی ایمنی ناشی از افزایش مسافت دید تابعی از موانع دید، حجم ترافیک موجود و دیگر عوامل خطرناک می‌باشد.

### تأمین مقاومت لغزشی مناسب در سطح روسازی

در ضوابط طراحی قوس افقی، این مسئله که راننده در شرایط لغزنده بودن مسیر به دلیل خیس بودن سطح آن به راحتی وسیله نقلیه را کنترل کند دیده شده است. طراحی قوس با فرمول استاندارد انجام می‌شود که در آن تناسب بین شتاب وسیله نقلیه، شیب عرضی و اصطکاک بین چرخ و وسیله نقلیه به‌عنوان پارامترهای اصلی وجود دارد. اگر

درجه قوس ( $\beta = 0/50$ )، در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقادیر ضرایب همبستگی تفکیکی محاسبه شده نیز موید ترتیب مقادیر ضرایب همبستگی استاندارد ذکر شده است. بر اساس ضرایب استاندارد می‌توان بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه مستقیم و معناداری یافت. نتایج این فرضیه با نتایج تحقیقات صفارزاده، شعبانی و آذرمی (۱۳۸۶)، حاجی زاده، امامی، نظری و ذوقی، (۱۳۹۴)، آرام (۲۰۱۳)، منجم و هدایت (۱۳۹۷)، هاوونگ و همکارانش در سال (۲۰۱۸)، پرکینز مطالعاتی در سال (۲۰۱۹)، میایو (۲۰۱۹)، گلنون و همکارانش (۲۰۲۰)، کراس و همکارانش (۲۰۲۱) همسو و هم خوانی دارد. با توجه به اینکه محل قوس‌های افقی از نقاط بسیار خطرناک و پرسرانجه راه‌ها به حساب می‌آید، اولویت‌بندی اقدامات ایمنی قوس‌ها کمک می‌کند که مدیریت نگهداری و ایمنی راه‌ها را بسوی یک مدیریت علمی هدایت شده و بتوان به نتایج بهینه در تخصیص منابع دست یافت.

### راهبرهای کاهش تصادفات در قوس‌های افقی در

### جاده‌های برون شهری دو خطه

### افزایش آشکارسازی در امتداد قوس

این راهبرد بر تأمین دید بهتر برای راننده برای تشخیص شکل و هندسه قوس تمرکز دارد. روش‌های مختلفی برای آشکارسازی قوس وجود دارد. برخی روش‌های آشکارسازی عبارتند از نصب تابلو شورن، نصب آشکارسازهای پایه‌ای نصب آشکارساز روی گاردریل و استفاده از LED بازتاب دهنده نور.

### پیش آگاهی دادن برای تغییرات ناگهانی در پلان

هدف از این راهبرد پیش آگاهی دادن به راننده نسبت به تغییر در تراز افقی است تا راننده با توجه بیشتر به مسیر یا تغییر سرعت، عبور امنی از قوس داشته باشد. تغییرهای غیرمنتظره عموماً مربوط آن دسته از قوس‌های افقی است که بیش از حد معمول تند هستند (شعاع کم با توجه سرعت زیاد) یا بعد از یک مسیر مستقیم طولانی قرار گرفته‌اند. پیش آگاهی برای تغییرات ناگهانی به چندین روش انجام می‌شود. مرسوم‌ترین روش استفاده از علائم ترافیکی نه تنها «قوس خطرناک» در راه می‌باشد. با نصب تابلو نسبت به تغییر مسیر مستقیم به قوس به راننده آگاهی داده می‌شود، بلکه جهت قوس (راست گرد یا چپ گرد) نیز اطلاع رسانی می‌شود.

دهنده ثابت تأثیر بیشتری بر کاهش سرعت وسایل نقلیه داشته و توانایی کنترل وسیله نقلیه در قوس را افزایش داده است.

#### تأمین روشنایی مناسب در امتداد قوس‌ها

بسیاری از تصادفات در قوس‌های افقی در طول شب اتفاق می‌افتد ممکن است یکی از عوامل این تصادفات کاهش قابلیت دید در شب باشد. شواهد نشان می‌دهد که تأمین سیستم روشنایی ثابت در مناطق شهری و حومه که تردد عابران پیاده و تداخل مسیر آنها با وسیله نقلیه وجود دارد، تصادف در ساعات شب را کاهش داده است. در مناطق برون شهری کمتر به تأمین روشنایی در مسیرها نیاز است. در این مسیرها تنها در مناطق خاص مثل قوس‌های تند تأمین روشنایی لازم است دو مشکل بالقوه در تأمین روشنایی در قوس‌های افقی وجود دارد. مشکل اول، هزینه زیاد بالاخص در مناطق برون شهری است. دومین مشکل، پایه‌های روشنایی (شبه ستون) هستند که به عنوان یک مانع ثابت احتمال برخورد وسیله نقلیه با آنها وجود دارد. زمانی که تأمین روشنایی در قوس افقی مورد بررسی است، پایه‌های روشنایی باید در کم خطرترین نقطه در طول قوس نصب شوند. استفاده از پایه‌های شکننده نیز بایستی در نظر گرفته شود.

#### تأمین شیب عرضی (بربلندی) مناسب در قوس

در طراحی هندسی قوس افقی، دور (بربلندی) پارامتری کلیدی است. طراح براساس سرعت طراحی، شعاع قوس انتخابی و محدودیت‌های موجود برای دور حداکثر، دور را تعیین می‌کند. دور با اصطکاک بین چرخ‌ها و روسازی برای ختنی کردن نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس عمل می‌کند. تعدادی از قوس‌ها به دلایل مختلف دور نامناسب دارند. از جمله این دلایل می‌توان به تردد وسایل نقلیه با سرعتی بالاتر از سرعت طراحی یا کاهش دور موثر بعد از روکش یا تغییر در ضوابط طراحی قوس بعد از اجرای قوس اشاره نمود. تأمین دور مناسب در قوس می‌تواند باعث کاهش تصادفات شود.

#### ارایه پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

می‌توان تحقیقاتی مشابه را برای دیگر نقاط خطرناک راه‌ها مثل، تقاطع‌ها و... انجام داد و نیز با یک تحقیق جداگانه می‌توان دریافت که وقتی دو نقطه حادثه خیز باهم توأم شوند مثل توأم شدن یک قوس افقی با یک قوس قائم یا یک پل روی قوس، اولویت ایمن سازی به چه عواملی تعلق خواهد گرفت. در تحقیقات آتی می‌توان به دنبال کشف متغیرهای دیگری بود که بر ایمنی محل قوس‌ها اثر می‌گذارد.

اصطکاک مورد نیاز بیشتر از اصطکاک موجود بین چرخ و آسفالت باشد، وسیله نقلیه موقع ترمز گرفتن سر می‌خورد. تحقیقات زیادی با موضوع عملکرد قوس، سرعت و مسیرهای وسیله نقلیه و ایمنی انجام شده است.

#### حذف افتادگی لبه راه

افتادگی به اختلاف ارتفاع چشمگیر بین لبه خط سیر و شانه راه گفته می‌شود که در اثر روکشی مجدد آسفالت و یا نشست شانه راه در اثر تغییرات آب و هوایی عبور وسایل نقلیه به وجود می‌آید. افتادگی‌های بیشتر از ۱۰ میلی‌متر باعث عدم کنترل وسیله نقلیه می‌شود. حذف افتادگی در لبه راه می‌تواند باعث کاهش تصادفات ناشی از خروج از مسیر و شاخ به شاخ شود. زیرا در این شرایط راننده بهتر می‌تواند وسیله نقلیه منحرف شده را کنترل کند. هم سطح کردن روسازی و شانه راه در محل تلاقی بهترین روش برای حذف افتادگی است. در جایی که این هم سطح سازی ممکن نیست، به طور مثال در مسیرهایی که شانه راه آسفالتی نیست، ایجاد یک شیب ایمن بین سطح راه و شانه کارساز است.

#### ایجاد شیار در سطح روسازی (روسازی شیاردار)

روسازی شیار دار روشی است که با ایجاد شیارهای طولی و عرضی در سطح روسازی به افزایش مقاومت لغزشی و کاهش تعداد تصادفات در آب و هوای خیس کمک می‌کند. این شیارها با بهتر کردن شرایط زهکشی روی آسفالت و ایجاد سطح زبرتر در سطح روسازی، مقاومت لغزشی را افزایش می‌دهند. نتایج چندین مطالعه حاکی از کاهش تصادفات در شرایط آب و هوایی خیس (بارانی و برفی) در روسازی‌های شیاردار است. با این حال، قبل از اجرای این راهبرد به مسائلی همچون افزایش سروصدا، خوردگی و ساییده شدن بیشتر روسازی و تأثیر منفی روی هدایت وسیله نقلیه باید توجه داشت.

#### تأمین و نصب سیستم هشدار متغیر در قوس‌ها

هدف این راهبرد کاهش سرعت وسیله نقلیه زمان نزدیک شدن به قوس و عبور از قوس افقی است. یک نوع سیستم هشداردهنده شامل تجهیزات راداری و تابلو پیام متغیر است. این سیستم با اندازه‌گیری سرعت وسیله نقلیه به راننده نسبت اینکه سرعت غیرمجاز خود را کاهش دهد، هشدار می‌دهد. سیستم هشدار متغیر قوس می‌تواند مجهز به دوربین برای نظارت بصری بر قوس شود. این سیستم می‌تواند با تکنولوژی‌های موجود تکمیل شود. مشاهدات نشان داده است که سیستم هشدار دهنده متغیر نسبت به سیستم هشدار

-منجم، م.س. و هدایت، ش.، (۱۳۹۷)، "پیش‌بینی سرعت عملکردی قوس‌های ترکیبی قائم و افقی در جاده‌های دو خطه برون شهری جهت بهینه‌سازی طرح هندسی مسیر"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران.

-نصیری، ح. و شهرامی‌نیا، ن.، (۱۳۹۲)، "شناسایی عوامل هندسی و ترافیکی موثر بر وقوع تصادفات جاده‌های دوخطه برون شهری"، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران.

-Aram, A., (2010), "Effective Safety Factors on Horizontal Curves of Two-lane Highways", *Journal of Applied Sciences*, 10, pp.2814-2822.

-Aram, A., (2013), "Crash prediction model on horizontal curves for two lane rural roads in the south of Iran by negative binomial model", Thesis submitted in fulfilment for the degree of doctor of philosophy, faculty of engineering and built environment university kebangsaan Malaysia bangi.

-Hauer, E., (2000), "Safety of horizontal curves", *HSIS-HSDM*, March 24. 7. Canadian research test driver response to horizontal curve (1998) *Road management and engineering Journal*, September 1998.

-Ludwig, L. and S. Starr, (2005), "Library as place: results of a Delphi study", *Journal of the Medical Library Association* 93(3), pp.315-327.

-Neuman, T. R., (1992), "Design risk analysis", *TRB*, Washington DC. 5. Miaou, T. J., Mishe, A., (1993), "A statistical evaluation of the effects of highway geometric design on truck accident involvement", *TRB*, Washington DC.

-Ogden, K.W., (1996), "Safer Roads", *A guide to road safety engineering*, IRRD, OECD. 2. Lamm, R., Psarianos, B. and Califiso. S. (2002), "Safety evaluation process for two-lane rural road", *Transportation Research Record*, 1796, Paper No. 02-21, 78, pp. 51-59.

-Perkins, D.D., Harols, T.T., (1983), "Candidate accident surrogate for high safety analysis", *Transportation Research Record*.

این متغیرها شامل عوامل انسانی مثل تجربه در رانندگی و آشنایی با جاده می‌باشند. لازم است تا نتایج این تحقیق با تغییراتی که در وضعیت راه‌های کشور، ترافیک و تکنولوژی وسایل نقلیه به وجود می‌آید هر چند سال یکبار مورد تجدید نظر و تصحیح قرار گیرد.

## ۶- مراجع

-آرام، ع.، (۱۳۹۲)، "مدل پیش‌بینی تصادفات روی قوس‌های افقی در راه‌های دو خطه برون شهری در جنوب ایران با استفاده از مدل‌های رگرسیون دوجمله‌ای منفی"، پایان نامه دکتری، گروه مهندسی راه و ساختمان، دانشکده فنی و محیط زیست، دانشگاه ملی مالزی، کوالالمپور.

-اصغر پور، م.ج.، (۱۳۹۹)، "تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات"، انتشارات دانشگاه تهران.

-بهبهانی، ح.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی اثر تراکم دسترسی‌ها بر میزان تصادفات در جاده‌های اصلی - برون شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال ششم، شماره چهارم.

-حاجی زاده، ب. امامی، ا. نظری، ح. و ذوقی، ح.، (۱۳۹۹)، "ترکیب قوس‌های افقی و قائم در جاده‌های برون شهری دوخطه"، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.

-خاکی، ع. محسنی، ح. و جعفریه، ف.، (۱۳۹۸)، "بررسی علت تصادفات با توجه به طبقه بندی نوع تصادفات (جلو به جلو - جلو به عقب)"، اولین کنفرانس تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان.

-صفارزاده، م. شعبانی، ش. و آذرمی، ا.، (۱۳۹۳)، "مدل پیش‌بینی تصادفات در قوس‌های واقع در راه‌های دو خطه برون شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۴، شماره ۳.

-صفارزاده، محمود و همکاران (۱۳۸۷)، "شناسایی معیارهای موثر در اولویت بندی مقاطع تصادف خیز و میزان اهمیت هریک از آنها بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری گروهی"، فصلنامه علمی پژوهشی پژوهشنامه حمل و نقل، سال پنجم، شماره دوم.



# **Causes of Accidents in Horizontal Curves on Two-Lane Suburban Roads (Case Study: Yasoj -Babamidan Axis)**

*Dariyoush Pezhman, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering,  
Yasoj Branch, Islamic Azad University, Yasoj, Iran.*

*Ali Aram, Department of Civil Engineering, Yasoj Branch,  
Islamic Azad University, Yasoj, Iran.*

*E-mail: aliaram172@yahoo.com*

Received: September 2022- Accepted: February 2023

## **ABSTRACT**

Accidents at horizontal arches often involve one of the situations in which the vehicle veers off the road and collides with roadside obstacles, losing control and rolling out, colliding head-on or side-by-side. The purpose of this study is to investigate the causes of accidents in horizontal curves on two suburban roads in the Yasoj -Babamidan axis. This research is applied in terms of type and purpose and analytical-descriptive in terms of nature and method. In this research, the axes of Yasoj to Babamidan in the period of 1400 have been studied. The method of data collection was library, text and field and also using exploratory interviews with experts, as well as engineers, consultants and also the preparation and preparation of questionnaires. SPSS software was used to analyze the data. The results showed that the factors of vehicle derailment and collision with marginal obstacles can explain the variance of accidents in horizontal curves by 47%, loss of control and rolling out by 23% and horn-to-horn collision or Side-by-side by 19% and finally the design inconsistent with the driver's expectations about the intensity of the degree of curve have the ability to explain the variance of accidents in horizontal curves by 25%.

**Keywords:** Accidents, Horizontal Curves, Two-Lane Suburban Roads