

## ارائه مدل تأثیر انجام اقدامات ایمنی کم‌هزینه بر شدت و تعداد حوادث ترافیکی

(مطالعه موردی: محور ملایر - جوکار)

حسن دیواندری<sup>۱</sup>، ابوذر موسوی<sup>۲</sup>

از صفحه ۹ تا ۴۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** نصب و اصلاح تجهیزات ایمنی جاده‌ها، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش سوانح ترافیکی دارد. شناخت تصادفات و عوامل بروز آن‌ها به‌خصوص عامل راه و همچنین برداشتی دقیق از ایمنی و مؤلفه‌های آن به مهندسان در افزایش ایمنی جاده‌ها کمک بسزایی می‌نماید. کمی نمودن مؤلفه‌های ایمنی در حمل‌ونقل، نقش مهمی در ارزیابی و ارتقای کیفی ایمنی ایفا می‌کند.

**روش:** در این پژوهش، آمار سه‌ساله تصادفات در محور ملایر - جوکار از استان همدان مورد بررسی قرار گرفت. در محور مذکور، طی یک دوره سه‌ماهه، مجموعه اقدامات کم‌هزینه بهبود ایمنی از قبیل ایجاد خاک‌ریز کنار پل‌ها، نصب تابلوهای هشداردهنده و جهت‌نما، ترمیم و رنگ‌آمیزی علائم افقی، ایجاد شیار لرزاننده و... توسط اداره راه انجام شده است. با توجه به آمار موجود تصادفات و تجزیه و تحلیل آن و همچنین با مشخص بودن اقدامات بهبود ایمنی انجام شده در هر بخش از این مسیر، تأثیر اقدامات ارتقای ایمنی بر کاهش سوانح ترافیکی توسط نرم‌افزار SPSS ارزیابی گردید. در طی این پژوهش، آمار تصادفات سه‌ساله به‌صورت توصیفی تحلیل شد. همچنین به‌منظور بررسی و ارزیابی تأثیر انجام اقدامات ایمنی بر تصادفات، از آزمون علامت زوج نمونه‌ای و ضریب هم‌بستگی اسپیرمن استفاده گردید.

**یافته‌ها:** با در نظر گرفتن میزان افزایش تعداد خودروهای عبوری در این محور و آمار تصادفات قبل و بعد از زمان اجرای اقدامات بهبود ایمنی، تأثیر مثبت و به‌دنبال آن، کاهش شدت و تعداد تصادفات پس از نصب تجهیزات و علائم ایمنی در این مسیر، مشخص شد. در پایان، یک مدل رگرسیون خطی بین انجام اقدامات ایمنی به‌عنوان متغیر وابسته و دو متغیر شدت و تعداد تصادفات به‌عنوان متغیرهای مستقل ارائه گردید.

**نتیجه‌گیری:** مطابق مدل ارائه‌شده مشخص شد که انجام اقدامات اصلاحی کم‌هزینه در کاهش چشمگیر هر دو متغیر شدت و تعداد تصادفات، تأثیر مثبت دارد؛ هرچند این تأثیر بر کاهش شدت تصادفات کمی بیشتر از این تأثیر بر کاهش تعداد تصادفات می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** اقدامات ایمنی راه، تصادفات، تجهیزات و علائم ایمنی، مدل‌سازی.

۱. استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نوشهر، ایران، نویسنده مسئول، Divandari@iauns.ac.ir

۲. دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نوشهر، ایران.

## مقدمه

سالانه بسیاری از انسان‌ها در سوانح و حوادث رانندگی جان خود را از دست داده و یا دچار جراحات و صدمات جدی می‌شوند. این رقم به حدی است که تصادفات رانندگی به دومین عامل مرگ‌ومیر در کشور بدل گشته است (فرج‌اللهی و دلاور، ۱۳۹۶: ۲). هرچند راهکارهای متعددی مانند افزایش نرخ جریمه تخلفات رانندگی که در این راستا عملیاتی شده، تأثیر مثبت داشته‌اند (شادکار و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۶۵)؛ اما متأسفانه علی‌رغم تمام تلاش‌های صورت گرفته، کماکان تلفات جاده‌ای به صورت یک مسئله حاد اجتماعی در کشور خودنمایی می‌کند (حمیدی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۳). لذا در این پژوهش، تأثیر انجام اقدامات کم‌هزینه ایمن‌سازی جاده‌ها بر بروز حوادث ترافیکی بررسی می‌شود. بدین ترتیب می‌توان پیش‌بینی نمود که با صرف بودجه‌ای محدود در این خصوص، تعداد و شدت تصادفات به چه میزان کاهش می‌یابد؛ اما باید توجه داشت که تخصیص منابع محدود جهت برطرف کردن ایرادات و نقایص راه با توجه به گستردگی اقدامات ایمنی از لحاظ هزینه اولیه، هزینه نگهداری، تأثیر بر سرعت، تأثیرات زیست‌محیطی، تأثیر بر تصادفات و...، کار آسانی نیست. بدین ترتیب این پرسش مطرح می‌شود که اصلاح و تعمیر و نگهداری جاده‌ای خاص باید چگونه و با چه معیاری صورت پذیرد تا در حد امکان پربازده بوده و بیشترین تأثیر را بر ارتقا ایمنی مسیر داشته باشد. لازم به ذکر است که بودجه اختصاص یافته به این‌گونه اقدامات، معمولاً آن‌قدر بالا نیست که بتوان با آن تغییرات اساسی از قبیل احداث باند دوم، ایجاد تقاطع غیرهم‌سطح<sup>۱</sup> و... را انجام داد؛ پس باید بررسی شود که اقدام‌های انجام‌شده چه تأثیری بر کاهش تصادفات داشته تا در فرایند انتخاب و انجام فعالیت‌های مشابه در آینده، بهره‌وری بیشتری داشته باشد. در این پژوهش به‌عنوان مطالعه موردی، محور ملایر- جوکار از استان همدان انتخاب شده

است تا تأثیر اقدامات کم‌هزینه بهبود ایمنی بر کاهش شدت و تعداد تصادفات در آن محور مورد بررسی قرار گیرد.

تصادفات جاده‌ای از عوامل مهم مرگ‌ومیر در دنیا بوده و صدمات شدید جانی و مالی و آثار سوء و سنگین اجتماعی و اقتصادی آن، جامعه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. حوادث ترافیکی سالیانه جان ۱,۲۰۰,۰۰۰ نفر از مردم جهان را می‌گیرد و پنجاه میلیون نفر را نیز مجروح می‌کند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۵). آمار نسبت این خسارات در کشورهای در حال توسعه بیشتر بوده و تعداد تصادفات در کشورهای مذکور در مقایسه با کشورهای توسعه یافته، به مراتب بالاتر است. ضایعات تصادفات جاده‌ای به مراتب بیشتر از سوانح ترافیکی درون‌شهری است و به علت سرعت بالاتر وسایل نقلیه عبوری، اغلب منجر به خسارات بسیار سنگین جانی و مالی می‌گردد (عبدالمنافی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۹). در این میان، تصادفات جاده‌ای، مهم‌ترین عامل ایجاد مصدومیت در جهان بوده و یافته‌های سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که سالیانه در سوانح رانندگی، ۱/۲۴ میلیون نفر کشته و حدود ۵۰ میلیون نفر نیز مجروح می‌گردند (عینی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۵۸).

ضرورت و اهمیت پژوهش حاضر، زمانی برجسته می‌شود که با بررسی پژوهش‌های انجام شده مشخص می‌گردد که ارتقای تجهیزات ایمنی و استانداردسازی آن‌ها می‌تواند در کاهش تصادفات جاده‌ای، نقش بسزایی ایفا نماید. رانندگی در یک جاده استاندارد با علائم و تجهیزات مناسب راهنمایی، ضمن کاهش مستقیم احتمال بروز حوادث ترافیکی، با ایجاد آرامش در راننده نیز می‌تواند باعث کاهش احتمال تصادفات جاده‌ای گردد (راهنمای ایمنی بزرگراه<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استاندارد بودن طرح هندسی راه<sup>۲</sup> به تنهایی نمی‌تواند ایمنی یک معبر را تضمین کند

1. Highway Safety Manual (HSM)

2. Road Geometric Design

و تابلوها و علائم و تجهیزات ایمنی و هشداردهنده فیزیکی، از موارد مهم تأمین ایمنی راه می‌باشند که تکمیل‌کننده ساخت معبری ایمن به منظور عبور وسایل نقلیه می‌باشند. اصولاً در هر برنامه مدیریت ایمنی ترافیک جاده‌ای باید پنج سرفصل اصلی زیر گنجانده شده باشد (نیکزاد، ۱۳۸۶: ۱۸):

۱- تشخیص و بررسی نقاط حادثه‌خیز و اولویت‌بندی و مشخص کردن برنامه‌های اجرایی جهت انجام اقدامات اصلاحی؛

۲- هماهنگی برنامه‌های وسیع ایمن‌سازی از قبیل بهسازی معابر و تشویق انجام فعالیت‌هایی با هدف بهبود و ارتقای ایمنی ترافیک؛

۳- حصول اطمینان از لحاظ نمودن مسائل ایمنی در اولین قدم در هر برنامه و طرح راه‌سازی و راهداری؛

۴- تشخیص نیازهای ایمنی گروه‌ها با کاربری خاص (مانند رانندگان با سن بالا، پیاده‌ها، دوچرخه‌سواران، وسایل نقلیه تجاری و حمل‌کنندگان بارهای خاص خطرآفرین)؛

۵- کنترل و بهسازی مداوم و نوسازی تجهیزات ایمنی جاده‌ها.

با توجه به اینکه در اغلب کشورهای در حال توسعه مانند ایران، یکی از محدودیت‌های اصلی اجرای طرح‌های ایمن‌سازی، محدودیت‌های بودجه‌ای می‌باشد، استفاده بهینه از منابع مالی ضروری است؛ بنابراین هدف این پژوهش، بررسی تأثیر اصول کاربرد تجهیزات ایمن‌سازی راه‌ها، بر میزان کاهش تعداد و شدت تصادفات می‌باشد. لازم به ذکر است که طبق پژوهش‌های انجام‌شده، استفاده از تجهیزات ایمنی راه از پربازگشت‌ترین شیوه‌های ایمن‌سازی در تردد جاده‌ای می‌باشد (بالیکودم<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷: ۳۹). به همین دلیل در این پژوهش، با استفاده از روش‌های معمول آماری، تصادفات محور مذکور مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نقش نصب علائم

و تجهیزات ایمنی کم‌هزینه بر کاهش تعداد و شدت تصادفات بررسی و یک مدل رگرسیون خطی ارائه گردیده است.

در این پژوهش، فرض بر این است که انجام اقدامات ایمنی و نصب تجهیزات مرتبط (گاردریل‌ها، علائم افقی و قائم، روشنایی، نیوجرسی و...) باعث تغییر معنادار به صورت مجزا در شدت و تعداد تصادفات می‌شود. در ادامه سعی خواهد شد این ارتباط، عوامل مؤثر در آن و میزان تأثیر هریک از این عوامل مورد ارزیابی قرار گیرد.

### پیشینه پژوهش

پس از دهه هفتاد میلادی، پژوهش‌های مربوط به تصادفات جاده‌ای از تجزیه و تحلیل‌های علمی منسجم اثر گرفت. پژوهشگران به این واقعیت پی بردند که تصادفات، نتیجه یک علت به‌تنهایی نبوده، بلکه پیامد زنجیره‌ای از دلایل هستند. در ادامه، تعدادی از پژوهش‌های انجام‌شده در این خصوص ارائه می‌شود.

احدی و همکارانش (۱۳۹۵) طی پژوهش‌های خود مشخص کردند که صرفاً طرح هندسی مناسب برای تأمین ایمنی یک مسیر کافی نیست، بلکه نصب تجهیزات ایمنی، زمان‌بندی مناسب چراغ‌های راهنمایی، نصب تجهیزات و سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک<sup>۱</sup> نیز تأثیر چشمگیری در ارتقای ایمنی یک مسیر به عهده دارند.

کارگر و شیرمحمدی (۱۳۹۳) در پژوهش خود، تابع سود ناشی از کاهش تصادفات بعد از انجام اقدامات ایمنی در مسیر را مدل‌سازی نمودند. در ادامه، ضمن اعمال محدودیت‌های بودجه‌ای بر تابع سعی کردند تا مقدار حداکثری تابع سود را برای هریک از اقدامات با توجه به محدودیت‌های مالی تعیین نمایند. بدین ترتیب توانستند در هر قطعه از مسیر مورد مطالعه، اقدام ایمن‌سازی بهینه را در آن قطعه تعیین و معرفی نمایند.

## ارائه مدل تأثیر انجام اقدامات ایمنی کم‌هزینه بر شدت و تعداد حوادث ترافیکی

روشنفکر جورشری (۱۳۹۳) مجموعاً ۶۲ پژوهش و مطالعه انجام شده در ۱۵ کشور را تجزیه و تحلیل کرد که در خصوص تأثیر عامل جاده بر بروز تصادفات انجام شده بودند. متوسط تأثیر نصب روشنایی جاده‌ها بر اساس ۲۴ پژوهش و مطالعه انجام شده قبل و بعد از نصب، کاهش ۳۰ درصدی در تصادفات منجر به جرح در هنگام شب را نشان می‌داد. در بررسی ۳۸ پژوهش دیگر مشخص شد که نصب روشنایی در مسیرهای فاقد روشنایی باعث کاهش ۶۴ درصدی تصادفات منجر به فوت، کاهش ۲۸ درصدی تصادفات منجر به جرح و کاهش ۱۷ درصدی تصادفات منجر به خسارت شده بود.

حسینی و همکارانش (۱۳۹۱) طی یک پژوهش، اقدامات کم‌هزینه ایمن‌سازی راه را مطرح و میزان اثربخشی هریک را مطابق جدول ۱ ارائه نمودند.

**جدول ۱. چهار راهبرد کم‌هزینه و مؤثر پیشنهادی برای افزایش ایمنی راه‌های کشور (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰)**

ردیف	راهبرد	اقدامات کم‌هزینه	نوع شاخص	میزان اثربخش
۱	خودمعرف بودن راه، خوانابودن راستا و محیط اطراف راه و رویدادهای پیش رو برای کاربران	اصلاح و بهبود علائم ترافیکی	تعداد کل تصادفات	کاهش ۱۰ تا ۴۰ درصد
		مسیرنما و جهت‌نما	تعداد کل تصادفات	کاهش ۲۵ درصد
		خط‌کشی حاشیه سواره‌رو در راه‌های دوخطه	تعداد کل تصادفات	کاهش ۱۰ تا ۳۵ درصد
		علائم برجسته روسازی	تعداد کل تصادفات	کاهش ۱۰ درصد
		علائم افقی روی روسازی	تعداد کل تصادفات	کاهش ۲۰ درصد
		الگوی خط‌کشی روسازی به‌شکل نقوش همگرا	تعداد کل تصادفات	کاهش ۳۰ درصد
		خط‌کشی طولی عریض	تعداد کل تصادفات	کاهش ۱۵ درصد
		خط‌کشی خطوط لرزاننده <sup>۱</sup>	میزان بازتابش	افزایش ۲۰ برابر
		علائم و خط‌کشی عابر پیاده	تعداد کل تصادفات	کاهش ۲۰ درصد

### 1. Rumble Strip

کاهش ۲۵ درصد	تعداد تصادفات خروج از مسیر	اجرای خطوط لرزاننده در لبه سواره‌رو و شانه آسفالتی	وجود تجهیزات آگاه‌کننده، حاشیه ایمن و بدون مانع و حفاظ‌های مناسب با انتهای ایمن و تابلوهای مناسب در کناره راه	۲
کاهش ۲۰ درصد	تعداد کل تصادفات	اجرای خطوط لرزاننده در محور راه		
کاهش ۴۰ درصد	تعداد کل تصادفات	نصب حفاظ حاشیه‌ای مناسب		
کاهش ۲۵ درصد	تعداد کل تصادفات	نصب حفاظ میانی مناسب		
کاهش ۱۵ درصد	تعداد کل تصادفات	اصلاح فاصله دید	تأمین قابلیت دید مناسب، وجود مسافت دید کافی و عدم وجود موانع دید برای کاربران	۳
کاهش ۱۰ درصد	تعداد کل تصادفات	افزایش اصطکاک	ایجاد سطح هموار و ایمن روسازی با مقاومت لغزشی کافی به‌ویژه در قوس‌ها، تقاطع‌ها و عوارضی‌ها	۴

زیگر<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۰۷) در پژوهش دیگری، تأثیر روشنایی جاده بر تصادفات در زمان تاریکی در جاده‌های کشور هلند را مورد ارزیابی قرار دادند. این پژوهش با استفاده از اطلاعات حاصل از یک پایگاه داده‌های تعاملی<sup>۲</sup> انجام شد که حاوی ۷۶۳ هزار تصادف منجر به جرح و ۳/۳ میلیون تصادف منجر به خسارت بود که دوره سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶ را تحت پوشش قرار می‌داد. این مطالعه که به صورت بررسی و مقایسه آمار تصادفات، قبل و بعد از اصلاحات انجام شد، نتایج ذیل را به همراه داشت:

- ۱- برای تمام جاده‌های کشور هلند، میزان تأثیر روشنایی جاده بر تصادفات منجر به جرح در طول ساعات تاریکی، ۵۰ درصد است (این تأثیر نسبت به آن چیزی که در پژوهش‌های قبلی مشخص شده بود، خیلی بزرگ‌تر است).
- ۲- تأثیر روشنایی جاده بر تصادفات فوتی در طول تاریکی، اندکی بزرگ‌تر از تأثیر بر تصادفات منجر به جرح است.
- ۳- تأثیر روشنایی در طول ساعات گرگ‌ومیش، در حدود ۲/۳ برابر تأثیر محاسبه شده

1. Zegeer

2. Interactive Database

## ارائه مدل تأثیر انجام اقدامات ایمنی کم‌هزینه بر شدت و تعداد حوادث ترافیکی

در طول ساعات تاریکی است.

۴- تأثیر روشنایی جاده بر تصادفات در طول تاریکی به‌طور چشمگیر و

قابل ملاحظه‌ای در نواحی برون‌شهری، کمتر از نواحی درون‌شهری است.

۵- تأثیر روشنایی بر ایمنی جاده در شرایط آب‌وهوایی نامساعد و شرایط نامطلوب

سطح جاده به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از این تأثیر در شرایط آب‌وهوایی مساعد و

شرایط مطلوب و مساعد و جاده با سطح خشک است.

پترسون<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) در پژوهش دیگری، میزان اثربخشی راهکارهای کم‌هزینه در

ارتقای ایمنی جاده‌های چند ایالت آمریکا را مورد بررسی قرار داد. بخشی از نتایج این

مطالعات در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقایسه راهکارهای کم‌هزینه بر اساس محل اجرا و میزان اثربخشی (پترسون، ۲۰۰۶: ۱۰)

ردیف	راهکار	محل اجرا	نوع راه	نوع شاخص	میزان اثربخشی				
۱	بهبود پوشش تابلوها و علائم ایمنی و خط‌کشی روبه	بخش متدوسیتی کالیفرنیا	راه‌های فرعی	تعداد تصادفات	کاهش ۲۴ درصد				
				تعداد مرگ‌ومیر	کاهش ۶۱ درصد				
				میزان مجروحان	کاهش ۴۲ درصد				
۲	علائم گذرگاه عابر پیاده	ایالت نیویورک و اورگون شهر ردموند واشنگتن ایالت آیوا	راه‌های بین‌شهری	رعایت حق تقدم	افزایش ۱۵ درصد افزایش ۴۰ درصد افزایش ۲۰ درصد				
				۳	چراغ چشمک‌زن	مؤسسه حمل‌ونقل تگزاس	محدوده مدارس	تخطی از سرعت مجاز	کاهش ۱۲ تا ۱۷ درصد
								۴	تابلوهای نمایشگر سرعت
تخطی از سرعت مجاز	سرعت	کاهش ۷۴ درصد کاهش ۸۳ درصد							
	سرعت ۸۵ درصد	کاهش ۲۳ تا ۶۹ درصد							



اوتکالت<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) به بررسی تأثیر نوارهای صداساز پرداخت. در سال ۱۹۹۹ میلادی، دپارتمان حمل و نقل کلرادو، ۱۷ مایل نوارهای صداساز خط مرکزی را در یک مسیر کوهستانی دوخطه نصب کرد و تصادفات را برای دوره‌های مشابه قبل و بعد از نصب مورد مقایسه قرار داد. تعداد تصادفات از جلو، از ۱۸ به ۱۴ مورد و تعداد تصادفات از پهلو، از ۲۴ به ۸ مورد کاهش یافت. این در حالی بود که متوسط ترافیک روزانه از ۴۰۰۷ وسیله نقلیه در سال ۱۹۹۹ به ۵۶۶۱ وسیله نقلیه در سال ۲۰۰۰ میلادی افزایش یافته بود.

هانلی<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۰۰) گاردریل ایده‌آل را این‌طور تعریف نمودند که تسهیلاتی است که به وسایل نقلیه منحرف، با ایمنی کامل مجدداً جهت می‌دهد، بدون اینکه سایر تردد‌ها را در معرض خطر بیندازد و موجب بروز صدمات جدی و یا مرگ سرنشینان شود. آن‌ها این‌طور نتیجه گرفتند که موانع میانه سخت، نرخ تصادف را افزایش می‌دهند. مطابق نتایج پژوهش‌های ایشان، موانع میانه سخت باعث افزایش ۳۰ درصدی نرخ تصادفات می‌شوند؛ اما مشخص شد که گاردریل ایده‌آل، امکان ایجاد صدمات مهلک و کشنده را در تصادفات سنگین، تقریباً تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد.

1.Outcalt

2.Hanley

## ارائه مدل تأثیر انجام اقدامات ایمنی کم‌هزینه بر شدت و تعداد حوادث ترافیکی

## جدول ۳. خلاصه پیشینه پژوهش

ردیف	نام نویسنده	عنوان مطلب	سال	نتایج و پیشنهادها
۱	احدی و همکاران	راهکارهای ارتقای ایمنی	۱۳۹۵	نصب تجهیزات و سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک در ارتقای ایمنی، نقش برجسته‌ای را ایفا می‌کنند.
۲	کارگر و شیرمحمدی	اولویت‌بندی اقتصادی تجهیزات	۱۳۹۳	ارائه راهکار جهت انتخاب اقدام بهینه در افزایش ایمنی
۳	روشنفکر جورشری	ارتقای حس روانی امنیت در حاشیه شهر با بهره‌گیری از نور	۱۳۹۳	نصب تجهیزات روشنایی، کاهش قابل ملاحظه‌ای در خسارت‌های انسانی به دنبال دارد.
۴	حسینی و همکاران	تحلیل اثربخشی اقدامات کم‌هزینه	۱۳۹۱	راهکارها دید بهتری برای طراحی ایمن تر می‌دهند.
۵	زیگر و همکاران	تأثیر ایمنی روشنایی جاده روی تصادفات در زمان تاریکی	۲۰۰۷	خطر تصادفات منجر به جرح و فوت، در تاریکی افزایش می‌یابد.
۶	اوتکالت	ارزیابی نوار صداساز در خط مرکزی جاده بر ایمنی راه	۲۰۰۱	نوارهای صداساز، تصادفات جلو به جلو به پهلوی را کاهش داده است.
۷	هانلی و همکاران	سیستم گاردریل ایده‌آل برای ایمنی بالاتر جاده‌ها	۲۰۰۰	گاردریل ایده‌آل، شانس دوام آوردن در برابر تصادفات سنگین را تا ۴۵ درصد افزایش می‌دهد.

## ادبیات و مبانی نظری پژوهش

پروژه‌هایی که تاکنون در زمینه ایمنی انجام شده، بر جنبه‌های محدودی از ایمنی راه تمرکز داشته‌اند. این پروژه‌ها در موضوعات خاصی دقیق شده و اغلب اوقات به تدوین دستورالعمل‌های مشخصی در یک بخش از ایمنی راه منجر می‌شوند. به‌کارگیری تمامی دستورالعمل‌های موجود، مشکل، غیرممکن یا بسیار پرهزینه است. برای راه‌های موجود، یک رویکرد جامع و کامل ایمنی، جذابیت بیشتری نسبت به حالتی دارد که برآورده‌نمودن تمام دستورالعمل‌های توصیه‌شده مدنظر است. هدف پژوهش‌هایی از این قبیل، سامان‌دهی و تدوین یک دستورالعمل کاربردی جامع می‌باشد (باقری خلیلی، ۱۳۹۰: ۹).

بخش‌های مهم و ضروری یک زنجیره دستورالعمل کامل و کاربردی ایمنی شامل موارد ذیل می‌باشد (تن‌زاده، ۱۳۹۲: ۲۲):

- اقدامات مقدماتی: به کلیه اقدامات ساختاری و بهره‌برداری ایمنی طی فاز طراحی (قبل از دوره ساخت یا بازسازی) اطلاق می‌گردد؛

- پیشگیری: به تمهیدات مدیریت ترافیک به منظور جلوگیری از حوادث و تصادفات گفته می‌شود؛

- آماده‌سازی: آمادگی برای حالت اضطراری هنگام وقوع تصادفات و سوانح ترافیکی است؛

- سرکوبی: از بین بردن امکان بروز سوانح ترافیکی مجدد بعد از تصادفات با هدف کاهش پیامدهای متعاقب یک حادثه می‌باشد؛

- مراقبت پس از حادثه: جمع‌آوری اطلاعات و اقداماتی که پس از مرحله سرکوبی برای بازگشت به وضعیت طبیعی انجام می‌شود؛

- ارزیابی: به تحلیل تصادفات در محل و مستندسازی<sup>۱</sup> علل و جزئیات حادثه گفته می‌شود.

البته اصل اساسی این است که اقدامات ایمنی در حد امکان در شروع زنجیره ایمنی (قبل از اقدام و پیشگیری) قرار گیرند؛ درحالی‌که در روش‌های مبتنی بر عملکرد، فرض بر این است که کمبودهای موجود در قسمت خاصی در زنجیره را می‌توان با اقدامات اضافی تکمیلی در جای دیگری از زنجیره جبران نمود. می‌توان زنجیره را به‌عنوان یک حلقه ایمنی در نظر گرفت. اگر پیشگیری، آماده‌سازی و سرکوبی ناکافی بودند، باید به حلقه قبلی زنجیره بازگشته و اقدامات ایمنی اضافی در این حلقه به‌منظور اجتناب از کمبود در حلقه بعدی زنجیره در نظر گرفته شود. به‌علاوه، ارزیابی تصادفات (از نزدیک) باید به بهبود در امر پیشگیری، آماده‌سازی یا سرکوبی منتهی شود (تن‌زاده، ۱۳۹۲: ۲۴).

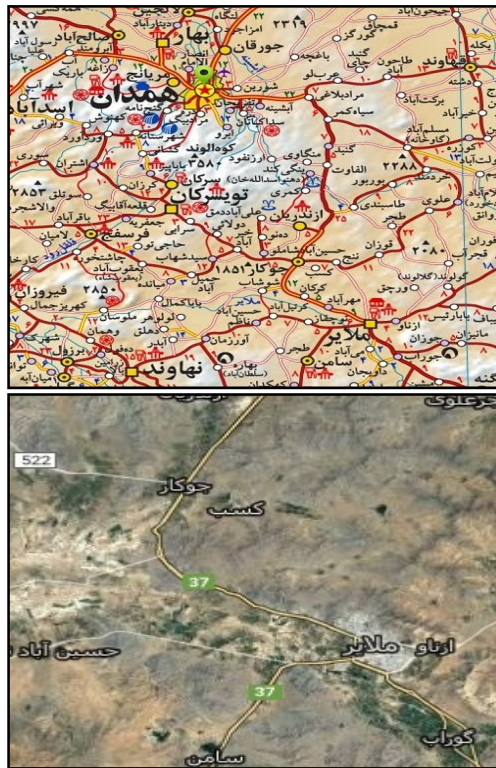
بدین ترتیب، شناخت سهم انجام اقدامات ایمنی در کاهش سوانح رانندگی در حلقه اول زنجیره فوق و اعمال نتایج به‌دست‌آمده در اقدامات ایمن‌سازی مسیر می‌تواند در پیشگیری از بروز سوانح رانندگی، بیشترین تأثیر را داشته باشد.

## روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های تحلیلی می‌باشد که در نهایت به ارائه مدل ختم گردیده است. گردآوری اطلاعات در این پژوهش عمدتاً به روش میدانی و با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی راهداری و پلیس راه انجام شده است. جامعه آماری پژوهش، تصادفات انجام‌شده در مدت ۳۸ ماه از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا پایان اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ در محور ملایر - جوکار (شکل ۱) می‌باشد. طول محور مذکور، بیست کیلومتر می‌باشد که در سرتاسر آن، اقدامات ایمنی انجام شده است. اقدامات ایمنی انجام‌شده در یک دوره نوزده‌ماهه از راهداری این محور گردآوری شد. در ادامه، محور به بیست قطعه یک کیلومتری تقسیم و اقدامات ایمنی انجام‌شده و همچنین آمار دقیق تصادفات در هر قطعه، به‌طور جداگانه مشخص شد. داده‌های لازم پس از جمع‌آوری به‌شکل توصیفی و استنباطی مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای سنجش و ارزیابی روابط احتمالی میان متغیرهای فرضیه، از روش‌های آزمون علامت زوج نمونه‌ای، ضریب هم‌بستگی اسپیرمن<sup>۱</sup> و مدل رگرسیون خطی<sup>۲</sup> استفاده شده است. در ادامه، شاخص شدت تصادفات با استفاده از روابط تعیین گردید. در انتها سعی شد بین تعداد اقدامات اصلاحی به‌عنوان متغیر وابسته و تفاضل تعداد تصادفات و تفاضل شدت تصادفات به‌عنوان متغیرهای مستقل، مدل ریاضی مناسبی ارائه گردد.

1.Spearman Correlation Coefficient

2.Linear Regression



شکل ۱. نقشه مسیر و نقشه هوایی محور مورد مطالعه

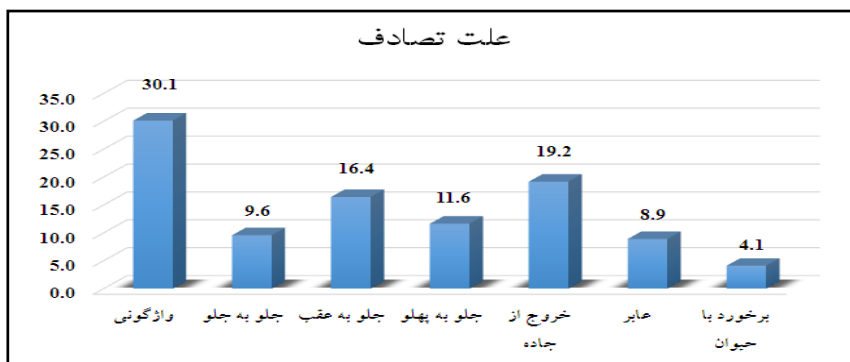
## بحث و یافته‌های پژوهش

در این بخش به تجزیه و تحلیل یافته‌های حاصل از داده‌ها که شامل تصادفات محور ملایر - جوکار و آمار راهداری می‌باشد، در دو سطح توصیفی و استنباطی پرداخته خواهد شد. در ابتدا از شاخص‌های آمار توصیفی مانند فراوانی و درصد وقوع به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از داده‌ها استفاده خواهد شد و سپس شاخص‌های آمار استنباطی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این مرحله، مستقیماً تأثیر اقدامات بهبود ایمنی بر شدت و تعداد تصادفات توسط نرم‌افزار تحلیل می‌شود و در انتها مدل خطی ارائه می‌گردد.

### بررسی توصیفی جزئیات تصادفات

**سؤال اول:** سهم انواع علل تصادفات در بروز یک سانحه ترافیکی چقدر است؟

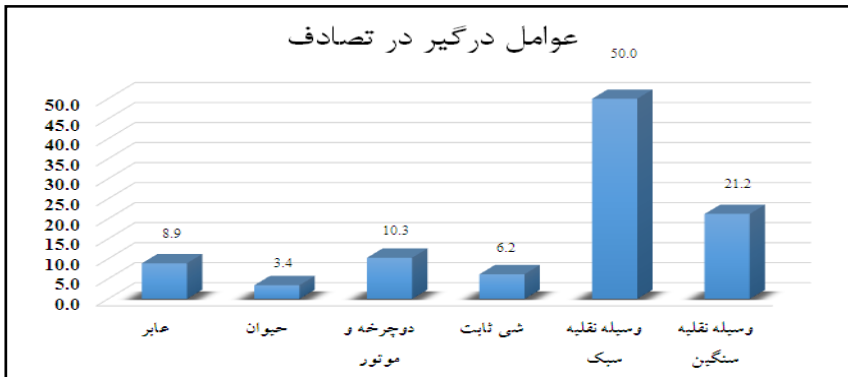
پس از بررسی داده‌های موجود برای علل تصادفات جاده‌ای در محور مذکور از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵، نتایج ذیل به دست می‌آید. با توجه به نتایج نمودار ۱ از سال ۹۳ تا ۹۵، بیشترین علت تصادف را واژگونی با بیش از ۳۰/۱ درصد و کمترین علت تصادف را برخورد با حیوان با ۴/۱ درصد به خود اختصاص دادند.



نمودار ۱. مقایسه علل تصادفات در محور مورد مطالعه از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵

**سؤال دوم:** هر کدام از عوامل درگیر در تصادف چقدر در بروز تصادف دخیل بوده‌اند؟

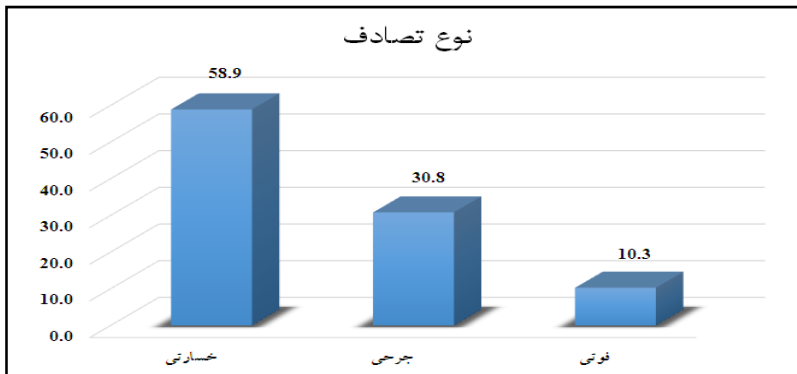
پس از بررسی نمودار ۲ از سال ۹۳ تا ۹۵ مشاهده می‌شود که بیشترین عوامل درگیر در تصادف را وسیله نقلیه سبک با ۵۰ درصد و کمترین علت تصادف را حیوان با ۳/۴ درصد به خود اختصاص دادند.



نمودار ۲. سهم هریک از عوامل درگیر در تصادف جاده‌ای از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵ در محور ملایر - جوکار

**سؤال سوم:** انواع تصادفات جاده‌ای، چه درصدی از میزان حوادث ترافیکی را در محور موردنظر به خود اختصاص داده‌اند؟

تصادف‌ها می‌توانند انواع خسارت‌ها را به دنبال داشته باشند، ولی خسارت‌های انسانی مهم‌تر می‌باشند. اولویت هم با کاهش خسارت‌های انسانی در جاده‌ها است. در نمودار ۳، سهم هریک از انواع تصادف‌ها ارائه شده است. بیشترین نوع تصادف، تصادفات منجر به خسارت با ۵۸/۹ درصد و کمترین نوع تصادف، تصادفات منجر به فوت با ۱۰/۳ درصد بوده‌اند.

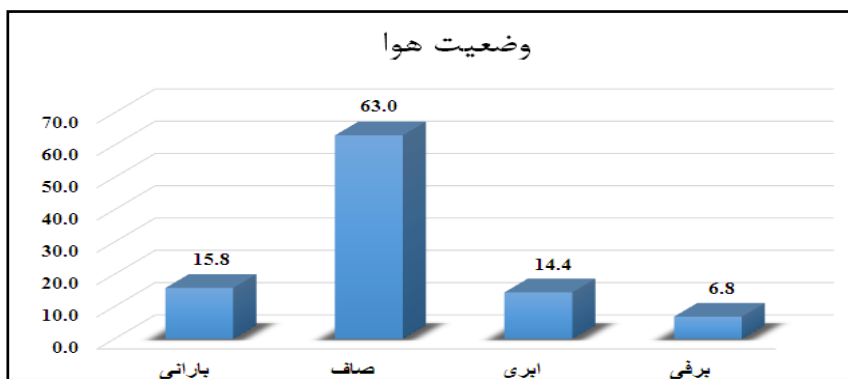


نمودار ۳. مقایسه انواع تصادف جاده‌ای از منظر نوع خسارت در محور مور دیژوهش

**سؤال چهارم:** چند درصد از تصادفات در وضعیت‌های مختلف روشنایی رخ داده است؟

در بررسی آمار مربوط به تصادفات در محور موردنظر مشخص گردید که حدود ۶۷ درصد حوادث ترافیکی در روز و حدود ۳۳ درصد در روز اتفاق افتاده است. با اقداماتی نظیر نصب تجهیزات روشنایی در تقاطع‌ها و نقاط حادثه‌خیز می‌توان کاهش چشمگیری در تصادفات در شب و نور کم به وجود آورد.

**سؤال پنجم:** وضعیت جوئی مسیر چه تأثیری در بروز تصادفات داشته است؟ یکی از عوامل محیطی دخیل در تصادفات، وضعیت آب‌وهوا می‌باشد که اهمیت بسزایی در تعداد و شدت سوانح ترافیکی دارد. با توجه به نتایج نمودار ۴ از سال ۹۳ تا ۹۵، بیشترین تصادف در وضعیت هوای صاف با بیش از ۶۳ درصد و کمترین تصادف در وضعیت هوای برفی با ۶/۸ درصد اتفاق افتاده است.



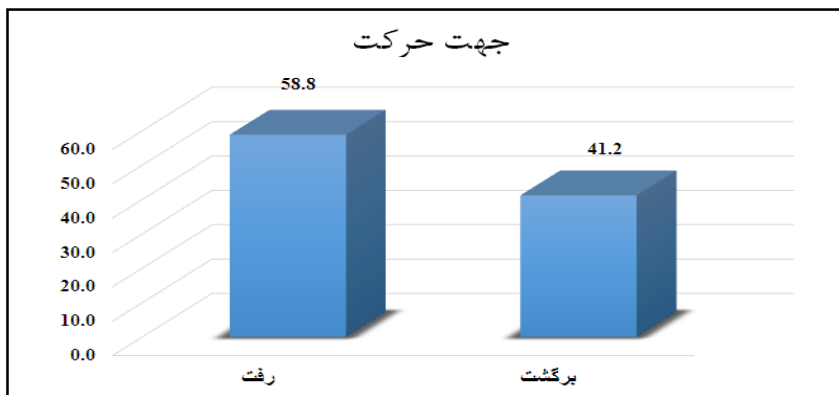
نمودار ۴. مقایسه شرایط مختلف جوئی هنگام بروز تصادفات از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵

**سؤال ششم:** نسبت تعداد تصادفات در جهت رفت و برگشت محور موردنظر به چه میزان بوده است؟

همان‌طور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود، در جهت رفت محور ملایر - جوکار،



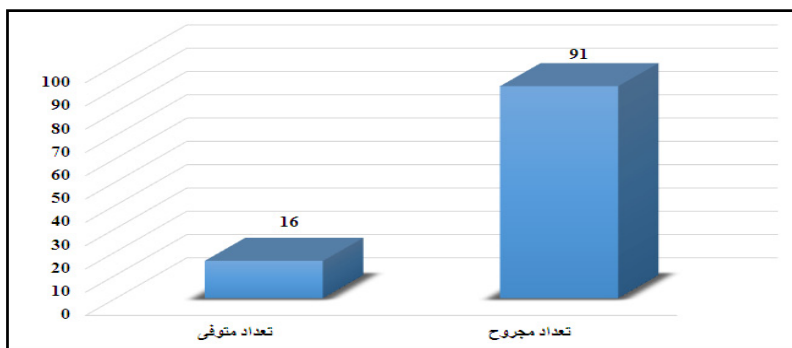
حدود ۵۸/۸ درصد و در جهت برگشت حدود ۴۱/۲ درصد تصادفات اتفاق افتاده است.



نمودار ۵. مقایسه درصد وقوع تصادفات در هر جهت از محور از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵

سؤال هفتم: نسبت تصادفات منجر به فوت و جرح در تصادفات با خسارت جانی چگونه بوده است؟

بررسی آمار تصادفات در محور مورد مطالعه از سال ۹۳ تا ۹۵، تعداد مجروحین را ۹۱ نفر و تعداد متوفیان را ۱۶ نفر نشان می دهد. این نتایج در نمودار ۶ ارائه گردیده است.

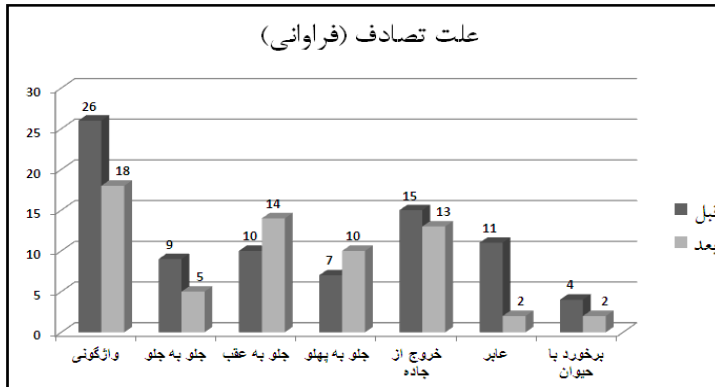


نمودار ۶. مقایسه تعداد متوفیان و مجروحین در محور از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵

مقایسه آمار تصادفات قبل و بعد از زمان انجام اقدامات بهبود ایمنی، نسبت به فاکتورهای علت تصادف، عوامل درگیر در تصادف، نوع تصادف و وضعیت

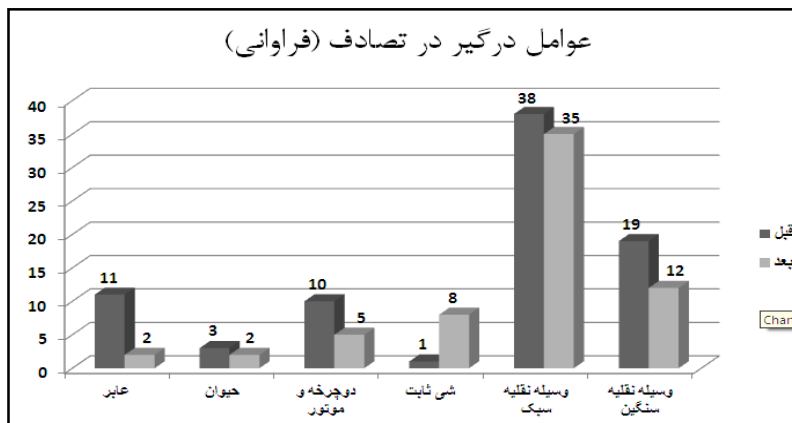
### روشنایی

اقدامات ایمنی کم‌هزینه‌ای که در طول سه ماه انجام شده‌اند، شامل نصب نیوجرسی، نصب تابلوی محدودیت سرعت، احداث سرعت‌گیر آسفالتی، نصب چراغ چشمک‌زن، نصب دوربین کنترل سرعت، نصب انواع تابلوی جهت‌نما و مسیرنما، اجرای شیار لرزنده، احداث پل عابر پیاده، نصب انواع تجهیزات روشنایی، آسفالت کردن شانه خاکی راه، بهبود و رنگ‌آمیزی علائم افقی و احداث خاک‌ریز کنار پل‌ها می‌باشند. با توجه به تاریخ بهره‌برداری (۹۴/۷/۳۰)، تصادفات در دو دوره زمانی بررسی شدند. دوره اول، ۱۹ ماه قبل و دوره دوم، ۱۹ ماه بعد از تاریخ فوق در نظر گرفته شد. سهم هر یک از علل تصادفات قبل و بعد از انجام اقدامات ایمنی در نمودار ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، واژگونی رتبه نخست را در هر دوره زمانی دارا می‌باشد. با توجه به نتایج این نمودار، تعداد تصادفات در زمان قبل و بعد از اقدامات بهبود ایمنی برای تمامی انواع به جز تصادفات جلو به عقب و جلو به پهلو، کاهش یافته است و باید این دو عامل را مورد نقد و بررسی بیشتری قرار داد.



نمودار ۷. مقایسه انواع تصادفات در محور موردنظر در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی

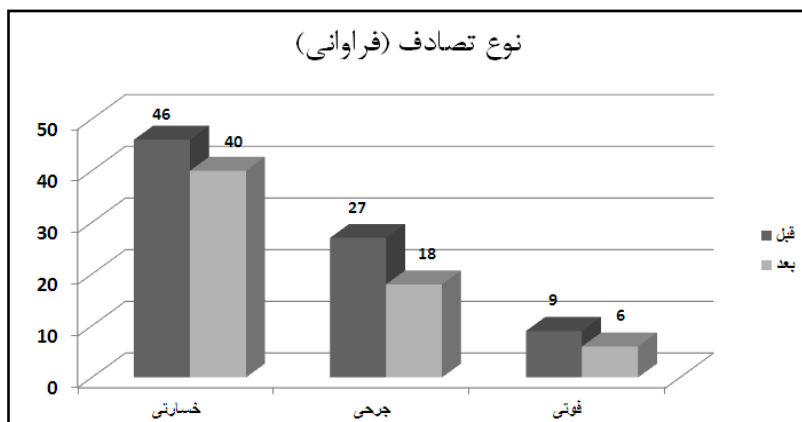
در نمودار ۸، عوامل درگیر در تصادفات در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی مقایسه شده‌اند. برای تمامی انواع غیر از عامل شیء ثابت، تعداد تصادفات کاهش یافته است. برخورد با نیوجرسی باعث به وجود آمدن افزایش عامل شیء ثابت شده است. درست است که برخورد با نیوجرسی (شیء ثابت) افزایش یافته، اما در مقابل باعث کاهش واژگونی، تصادف جلو به جلو و خروج از جاده نیز شده است.



نمودار ۸. عوامل درگیر در تصادف جاده‌ای از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵ (قبل و بعد از اقدامات بهبود ایمنی)

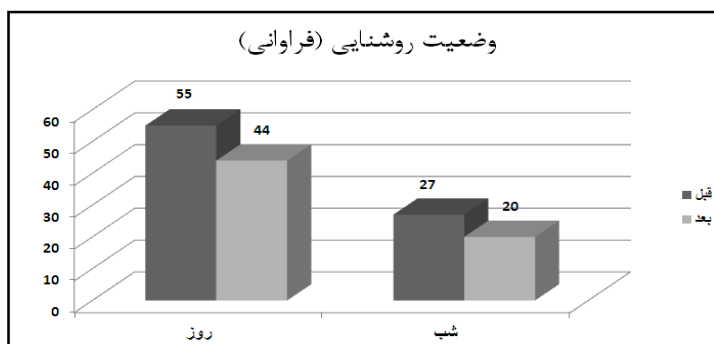
ارائه مدل تأثیر انجام اقدامات ایمنی کم‌هزینه بر شدت و تعداد حوادث ترافیکی

در نمودار ۹، فراوانی انواع تصادفات از نقطه نظر نوع خسارت، قبل و بعد از انجام اقدامات ایمنی نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، همه تصادفات فوتی، جرحی و خسارتی پس از انجام اقدامات ارتقای ایمنی کاهش یافته‌اند.



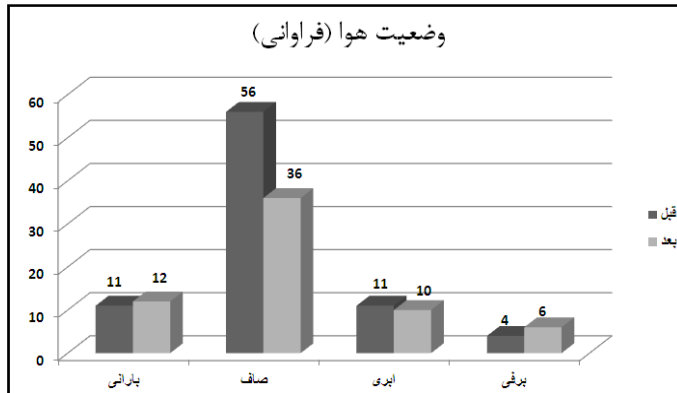
نمودار ۹. مقایسه انواع خسارات ناشی از تصادفات در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی در محور مورد مطالعه

با توجه به نمودار ۱۰، بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی، تعداد تصادفات هم در روز و هم در شب کاهش یافته است.



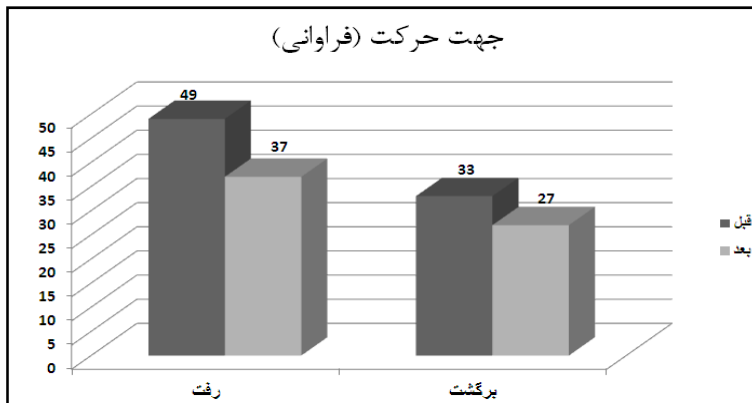
نمودار ۱۰. مقایسه تعداد تصادفات در شب و روز در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی

در نمودار ۱۱. تأثیر وضعیت جوی در تعداد تصادفات در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی ارائه شده است.



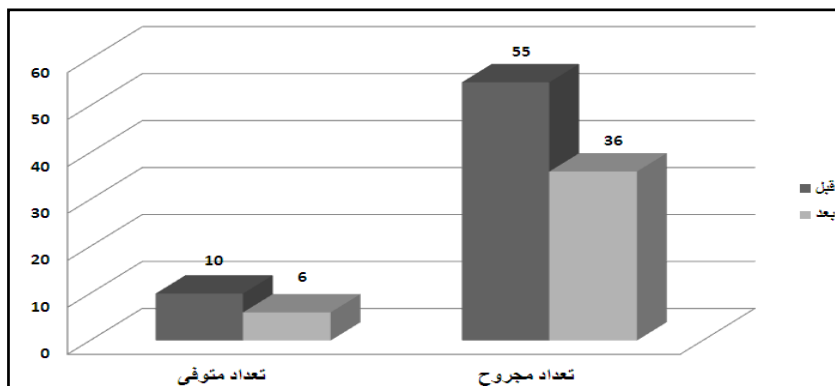
نمودار ۱۱. مقایسه تأثیر وضعیت جوی در بروز تصادفات در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی

نمودار ۱۲، تعداد تصادفات در دو جهت رفت از ملایر به جوکار و جهت برگشت در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در هر دو جهت، کاهش چشمگیری در تعداد تصادفات مشاهده می‌گردد.



نمودار ۱۲. مقایسه تعداد تصادفات در دو جهت رفت و برگشت محور در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی

همان‌طور که در نمودار ۱۳ مشاهده می‌شود، بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی در محور مورد مطالعه، تعداد متوفیان و مجروحین کاهش چشمگیری داشته است.



نمودار ۱۳. مقایسه تعداد مجروحین و متوفیان بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی در محور ملایر - جوکار

بررسی تأثیر انجام اقدامات بهبود ایمنی بر کاهش شدت و تعداد تصادفات در این پژوهش سعی بر آن است که گذشته از تعداد تصادفات، شدت تصادفات هم مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور باید شاخصی جهت تعیین شدت تصادف تعریف شود؛ این شاخص با رابطه (۱) تعریف می‌شود (وزارت راه و ترابری، ۱۳۷۵: ۴۳):

$$I = \frac{5N_f + 3N_i + N_p}{AC} \quad (1)$$

در این معادله،  $N_f$ ،  $N_i$  و  $N_p$  به ترتیب تعداد تصادفات فوتی، جرحی و خسارتی،  $AC$  تعداد کل تصادفات و  $I$  شاخص شدت تصادفات می‌باشد.

طول محور مورد نظر بیست کیلومتر می‌باشد و اقدامات بهبود ایمنی تقریباً در سرتاسر مسیر انجام شده است؛ بنابراین محور به بیست قطعه یک کیلومتری تقسیم

گردید. تعداد اقدامات اصلاحی در هر قطعه از سوابق راهداری محور، و نیز تعداد و شدت تصادفات رخ داده در هر قطعه تعیین شد. به منظور لحاظ نمودن تأثیر افزایش تردد پس از اصلاحات، حالت تعدیل شده (این تعدیل بر اساس رشد بیست درصدی تعداد خودرو عبوری بعد از تاریخ انجام اقدامات ایمنی نسبت به قبل از آن تاریخ انجام گردید) نیز جداگانه محاسبه شد. برای بررسی های بیشتر، تفاضل شدت و تعداد تصادفات بین قبل و بعد از اصلاحات نیز محاسبه گردید که در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. تقسیم بندی داده های تصادفات قبل و بعد از انجام اقدامات بهبود ایمنی (از سال ۹۳ تا انتهای سال ۹۵)

کیلومتر	قبل		بعد				پارامترها	
	تعداد تصادف	شدت تصادف	تعداد تصادفات تعدیل شده	تعداد تصادف	شدت تصادف	تعداد اقدامات اصلاحی	تفاضل تعداد تصادفات	تفاضل شدت تصادفات
۱-۱	۲	۲/۰۰	۰/۸۰	۲	۱/۶۰	۶	۰	۱/۰۰
۱-۲	۳	۳/۶۷	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۶	۳	۳/۶۷
۲-۳	۸	۲/۰۰	۱/۶۰	۳	۲/۴۰	۵	۵	۰/۰۰
۳-۴	۱	۳/۰۰	۱/۸۷	۳	۲/۴۰	۵	-۲	۰/۶۶
۴-۵	۸	۳/۵۰	۲/۵۳	۶	۴/۸۰	۵	۲	۰/۳۴
۵-۶	۴	۴/۰۰	۴/۰۰	۱	۰/۸۰	۵	۳	-۱/۰۰
۶-۷	۱	۱/۰۰	۰/۸۰	۳	۲/۴۰	۹	-۲	۰/۰۰
۷-۸	۵	۲/۴۰	۱/۲۰	۴	۳/۲۰	۵	۱	۰/۹۰
۸-۹	۲	۱/۰۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۵	۲	۱/۰۰
۹-۱۰	۱	۵/۰۰	۲/۴۰	۱	۰/۸۰	۵	۰	۲/۰۰
۱۰-۱۱	۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۵	۰	۰/۰۰
۱۱-۱۲	۱	۱/۰۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۶	۱	۱/۰۰
۱۲-۱۳	۹	۱/۶۷	۱/۲۰	۸	۶/۴۰	۸	۱	۰/۱۷
۱۳-۱۴	۵	۲/۶۰	۰/۸۰	۳	۲/۴۰	۷	۲	۱/۶۰
۱۴-۱۵	۱۲	۲/۳۴	۱/۸۸	۱۳	۱/۰۴	۸	-۱	۰/۱۱
۱۵-۱۶	۱	۱/۰۰	۱/۶۰	۴	۳/۲۰	۵	-۳	-۱/۰۰
۱۶-۱۷	۷	۱/۵۷	۱/۲۰	۴	۳/۲۰	۵	۳	۰/۰۷
۱۷-۱۸	۶	۲/۳۴	۰/۸۰	۴	۳/۲۰	۵	۲	۱/۳۴
۱۸-۱۹	۵	۱/۰۰	۱/۳۳	۳	۲/۴۰	۷	۲	-۰/۶۶
۱۹-۲۰	۳	۲/۳۴	۲/۴۰	۲	۱/۶۰	۵	۱	-۰/۶۶

در ادامه، سه فرض مطرح گردید که صحت این سه فرض توسط نرم‌افزار SPSS مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. مؤلفه خروجی نرم‌افزار در این اعتبارسنجی، Sig است. مقدار Sig کمتر از ۰/۰۵ ادعای مربوطه را رد می‌کند و مقدار بیشتر از ۰/۰۵، عکس فرضیه موردنظر را تأیید می‌نماید.

فرضیه اول: اقدامات اصلاحی انجام‌شده باعث تغییر معنادار شدت تصادفات در محور ملایر - جوکار شده است.

دو فرض در نظر گرفته می‌شود. فرض  $H_0$  این‌گونه تعریف می‌شود که شدت تصادفات قبل و بعد از انجام اقدامات اصلاحی، باهم برابر هستند و فرض  $H_1$  بر این پایه استوار است که این دو شدت با یکدیگر تفاوت دارند (رابطه ۲).

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu' \\ H_1 : \mu \neq \mu' \end{cases} \quad (2)$$

که در این رابطه:

$\mu$ : شدت تصادفات قبل از انجام اقدامات اصلاحی انجام‌شده در محور موردنظر است؛

$\mu'$ : شدت تصادفات بعد از انجام اقدامات اصلاحی انجام‌شده در محور موردنظر است.

به دلیل افزایش تعداد تردد خودروها در این جاده، فرضیه در دو حالت تعدیل شده و تعدیل نشده بررسی می‌شود. در حالت تعدیل شده، شدت تصادفات بعد از اقدامات اصلاحی، بیست درصد کاهش می‌یابد. برای این کار از آزمون علامت زوج نمونه‌ای<sup>۱</sup> (ویلکاکسون)<sup>۲</sup> استفاده می‌شود.

حالت تعدیل نشده فرضیه اول: خروجی نرم‌افزار در این حالت مطابق ستون وسط جدول ۵ خواهد بود. با توجه به این جدول، مقدار sig کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ پس

1. Paired Sample Sign Test

2. Wilcoxon



H. رد می‌شود. در نتیجه می‌توان ادعا کرد که انجام اقدامات اصلاحی در حالت تعدیل‌نشده باعث کاهش معنادار شدت تصادفات در محور ملایر - جوکار شده، ولی به دلیل مقدار خیلی نزدیک Sig به ۰/۰۵، قبول این ادعا کمی سخت است؛ زیرا امکان دارد با تغییر یک داده، مسئله کاملاً برعکس شود.

**حالت تعدیل‌شده فرضیه اول:** خروجی نرم‌افزار در این حالت مطابق ستون سمت راست جدول ۵ خواهد بود. با توجه به مقدار Sig در این جدول می‌توان H. را رد کرد؛ بنابراین اقدامات بهبود ایمنی، تأثیر معناداری بر کاهش شدت تصادفات داشته است. با توجه به مقدار خیلی کمتر Sig در این حالت، با اطمینان بیشتری می‌توان ادعای مذکور را قبول کرد.

**جدول ۵. آزمون ویلکاکسون برای شدت تصادف جاده‌ای برای قبل و بعد از اقدامات بهبود ایمنی در حالت تعدیل‌نشده و تعدیل‌شده**

	Crash severity before Improvement - Crash severity After Improvement	Crash severity before Improvement - justified Crash severity After Improvement
Z	-۲/۰۱۹ <sup>b</sup>	-۳/۲۰۳ <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (۲-tailed)	۰/۰۴۴	۰/۰۰۱

**فرضیه دوم:** انجام اقدامات ارتقای ایمنی باعث تغییر معنادار تعداد تصادفات در محور مورد مطالعه شده است.

در این حالت نیز دو فرض در نظر گرفته می‌شود. فرض H. تعداد تصادفات را قبل و بعد از انجام اقدامات اصلاحی، با هم برابر می‌داند و فرض H<sub>۱</sub>، این دو مقدار را متفاوت می‌داند.

در این بخش نیز به دلیل افزایش تعداد تردد خودروها در این جاده، فرضیه در دو حالت تعدیل‌شده و تعدیل‌نشده بررسی و از آزمون علامت زوج نمونه‌ای (ویلکاکسون) استفاده می‌گردد.

**حالت تعدیل‌نشده فرضیه دوم:** خروجی نرم‌افزار در این حالت مطابق ستون وسط

جدول ۶ می‌باشد. با توجه به این جدول، مقدار sig کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ پس H. رد می‌شود. در نتیجه می‌توان ادعا کرد اقدامات انجام شده در حالت تعدیل نشده باعث کاهش معنادار تعداد تصادفات در محور شده است. در این حالت نیز چون مقدار sig خیلی نزدیک به ۰/۰۵ است، قبول این ادعا کمی سخت است.

**حالت تعدیل شده فرضیه دوم:** با توجه به مقدار sig در ستون سمت راست جدول ۶ می‌توان H. را رد کرد؛ بنابراین انجام اقدامات بهبود ایمنی، تأثیر معناداری بر کاهش تعداد تصادفات داشته است. مجدداً با توجه به مقدار خیلی کمتر sig در این حالت، با اطمینان بیشتری می‌توان فرضیه مذکور را قبول نمود.

**جدول ۶. آزمون ویلکاکسون برای تعداد تصادف جاده‌ای برای قبل و بعد از اقدامات بهبود ایمنی در حالت تعدیل نشده و تعدیل شده**

	Number of crashes before Improvement - Number of crashes After Improvement	justified Number of crashes After Improvement - Number of crashes before Improvement
Z	-۱/۹۶۵ <sup>b</sup>	-۳/۰۶۱ <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (۲-tailed)	۰/۰۴۹	۰/۰۰۲

با توجه با نتایج آزمون فرضیه اول و دوم می‌توان گفت که انجام اقدامات بهبود ایمنی، تأثیر معناداری بر کاهش شدت و تعداد تصادفات در حالت تعدیل شده داشته است. در ادامه، هم‌بستگی دو متغیر تفاضل تعداد تصادفات و تفاضل شدت تصادفات بررسی شدند.

**فرضیه سوم:** بین دو متغیر تفاضل تعداد تصادفات و تفاضل شدت تصادفات، هم‌بستگی وجود دارد.

$$\begin{cases} H_0 : \rho = 0 \\ H_1 : \rho \neq 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در رابطه فوق،  $H_0$  بدین معنی می‌باشد که بین متغیر تفاضل تعداد تصادفات و تفاضل شدت تصادفات در طول محور ملایر - جوکار رابطه معنادار وجود ندارد و  $H_1$  یعنی بین متغیر تفاضل تعداد تصادفات و تفاضل شدت تصادفات رابطه معنادار وجود دارد. بدین منظور از آزمون هم‌بستگی اسپیرمن استفاده شد. با توجه به مقادیر sig در جدول ۷ که بزرگ‌تر از ۰/۰۵ می‌باشد، نتیجه می‌شود که نمی‌توان  $H_0$  را رد کرد؛ پس بین متغیر تفاضل تعداد تصادفات با تفاضل شدت تصادفات هم‌بستگی معناداری وجود ندارد؛ یعنی این دو متغیر مستقل خطی<sup>۱</sup> می‌باشند.

جدول ۷. آزمون هم‌بستگی اسپیرمن برای متغیر تفاضل تعداد تصادفات با تفاضل شدت تصادفات

			Difference in the number of accidents	Difference in severity of accidents
Spearman's rho	Difference in the number of accidents	Correlation Coefficient	۱/۰۰۰	۰/۱۰۱
		Sig. (۲-tailed)	.	۰/۶۱۳
		N	۲۰	۲۰
	Difference in severity of accidents	Correlation Coefficient	۰/۱۰۱	۱/۰۰۰
		Sig. (۲-tailed)	۰/۶۱۳	.
		N	۲۰	۲۰

### مدل‌سازی (مدل رگرسیون)

استفاده از نرم‌افزار SPSS برای انواع مدل‌سازی‌های ریاضی، از جمله ساخت مدل خطی، کاربردهای فراوانی دارد. مدل خطی، تکنیکی است که به وسیله آن، تغییرات یک متغیر وابسته به وسیله ترکیب خطی از چند متغیر مستقل مدل می‌شود. پژوهشگران متعددی از این نوع مدل برای تخمین تصادفات استفاده کرده‌اند (احمد<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷؛ الام<sup>۳</sup>، ۲۰۱۷). پیش از ارائه مدل، لازم است که از طبیعی بودن داده‌ها اطمینان

1. Linearly Independent Variable

2. Ahmed

3. Alam

ارائه مدل تأثیر انجام اقدامات ایمنی کم‌هزینه بر شدت و تعداد حوادث ترافیکی

حاصل شود. در جدول ۸، مشخصات آماری متغیر وابسته ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقدار چولگی<sup>۱</sup> و مقدار کشیدگی<sup>۲</sup> این متغیر در بازه (۲، -۲) قرار دارد.

جدول ۸. مشخصات آماری متغیر وابسته (تعداد اقدامات اصلاحی انجام شده)

Descriptive Statistics												
Mean	Standard Error	Median	Mode	Standard Deviation	Sample Variance	Kurtosis	Skewness	Range	Minimum	Maximum	Sum	Count
۵/۸۵	۰/۲۸۳۵	۵	۵	۱/۲۶۸	۱/۶۰۷۸	۰/۶۷۸۷	۱/۳۴۲۷	۴	۵	۹	۱۱۷	۲۰

### مدل رگرسیون خطی

مدل رگرسیون خطی استفاده شده در این پژوهش به صورت ذیل می‌باشد.

$$Y = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن:

$Y$ : تعداد اقدامات اصلاحی (متغیر وابسته)،

$X_1$ : تفاضل تعداد تصادفات (متغیر مستقل اول)،

$X_2$ : تفاضل شدت تصادفات (متغیر مستقل دوم) می‌باشد.

به منظور اعتبارسنجی مدل، از مقدار ضریب هم‌بستگی<sup>۳</sup> ( $R^2$ ) استفاده می‌شود. مقدار  $R^2$  عددی است که مقدار واریانس متغیر وابسته را نشان می‌دهد؛ به عبارت دیگر، این آماره نشان می‌دهد که چقدر متغیرهای مستقل در مدل توانسته‌اند متغیر وابسته را تبیین کنند. در واقع،  $R^2$  نشان می‌دهد که مدل تا چه اندازه برآزنده مجموعه داده‌ها است. این عدد می‌تواند عددی بین صفر و یک را اختیار کند. بالاتر بودن این عدد

1. Skewness

2. Kurtosis

3. Correlation Coefficient

می تواند نشانه‌ای از بهتر بودن مدل به دست آمده باشد. اکثر پژوهشگران، مقدار بیش از ۰/۷ برای این شاخص را مقدار قابل قبولی می دانند. همان طور که در جدول ۹ ملاحظه می گردد، برای مدل به دست آمده در این پژوهش،  $R^2$  برابر ۰/۸۱۶ به دست آمد و این نشان دهنده اعتبار قابل قبول مدل مذکور می باشد.

**جدول (۹) اعتبارسنجی مدل ارائه شده توسط نرم افزار**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
۱	۰/۹۰۳ <sup>۳</sup>	۰/۸۱۶	۰/۷۹۴	/۹۹۱

جدول ۱۰ حاوی تحلیل واریانس رگرسیون برای بررسی قطعیت وجود رابطه خطی بین دو متغیر است. فرضیه‌های آماری آزمون معنی داری مدل رگرسیون بدین صورت می باشد که  $H_0$  در آن نشان دهنده نبود رابطه خطی بین دو متغیر و  $H_1$  نقیض آن می باشد. با توجه به اینکه sig کوچک تر از ۰/۰۵ می باشد، پس  $H_0$  رد می شود و بین دو متغیر، رابطه خطی وجود دارد.

**جدول ۱۰. تحلیل واریانس برای متغیر تعداد اقدامات اصلاحی بر حسب تفاضل شدت تصادفات و تفاضل**

**تعداد تصادفات**

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
۱	Regression	۷۳/۸۶۲	۲	۳۶/۹۳۱	۳۷/۶۲۲	۰/۰۰۰ <sup>b</sup>
	Residual	۱۶/۶۸۸	۱۷	۰/۹۸۲		
	Total	۹۰/۵۵	۱۹			

برای تعیین ضرایب مدل رگرسیون خطی از جدول ۱۱ که خروجی برنامه SPSS می باشد، استفاده شده است.

**جدول ۱۱. ضرایب مدل رگرسیون ارائه شده توسط نرم افزار**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
۱	(Constant)	۸/۵۸۳	۰/۲۶۵		۳۲/۴۴۷	۰/۰۰۰
	Difference in the number of accidents	-۰/۸۰۵	۰/۱۱۷	-۰/۷۳۸	-۶/۸۶۴	۰/۰۰۰
	Difference in severity of accidents	-۰/۸۱۳	۰/۲۰۸	-۰/۴۱۴	-۳/۹۰۹	۰/۰۰۱

در نهایت معادله رگرسیون خطی به شکل رابطه (۶) تعیین گردید.  
رابطه (۶)

$$Y = 1/583 - 0/805 X_1 - 0/813 X_2$$

که در رابطه فوق:

Y: تعداد اقدامات اصلاحی انجام شده،

X<sub>1</sub>: تفاضل تعداد تصادفات،

X<sub>2</sub>: تفاضل شدت تصادفات در محور مورد نظر می‌باشند.

### نتایج پژوهش

شناخت تصادفات و تجزیه و تحلیل آمار تصادفات، این کمک را در طراحی به مهندسان می‌کند تا اشتباهات گذشته را تکرار نکنند و با انتخاب بهترین گزینه‌ها، جاده‌ای ایمن تر طراحی و اجرا کنند. پس از بررسی آمار تصادفات سه‌ساله محور مورد مطالعه و با عنایت به آمار توصیفی، نتایج ذیل حاصل گردید:

- ۱- بیشترین علت حوادث ترافیکی، واژگونی با سهم ۳۰/۱ درصد و کمترین علت برخورد با حیوانات با ۴/۱ درصد بودند.
  - ۲- در عوامل درگیر در تصادفات، وسیله نقلیه سبک با ۵۰ درصد، بیشترین سهم را به خود اختصاص داد.
  - ۳- در میان انواع تصادفات، تصادفات خسارتی ۵۸/۹ درصد، جرحی ۳۰/۸ درصد و فوتی ۱۰/۳ درصد تصادفات را شامل شدند.
  - ۴- بیشتر تصادفات در روز با سهم ۶۷/۸ درصد اتفاق افتاده بود. از نظر جوی، در هوای صاف ۶۳ درصد، بارانی ۱۵/۸ درصد، ابری ۱۴/۴ درصد و برفی ۶/۸ درصد تصادفات اتفاق افتاده بود.
- در ادامه پژوهش، تصادفات در دو مقطع زمانی برابر، قبل و بعد از انجام اقدامات

کم هزینه ارتقای ایمنی مسیر، مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی مشخص شد که انجام این اقدامات، نتایج ذیل را به دنبال داشته است:

۱- تعداد تصادفات بدون تعدیل ۱۱ درصد و با در نظر گرفتن تعدیل ناشی از افزایش بیست درصدی تردد، حدود ۲۹ درصد کاهش را نشان می دهد. این کاهش در تمام انواع تصادف به غیر از تصادفات جلو به عقب و جلو به پهلو مشاهده می شود. علت این مورد اخیر را می توان به ساخت سرعت گیرها نسبت داد.

۲- در بررسی عوامل درگیر در تصادفات، همه انواع تصادفات بعد از انجام اقدامات اصلاحی کاهش یافته اند. فقط برخورد با شیء ثابت افزایش داشته است که علت آن می تواند نصب گاردریل ها در مسیر مورد نظر باشد؛ اما نصب گاردریل ها باعث کاهش در تصادفات جلو به جلو و خروج از جاده شده است.

۳- در هریک از تصادفات فوتی، جرحی و خسارتی بعد از اصلاحات به ترتیب ۳۳، ۳۳ و ۱۳ درصد کاهش مشاهده می گردد. به همین دلیل می توان انتظار داشت که در شدت تصادفات نیز کاهش قابل ملاحظه ای وجود داشته باشد.

۴- پس از انجام اقدامات بهبود ایمنی، ۴۰ درصد از تعداد متوفیان و ۳۴ درصد از تعداد مجروحین مسیر کاسته شده است. بدین ترتیب کاهش در شدت تصادفات ناشی از انجام اقدامات بهبود ایمنی در مسیر مورد مطالعه آشکار می گردد.

۵- حوادث ترافیکی وسیله - عابر با حدود ۸۲ درصد کاهش، بیشترین کاهش را در بین انواع حوادث پس از انجام اقدامات اصلاحی به خود اختصاص داده است.

۶- کاهش قابل ملاحظه شدت و تعداد تصادفات ذکر شده، نتیجه انجام اقدامات کم هزینه ای می باشد که در کل محور انجام شده است. صرف نظر از اقدامات خاص مانند نصب گاردریل، ایجاد خاکریز کنار آب روها و... که صرفاً در بخش های خاصی از مسیر انجام شد، اقداماتی مانند رنگ آمیزی خطوط افقی، اجرای شیار لرزاننده، نصب تابلوهای محدودیت سرعت و جهت نما که در کل محور انجام گردیده، ضمن

هزینه پایین، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در این خصوص داشته است. در ادامه پژوهش، یک مدل خطی بین تعداد اقدامات اصلاحی به‌عنوان متغیر وابسته و تفاضل تعداد و شدت تصادفات به‌عنوان متغیرهای مستقل ارائه گردید. بررسی این مدل نشان می‌دهد که:

- ۱- ضریب منفی متغیرهای تفاضل تعداد و شدت تصادفات در این مدل تأیید می‌کند که مقدار این دو متغیر با تعداد اقدامات اصلاحی انجام‌شده، نسبت عکس دارد.
- ۲- تأثیر تعداد اقدامات بر کاهش شدت تصادفات، کمی بیشتر از این تأثیر بر کاهش تعداد تصادفات می‌باشد.

### ارائه راهکارها و پیشنهادها

با توجه به آمار بالای تصادفات در کشور و خسارات سنگین جانی و مالی ناشی از آن، لازم است که راهکارهای مؤثری در این خصوص ارائه و اجرایی گردد. از طرفی، شرایط اقتصادی و اعمال تحریم‌های ظالمانه، امکان پیاده‌سازی روش‌های پرهزینه معمول را برای کاهش خسارات، بسیار محدود نموده است. بدین ترتیب، لزوم استفاده از روش‌های کم‌هزینه اصلاح معابر، بیش‌ازپیش نمایان می‌گردد. در این خصوص لازم است که تأثیرگذاری این‌گونه عملیات اصلاحی، در کل کشور مستندسازی و دقیقاً مورد تجزیه و تحلیل شود. اقداماتی که خودمعرفی‌بودن راه را افزایش می‌دهند، مانند تعمیر یا تعویض تابلوهای راهنمایی، اصلاح روشنایی معابر، رنگ‌آمیزی خطوط و استفاده از رنگ‌های مناسب، اجرای شیارهای لرزاننده و سایر اقدامات مانند ترمیم روسازی، تعمیر و اجرای گاردریل و حفاظ‌ها، ایجاد خاکریز در محل آب‌روهای جاده و... از جمله عملیات کم‌هزینه‌ای هستند که به‌شدت در کاهش تعداد و شدت حوادث رانندگی مؤثر هستند. مستندسازی تأثیر انجام این اقدامات، ضمن انتخاب بهترین گزینه (کارآمدترین و اقتصادی‌ترین گزینه) در هر محور، تجربه جدیدی را در تصمیم‌گیری آتی در این خصوص به‌همراه خواهد داشت.



## منابع

- احدی، محمدرضا؛ حسن پور، محمدزمان؛ بشیری، پریسا؛ بشیری، پوریا. (۱۳۹۵). راهکارهای ارتقای ایمنی و پیشگیری از تصادفات عابران پیاده در شهرستان قزوین. فصلنامه علمی پژوهشی ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۴ (۳)، مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۱۴۳-۱۵۰.
- باقری خلیل، فاطمه؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا. (۱۳۹۰). تحلیل بر تحقیقات انجام شده در زمینه عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات در راه‌های برون‌شهری. فصلنامه راهور، سال هشتم، (۱۵)، ۹۳-۱۱۶.
- تن‌زاده، جواد. (۱۳۹۲). طرح هندسی و ایمنی راه. چاپ چهارم، تهران: انتشارات صناعی شه میرزادی.
- حسینی، شلیبر؛ شریعت مهیمنی، افشین. (۱۳۹۱). تحلیل اثربخشی اقدامات کم‌هزینه ایمن‌سازی از دیدگاه رانندگان وسایل نقلیه. دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل‌ونقل، سازمان حمل‌ونقل تهران، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران.
- حمیدیزاده، محمدرضا؛ شفیعی نیک‌آبادی، محسن؛ نادری، ریحانه. (۱۳۹۶). سیاست‌گذاری مهار تلفات جاده‌ای در کشور. فصلنامه مطالعات مدیریت راهبردی، (۳۱)، دانشگاه شهید بهشتی، ۶۱-۸۲.
- روشنفکر جورشری، سبجان. (۱۳۹۳). ارتقای حس روانی امنیت در حاشیه شهرها با بهره‌گیری از نورپردازی مناسب. دومین همایش بین‌المللی روشنایی و نورپردازی، ایران، تهران، شرکت همایش برنا.
- شادکار، محمد سعید؛ فاطمی اردستانی، سید فرشاد؛ ابوحمزه، داریوش. (۱۳۹۵). عوامل مؤثر بر تخلفات رانندگی در ایران از منظر اقتصاد. فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور، (۱۹)، ۱۶۵-۱۸۶.
- عبدالمنافی، سید ابراهیم؛ بابازاده، عباس. (۱۳۹۵). بررسی جایگاه ایمنی راه در

ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌های ساخت شبکه معابر (مطالعه موردی: شهر تهران). فصلنامه راهبر، (۳۵)، ۳۹-۶۰.

- عینی، الهه؛ سوری، حمید؛ گنجعلی، مجتبی؛ باغفلکی، تابان. (۱۳۹۶). محاسبه هزینه فوت و جرح ناشی از سوانح ترافیکی در ایران با استفاده از تحلیل بیزی به روش تمایل به پرداخت. فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی حمل‌ونقل، سال هشتم، (۴)، انجمن مهندسی حمل‌ونقل ایران، ۶۵۷-۶۶۹.

- فرج‌اللهی، گلنوش؛ دلاور، محمودرضا. (۱۳۹۶). تعیین نقاط حادثه‌خیز تصادفات رانندگی با استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.

- کارگر، علی؛ شیرمحمدی، حمید. (۱۳۹۳). ارزیابی روش خطی به‌منظور اولویت‌بندی اقتصادی تجهیزات ترافیکی در معابر برن شهری (مطالعه موردی: محور ارومیه - سلماس). فصلنامه جاده، ۲۲ (۷۸)، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۲۷-۳۷.

- مرادی، علی؛ رحمانی، خالد؛ هوشمندی شجاع، مصطفی؛ رحیمی سپهر، حسن؛ خورشیدی، علی. (۱۳۹۵). مروری بر وضعیت حوادث رانندگی در ایران در مقایسه با سایر کشورها. مجله پزشکی قانونی ایران، ۲۲ (۱)، سازمان پزشکی قانونی کشور، ۴۵-۵۳.

- نیکزاد، میرفاضل. (۱۳۸۶). سوانح ترافیکی کشور و خسارات متوجه، علل و عوامل و راهکارهای برون‌رفت از آن، تهران: دفتر تحقیقات کاربردی پلیس راهنمایی و رانندگی ناجا.

- وزارت راه و ترابری. (۱۳۷۵). تحلیل تصادفات استان اصفهان. مجموعه گزارش‌های نگرشی نظام‌گرا به پروژه‌های مطالعاتی حمل‌ونقل جاده‌ای، گزارش شماره بیست‌وچهار، دفتر آمار و برنامه‌ریزی.

- Ahmed, L. A. (2017). Using Logistic Regression in Determining the Effective Variables in Traffic Accidents. *Applied Mathematical Sciences*, 11(42), 2047-2058.
- Alam, I., Ahmed, M. F., Alam, M., Ulisses, J., Farid, D. M., Shatabda, S., & Rossetti, R. J. (2017). Pattern mining from historical traffic big data. *In IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, 2017 (pp. 1-5). IEEE.
- Balikuddembe, J. K., Khorasani-Zavareh, D., Sinclair, P., Stephen, K., Ardalan, A., & Nejati, A. (2017). Mainstreaming Road Safety in the Regional Integration of the East African Community to Reduce Road Traffic Injuries. *African Safety Promotion: A Journal of Injury and Violence Prevention*, Vol. 15, No. 1, June 2017, PP: 38-54.
- Hanley, K.E., Gibby. A.R., Ferrara, T.C. (2000). Analysis of Accident Reduction Factors on California State Highways. *Transportation Research Record*, 1717 (1), PP: 37-45.
- Manual, H.S. (2010). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *Washington, DC*, 10, Part B, Roadway Safety Management Process.
- Outcalt, W.S. (2001). Centerline Rumble Strips (No. CDOT-DTD-R-2001-8), *Colorado Department of Transportation*, Research Branch.
- Peterson, E.R. (2006). The Effectiveness of Low-Cost Traffic Calming Applications Appropriate for Main Streets Through Rural Communities. *Iowa State University Capstones*, June 2006, PP: 1-82.
- Zegeer, H., Martin, M., Adem, R. (2007). *Safety Effects of Road Lighting on Accidents*. PP: 278-45.

