پژوهش‌های کاربردی در مهندسی زیرساخت‌ها

سال یکم، شماره یکم، پیاپی یکم، بهار و تابستان ۱۴۰۵ (۲۵-۳۴)

«مقاله پژوهشی»

# ارزیابی تأثیر ایمنی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار

**شاهین شعبانی[1*]، محمد کوهی[2]، امیر داوودآبادی[3]**

۱. گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲. گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۳. گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

**نویسنده مسئول:**
شاهین شعبانی
رایانامه: shabani@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳

## چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور تخمین تأثیر عددی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار انجام شده است. با توجه به هدف تحقیق، تقاطع جهاد در شهرستان دماوند از توابع استان تهران انتخاب شد که در زمستان سال ۱۳۹۹ میدان سابق آن به تقاطع چراغدار تبدیل شده است که یک اقدام جدید در حوزه ایمنی راه است و نوآوری این پژوهش را نمایان می‌سازد. برای اثرسنجی ایمنی این اقدام نیاز به داده‌های تصادفات و حجم ترافیک در رویکردهای اصلی و فرعی تقاطع بود که داده‌های تصادفات از پلیس راهور شهرستان و داده‌های حجم ترافیک از شهرداری شهرستان اخذ گردید. داده‌های تصادف و حجم ترافیک جمع‌آوری شده مربوط به دوره زمانی ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۴۰۰ است. در این رابطه دوره زمانی از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۳۹۹ به‌عنوان دوره قبل از تبدیل و سال ۱۴۰۰ به‌عنوان دوره بعد از تبدیل میدان به تقاطع چراغدار در نظر گرفته شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از بررسی روند به‌عنوان یک مطالعه ساده از قبل و بعد و سپس روش بیزتجربی انجام شد. علت انتخاب روش بیزتجربی، حذف پدیده رگرسیون به میانگین در نتایج محاسبات است. تحلیل روند نشان داد که پس از تبدیل میدان به تقاطع چراغدار، تصادفات ۶۰ درصد کاهش داشته‌اند اما این نتیجه به‌دلیل درنظرنگرفتن داده‌های حجم ترافیک قابل استناد نیست زیرا می‌تواند دچار رگرسیون به میانگین شده باشد. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش بیزتجربی نشان داد که تبدیل میدان به تقاطع چراغدار توانسته است تصادفات را ۹۶ درصد کاهش دهد.

## واژه‌های کلیدی

ارزیابی تأثیر ایمنی، میدان، تقاطع چراغدار.

**استناد به این مقاله:**

شعبانی، شاهین؛ کوهی، محمد و داوودآبادی، امیر. (۱۴۰۵). ارزیابی تأثیر ایمنی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار. *پژوهش‌های کاربردی در مهندسی زیرساخت‌ها*، ۱(۱)، ۲۵-۳۴.

(

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۴ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**مقدمه**

تقاطع، منطقه‌ای است که در آن، دو یا چند راه با یکدیگر ترکیب شده‌اند و عملکرد اصلی آن‌ها، تأمین امکان تغییر جهت می‌باشد. تقاطع‌ها براساس پیچیدگی بسیار متفاوت هستند، از تقاطع ساده گرفته که تنها دو راه با زاویه قائمه باهم تلاقی دارند، تا تقاطع پیچیده که سه یا چند راه از یک منطقه عبور می‌کنند. بنابراین رانندگان باید در تقاطع‌ها تصمیم بگیرند که کدام مسیر برای عبور آنها مناسبتر است. تلاش برای تصمیم‌گیری در مورد مسیر مناسب که در نواحی تقاطع انجام می‌گیرد، نشان می‌دهد که چرا تقاطع، پتانسیل بالایی برای وقوع تصادفات دارد[ ۱].

تصادفات در تقاطع در مقایسه با تصادفات در قطعات راه، پیچیده‌تر هستند و به همین‌دلیل، راننده یک وسیله نقلیه باید هوشیارتر باشد تا قادر به بررسی چندین رویداد متفاوت باشد، مانند توجه به علائم و چراغ راهنمایی، تنظیم سرعت، وسیله‌های نقلیه ای که از جهت مخالف می‌آیند یا درحال گردش هستند، وسیله های نقلیه‌ای که از چپ و راست می‌آیند و غیره [۲]. جریان‌های ترافیک در تقاطع ازآنجاکه شامل هم مسیر مستقیم و هم مسیر گردشی است، سبب تداخل خودرو با خودرو، خودرو با عابر و خودرو با دوچرخه سوار می‌شود و درنتیجه احتمال رخدادن تصادف بالا می‌رود. از این‌رو تقاطع را می‌توان به‌عنوان المانی از سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای که دارای پتانسیل بالای رخداد تصادف است، در نظر گرفت [۳]. از دیرباز مطالعات ایمنی مختلفی نشان داده‌اند که تقاطع‌ها بحرانی‌ترین نقاط درون‌شهری در سیستم حمل‌ونقل ازلحاظ بروز تصادف هستند. برای مثال از دهه ۹۰ میلادی طبق مطالعه کوساییمبا و سایریلو مشخص گردیده است که نیمی از تصادفات درون‌شهری در تقاطع‌ها رخ می‌دهند [۴]. اگرچه مطالعه کوساییمبا و سایریلو مربوط به اوایل دهه نود است، با این‌حال مطالعات ایمنی اخیر نیز گزارشی مانند آن ارائه داده‌اند، برای مثال اداره ملی ایمنی ترافیک راه در آمریکا اذعان می‌دارد که حدود نیمی از کل تصادفات (۴۷ درصد) و حدود یک‌سوم تصادفات فوتی (۲۷ درصد) آمریکا در تقاطع‌ها رخ می‌دهند. [۵].

یکی از راهکارهایی که همواره محققان را وادار به انجام مطالعات می‌کند، تبدیل نوع خاصی از تقاطع به نوع دیگری از تقاطع است. برای مثال [۶] طی مقاله‌ای به تأثیر ایمنی تبدیل «تقاطع با کنترل توقف» به «میدان» پرداخته و میزان تأثیر این تبدیل را به‌صورت ۳۲ درصد کاهش فراوانی تصادفات تخمین زده اند. به‌طور معمول احداث میدان در یک تقاطع راه‌حلی است که می‌توان از اثربخشی ایمنی آن اطمینان داشت. به همین‌دلیل است که در دهه گذشته ایالات متحده آمریکا و بسیاری از کشورهای اروپایی، صدها تقاطع چراغدار خود را به میدان تبدیل نموده‌اند [۷].

یکی از اقدامات متداول و شناخته شده برای جلوگیری از رخداد تصادفات تقاطع، تبدیل تقاطع به میدان است. به گفته NCHRP،[۸] به‌کارگیری میدان یک استراتژی ایمنی اثبات شده برای بهبود ایمنی در تقاطع است. میدان با حذف یا تغییر انواع برخورد، کاهش شدت تصادف، و وادارکردن رانندگان به کاهش سرعت ایمنی تقاطع را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. طی دهه‌های اخیر در اقصی نقاط دنیا به‌خصوص کشورهای توسعه یافته، احداث میدان در شبکه حمل‌ونقل افزایش قابل توجهی داشته است. برای مثال به گفته ینسن در دانمارک، طی دوره‌ای ۲۰ ساله از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۰، تعداد میدان‌ها ۳ برابر شده است [۹] در کشور فرانسه نیز تا سال ۲۰۱۶ در هر ۱۰۰ هزار مایل، تعداد ۴۹۰۰ میدان و در کشور انگلستان در هر ۱۰۰ هزار مایل، تعداد ۱۰۲۰۰ میدان وجود دارد [۱۰].

ازجمله مزایای فراهم‌شده میادین می‌توان به افزایش ایمنی و ظرفیت و کاهش هزینه‌ها اشاره کرد. به‌دلیل شرایط هندسه میدان، علائم ترافیکی، وضعیت روسازی و الگوهای تغییر رفتار رانندگان، ظرفیت و ایمنی، مولفه‌های جدایی‌ناپذیر طراحی میادین هستند [۱۱]. در اکثر موارد ازلحاظ ایمنی و عملکرد، تبدیل تقاطعات با کنترل توقف یا تقاطعات با چراغ راهنمایی به میدان، مطلوب در نظر گرفته می‌شود. علاوه‌بر این، میادین هزینه‌های ساخت اولیه قابل مقایسه و هزینه‌های چرخه عمر کمتری نسبت به یک چراغ راهنمایی با ظرفیت ترافیکی مشابه دارند [۱۲].

ازآنجاکه میدان یک اقدام ایمن‌سازی موفق در کنترل ترافیک، کاهش سرعت و کاهش تصادفات در تقاطع‌های با انواع کنترل متداول (مانند تقاطع با چراغ راهنمایی و تقاطع با کنترل توقف) است، محققان زیادی عملکرد ایمنی میدان را بررسی نموده‌اند که شامل طیف متنوعی از انواع تقاطع و شرایط ترافیکی بوده است. در این بین مطالعات متعددی به اثرسنجی ایمنی تبدیل تقاطع به میدان انجام گرفته است. نتایج اکثر مطالعات نشان داده است که میادین از تقاطع چراغدار و تقاطع با کنترل توقف، ایمن‌تر هستند. برای مثال تیولو و همکاران با بررسی مطالعات متعدد دریافتند که میادین احتمال رخداد

تصادفات و شدت آن‌ها را کاهش می‌دهد که دلیل آن بهبود هندسه تقاطع و کاهش سرعت وسایل نقلیه ورودی است [۱۳]. به موازات این مطالعات، تحقیقات متعددی به‌دنبال تخمین عددی تبدیل تقاطع به میدان و یا اثربخشی این اقدام در کاهش تصادفات بوده‌اند. برای مثال ویوجانیک و همکاران با استفاده از روش قبل و بعد بیزتجربی به اثرسنجی ایمنی تبدیل ۱۵ تقاطع دوخطه به میدان دوخطه شهر نیس در صربستان پرداختند. دوره مطالعه داده‌های این تحقیق، دوره‌ای ۸ ساله از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تبدیل تقاطع به میدان، فراوانی تصادفات را به‌میزان ۷۶ درصد کاهش داده است [۱۴]. الویک طی مطالعه‌ای با هدفی مشابه مشخص نمود که تبدیل تقاطع به میدان، تصادفات فوتی و تصادفات جرحی را به ترتیب ۶۵ درصد و ۴۰ درصد کاهش می‌دهد [۷]. طی تحقیق به مطالعه مطالعه تبدیل ۲۳ تقاطع به میدان در ایالات متحده پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که میدان توانسته است۴۰ درصد کل تصادفات، ۸۰ درصد تصادفات جرحی و ۹۰ درصد تصادفات فوتی را کاهش دهد. مطالعه ژائو و همکاران درخصوص اثرسنجی ایمنی تبدیل تقاطع‌های دوطرفه با کنترل توقف به میدان در راه‌های برون‌شهری نشان داد که میدان توانسته است تصادفات فوتی را ۱۰۰ درصد، تصادفات جرحی را ۷۶ درصد. تصادفات خسارتی را ۳۵ درصد کاهش دهد [۱۵]. رودگرتز برای مقایسه عملکرد ایمنی تقاطع با میدان از روش بیز تجربی استفاده نمود. در این تحقیق طیف گسترده‌ای از تقاطع‌ها و میدان‌های مناطق درون‌شهری، حومه شهر و برون‌شهری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق کاهش ۳۵ درصدی تمام انواع تصادفات را نشان داد [۱۶]. کوهی و شعبانی با انجام یک مطالعه قبل و بعد با روش بیزتجربی، تأثیر ایمنی تبدیل «تقاطع با کنترل توقف» به «میدان» پرداخته و میزان تأثیر این تبدیل را به‌صورت ۳۲ درصد کاهش فراوانی تصادفات تخمین زده‌اند. به‌طور معمول احداث میدان در یک تقاطع راه‌حلی است که می‌توان از اثربخشی ایمنی آن اطمینان داشت. به همین‌دلیل است که در دهه گذشته ایالات متحده آمریکا و بسیاری از کشورهای اروپایی، صدها تقاطع چراغدار خود را به میدان تبدیل نموده‌اند [۷].

اما برخلاف اینکه در اکثر کشورهای توسعه‌یافته، اصلاح ایمنی تقاطع به میدان رایج است، هنوز هم در برخی نقاط مختلف دنیا ازجمله در ایران، متولیان اقدام به تبدیل میدان به تقاطع چراغدار می‌نمایند. این اقدام به‌لحاظ منطقی نباید تأثیری مثبت یا تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر کاهش تصادفات داشته باشد (با توجه به اقدامات رایج در کشورهای توسعه‌یافته)، به همین‌دلیل ازلحاظ دانش ایمنی راه، مسئله به‌وجود آمده این است که تأثیر ایمنی چنین اقدامی در رخ‌دادن تصادفات به چه میزانی است. با جستجو در ادبیات ایمنی، تنها مورد یافت شده برای ارزیابی تأثیر ایمنی میدان به تقاطع چراغدار، مربوط به تحقیق مزاری، زایرزاده و خندان دل است. در این تحقیق مزاری و همکاران تأثیر تبدیل میدان به تقاطع چراغدار بر نرخ تصادفات را طی یک مطالعه موردی در شهر مشهد مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که در اکثر موارد تعداد کلی تصادفات در اثر این اقدام افزایش می‌یابد، همچنین تعداد تصادفات شدید جرحی به‌دلیل جهت سفر تقاطع‌ها و سرعت‌های مشابه به شکلی قابل‌توجه افزایش می‌یابد. در این تحقیق میزان عددی تأثیر این اقدام بر نرخ تصادفات تحلیل نشده است [۱۷]. از این‌رو، در این پژوهش به بررسی یک نمونه واقعی اجرا شده در شهر گیلاوند (از توابع شهرستان دماوند- استان تهران) پرداخته خواهد شد که طی آن یک میدان، تبدیل به تقاطع چراغدار شده است. ازآنجایی‌که تبدیل تقاطع به میدان اقدامی اثبات شده برای ایمن‌سازی تقاطع است، نمونه در نظر گرفته شده برای بررسی در این پژوهش را می‌توان به‌عنوان یک نمونه موردی بسیار خوب برای ارزیابی تأثیر ایمنی آن در نظر گرفت. زیرا انتظار طبیعی در بین محققان ایمنی این است که در یک تقاطع که دارای تصادفات زیادی است، احداث میدان اقدام متداولی می‌باشد و عکس این اقدام احتمالاً افزایش تصادفات در بلندمدت را به‌دنبال داشته باشد.

## روش تحقیق

ضریب بهبود تصادف[1] (CMF) ضریبی قابل ضرب است که برای تخمین فراوانی موردانتظار تصادفات بعد از اجرای اقدام ایمن‌سازی با ضرب‌شدن در فراوانی تصادفات موردانتظار بدون اقدام ایمن‌سازی در محلی مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور کلی چندین روش را می‌توان برای تخمین مقدار CMF استفاده نمود اما روش قبل و بعد بیزتجربی[2] (EB) متداول‌ترین روش مورد استفاده در بین پژوهشگران است. نقطه‌قوت روش EB، برطرف‌نمودن مشکل رگرسیون به میانگین و سایر عوامل مخدوش‌کننده است [۱۸]. در واقع فلسفه اصلی در توسعه این

1. Crash Modification Factor
2. Empirical Bayes

روش، برطرف‌نمودن مشکل رگرسیون به میانگین[1] (RTM) بود. فرضیات مهم و اصلی این روش به‌صورت زیر است:

۱. الگوی توزیع فراوانی تصادفات، توزیع پواسون است.
۲. میانگین جامعه مورد مطالعه را با توزیع گاما می‌توان برآورد نمود.
۳. در همه محل‌های مرجع (محل‌های مقایسه)، تغییرات سالیانه عوامل به شکلی مشابه رخ می‌دهد.

اساس و جذابیت روش EB، کاهش اثر رگرسیون به میانگین و پیش‌بینی تصادفات در دوره بعد از اجرای اقدام ایمن‌سازی درصورتی است که اجرا نشده باشد. روش EB شامل دو مرحله اساسی برای پیش‌بینی این تصادفات است:

۱. به‌منظور پیش‌بینی فراوانی تصادفات، پایه‌ای تعیین می‌شود.
۲. براساس پایه تعیین‌شده در مرحله اول، چگونگی تغییر فراوانی تصادفات موردانتظار از دوره قبل به بعد در اثر تغییر شرایط ترافیک، آب‌وهوا و سایر عوامل پیش‌بینی می‌شود.

در روش EB، تغییر در ایمنی برای یک محل مشخص به‌صورت زیر تخمین زده می‌شود [۱۹]

$\pi - \lambda$ (رابطه ۱)

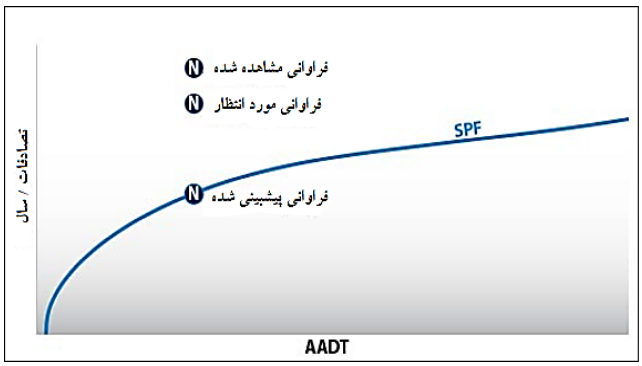
که:

$\pi$: فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره بعد درصورت اجرا نشدن اقدام ایمن‌سازی است.

$\lambda$: فراوانی تصادفات مشاهده شده دوره بعد از اجرای اقدام ایمن‌سازی است.

پرواضح است که به‌دلیل تغییرات حجم ترافیک که می‌تواند باعث رگرسیون به میانگین شود، فراوانی تصادفات رخ داده دوره قبل از اجرای اقدام ایمن‌سازی، برآورد خوبی از $\pi$ نخواهد بود [۲۰].

در روش EB حین برآورد $\pi$، با استفاده از تابع عملکرد ایمنی[2] (SPF) اثر عوامل مخدوش‌کننده به درستی محاسبه می‌شود. SPF برای برآورد فراوانی تصادفات موردانتظار سالیانه طی دوره قبل از اجرای اقدام ایمن‌سازی در محل‌های با حجم ترافیک مشابه با محل موردنظر، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع SPFها مدل‌های رگرسیونی‌اند که به‌منظور پیش‌بینی فراوانی تصادف به‌کار می‌روند. برای آشنایی بیشتر با SPF و برای درک بهتر تفاوت بین تصادفات مشاهده شده، مورد انتظار و پیش‌بینی شده، نمودار یک SPF در حضور این سه مورد در شکل (۲) ارائه شده است.




**شکل ۲.** تفاوت بین تصادفات مشاهده شده، مورد انتظار و پیش‌بینی شده [21].

همان‌گونه که شکل (۲) مشخص نموده است، فاصله میان تصادفات مشاهده‌شده (در محل) و پیش‌بینی‌شده (نتیجه SPF) زیاد است، لذا پژوهشگران از تصادفات موردانتظار استفاده می‌کنند تا توانایی برآورد دقیق نتایج را داشته باشند. درنتیجه روش EB می‌تواند با استفاده از موارد زیر، فراوانی تصادفات محل هدف را درصورتی‌که هیچ اقدام ایمن‌سازی اجرا نمی‌شد، برآورد کند:

* داده‌های تاریخچه تصادفات محل ایمن‌سازی شده،
* اطلاعات ایمنی محل‌های مرجع با مشخصات هندسه مشابه.

استفاده هم‌زمان از اطلاعات محل‌های هدف و مرجع براساس یک میانگین وزنی، طبق رابطه زیر است:

(رابطه ۲) تخمین تصادفات موردانتظار در محل‌های هدف = وزن × تصادفات مورد انتظار در محل‌های مرجع + (وزن − ۱) × تصادفات واقعی در محل هدف

که در آن $0 \leq \text{وزن} \leq 1$ است.

درنتیجه، تصادفات موردانتظار دوره بعد از اجرای اقدام ایمن‌سازی اگر بهبود ایمنی به‌دست نیاید، تابعی از چگونگی وزن اختصاص‌یافته به تصادفات موردانتظار در محل‌های مرجع خواهد بود. اگر «وزن» انتخاب شده به ۱ نزدیک باشد، تخمین تصادفات موردانتظار برای محل‌های هدف نزدیک به میانگین محل‌های مرجع است. اگر «وزن» انتخاب شده به ۰ نزدیک باشد، تخمین تصادفات مورد انتظار در محل‌های هدف عمدتاً منعکس‌کننده تصادفات ثبت شده است.

روش استخراج متغیرهای رابطه (۲) توسط هائر (۱۹۹۷) شرح داده شده است. K1، K2، K3، ...، به ترتیب تعداد تصادفات در محل‌های مرجع ۱، ۲، ۳، ...، و خصوصیاتی هستند که برای شباهت آنها در محل‌های هدف تعیین می‌شوند. اگر E(k) فراوانی مورد انتظار تصادفات در محل‌های مرجع و K فراوانی تصادف

1. Regression to Mean
2. Safety Performance Function

واقعی در محل هدف باشد، پس $E(k|K)$ تخمین فراوانی مورد انتظار تصادفات در محل‌های هدف با توجه به تصادفات ثبت شده K در این محل‌ها است. بر این اساس، رابطه (۳) به‌صورت زیر بیان شده است:

$$E(k|K) = \alpha E(k) + (1-\alpha)K \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که $\alpha$ عامل وزن بوده و می‌توان آن را به‌صورت تخمین زد:

$$\alpha = \frac{1}{1+VAR(k)/E(k)} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

که VAR(k) واریانس فراوانی مورد انتظار تصادفات در محل های مرجع است.

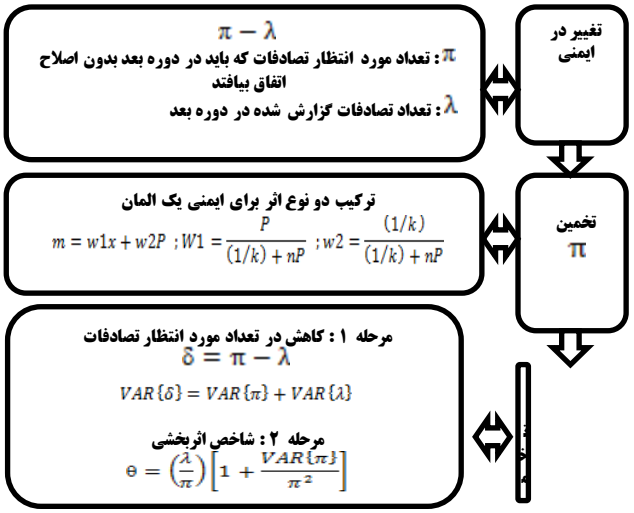
پس از محاسبه تصادفات مورد انتظار دوره‌های قبل و بعد و روند روش بیزتجربی که در حین تحلیل داده‌ها شرح داده خواهد شد، ضریب بهبود تصادف (یا شاخص اثربخشی) $\theta$ و انحراف استاندارد آن (SD) به‌صورت زیر تخمین زده می‌شود4:

$$\theta = \left(\frac{\lambda_{sum}}{\pi_{sum}}\right) \Big/ \left(1 + \frac{var(\pi_{sum})}{\pi_{sum}^2}\right) \quad \text{(رابطه ۵)}$$

$$SD(\theta) = \sqrt{var(\theta)} = \sqrt{\theta^2 \left(\frac{var(\lambda_{sum})}{\lambda_{sum}^2} + \frac{var(\pi_{sum})}{\pi_{sum}^2}\right) \Big/ \left(1 + \frac{var(\pi_{sum})}{\pi_{sum}^2}\right)^2} \quad \text{(رابطه ۶)}$$

سپس درصد تغییر در تصادفات به‌صورت $100 \times (1-\theta)$ محاسبه خواهد شد.

با توجه به توضیحات فوق، شکل (۱) مراحل کلی انجام تحقیق در این پژوهش را که همان روش تخمین CMF با روش بیزتجربی است را به‌صورت گرافیکی نشان می‌دهد.




**شکل ۱.** مراحل کلی روش بیزتجربی

## مطالعه موردی

میدان جهاد اصلی ترین میدان شهر گیلاوند از توابع شهرستان دماوند استان تهران است و ترافیک قابل ملاحظه‌ای را به خود اختصاص داده است و ترافیک را بین چند خیابان اصلی تقسیم می‌کند. طبق اطلاعات اخذ شده از شهرداری دماوند، در گذشته ترافیک و تأخیر در زمان سفر در این میدان زیاد نبوده از این رو میدان جهاد پاسخگوی ترافیک بوده است اما به‌تدریج و با گذشت زمان، میدان جوابگوی ترافیک نبوده لذا اقدام به نصب چراغ در این میدان شده است. این اقدام مشکلاتی را به‌همراه داشته است و تصادفات را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش داده و شورای ترافیک شهر را مجبور به اتخاذ تصمیم تبدیل میدان به تقاطع در اواخر سال ۱۳۹۹ کرده است. شکل (۱) تصویر تقاطع موردمطالعه پس از تبدیل میدان به تقاطع و موقعیت مکانی و جدول (۱) اطلاعات حجم ترافیک و تصادفات این محل که به‌ترتیب از شهرداری و پلیس راهور اخذ شده است را نشان می‌دهند.




الف) موقعیت جغرافیایی میدان جهاد



ب) تصاویری از میدان جهاد

**شکل ۱.** تقاطع جهاد شهرستان دماوند

**جدول ۱.** داده‌های حجم ترافیک شاخه‌های تقاطع جهاد

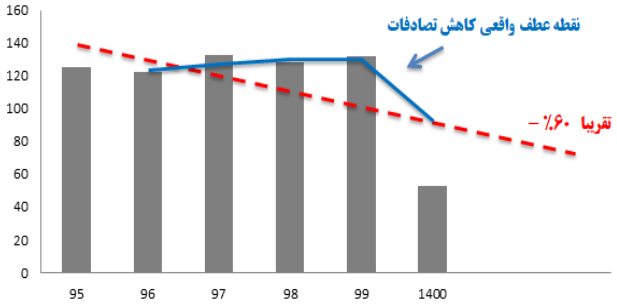
| سال | AADT شاخه اصلی | AADT شاخه فرعی | فراوانی تصادف |
|---|---|---|---|
| ۱۳۹۵ | ۳۷۹۰۰ | ۱۸۹۰۰ | ۱۲۵ |
| ۱۳۹۶ | ۳۸۷۰۰ | ۱۹۱۰۰ | ۱۲۲ |
| ۱۳۹۷ | ۴۰۱۰۰ | ۱۹۵۰۰ | ۱۳۳ |
| ۱۳۹۸ | ۴۰۰۶۰ | ۱۹۳۰۰ | ۱۲۸ |
| ۱۳۹۹ | ۴۰۱۸۰ | ۱۹۷۰۰ | ۱۳۲ |
| دی ماه سال ۱۳۹۹ : تبدیل میدان موجود به تقاطع چراغدار | | | |
| ۱۴۰۰ | ۴۰۲۰۰ | ۱۹۷۵۰ | ۵۳ |

## تحلیل داده‌ها و نتایج

**بررسی روند:** بررسی روند کلی داده‌های تصادف طی دوره‌های زمانی قبل و بعد را می‌توان یک بررسی غیررسمی از مطالعه قبل و بعد دانست. علت به‌کاربردن لفظ «غیررسمی» این است که با گذشت

زمان، عوامل مختلفی می‌تواند در بروز تصادفات تأثیر داشته باشد و لذا تغییرات آماری داده‌های تصادف با در نظرگیری عامل زمان به‌تنهایی اگرچه می‌تواند مفید باشد اما نمی‌توان به آن استناد نمود. با این حال بررسی آن می‌تواند مفید باشد زیرا می‌تواند تغییرات قبل و بعد تصادفات مشاهده را مشخص کند. در شکل (۳) تغییرات روند تصادفات طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ ارائه شده است. اگرچه روند تصادفات حاکی از کاهش چشمگیر فراوانی تصادفات پس از تبدیل میدان به تقاطع چراغدار (اقدام مورد مطالعه تحقیق) است، با این حال ازآنجایی‌که تأثیر متغیرهای بسیار مهم مانند حجم ترافیک را لحاظ نمی‌کند، به‌عنوان نتیجه‌ای قابل اطمینان در نظر گرفته نمی‌شود. درنتیجه نمودار روند داده‌های تصادف طی سال‌های ۹۵ تا ۱۴۰۰ را می‌توان صرفاً به‌عنوان نتیجه‌ای کیفی از تأثیر تبدیل میدان به تقاطع چراغدار طی دوره‌های زمانی قبل و بعد از انجام آن در نظر گرفت.

همان‌گونه که می‌توان در شکل (۳) مشاهده نمود، روند تصادفات رخ داده در میدان جهادآباد (مطالعه موردی) از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۳۹۹ تقریبا روند ثابتی را دنبال نموده است، با این حال به یک‌باره در سال ۱۳۹۵ کاهش قابل‌توجهی (حدود ۶۰ درصد) را در تصادفات تجربه نموده است. اگرچه این کاهش ۶۰ درصدی (خط چین قرمزرنگ) یک روند کلی از کاهش تصادفات است، اما نقطه‌عطف واقعی تصادفات را می‌توان در انتهای سال ۹۹ و طی سال ۱۴۰۰ (جایی‌که با فلش نشان داده شده است) مشاهده نمود و در واقع کاهش ۶۰ درصدی تصادفات مربوط به این برهه زمانی است.




**شکل ۳.** روند کلی داده‌های تصادف میدان/ تقاطع جهاد شهرستان دماوند طی سال‌های ۹۵ تا ۱۴۰۰

## تحلیل EB

امروزه در دنیا و در ادبیات ایمنی، پرکاربردترین روش در اثرسنجی ایمنی اقدامات ایمن‌سازی در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، روش EB است. این روش به‌صورت دقیق در کتاب راهنمای ایمنی راه شرح داده شده است. در روش EB تصادفات مشاهده شده با تصادفات پیش‌بینی شده دوره بعد درصورت اجرانشدن اقدام ایمن‌سازی مقایسه می‌شود. همچنین مهم‌ترین مزیت روش EB ازبین‌بردن مشکلات رگرسیون به میانگین (که دقت اثرسنجی ایمنی را کاهش می‌دهد) است، علاوه‌بر این لحاظکردن تفاوت حجم‌های ترافیک در محاسبات مزیتی است که روش EB را برای تخمین تمام سری‌های زمانی توانمند می‌سازد. تمام نقاطقوت اشاره شده فوق سبب شده است که در این تحقیق برای عددی‌کردن تأثیر ایمنی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار در میدان جهاد شهرستان دماوند از روش EB استفاده شود. در ادامه مراحل تخمین عددی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار در روش بیز تجربی به‌صورت مرحله به مرحله شرح داده خواهد شد.

مرحله اول: محاسبه فراوانی تصادفات پیش‌بینی شده دوره قبل شروع تحلیل داده‌ها در روش EB، پیش‌بینی فراوانی تصادفات دوره‌های قبل و بعد با استفاده از AADT و مدل پیش‌بینی مناسب و کاربردی در المان مورد مطالعه می‌باشد. این مدل پیش‌بینی را هم می‌توان برای شرایط محلی توسعه داد و هم می‌توان از یک مدل پیش‌بینی قوی و قابل اطمینان که در مراجع معتبر دنیا موجود می‌باشد استفاده نمود. پس از انتشار کتاب راهنمای ایمنی راه اکثر محققان از مدل‌های این مرجع استفاده کرده اند، لذا می‌توان از کاربردی‌بودن مدل‌های موجود در این راهنما مطمئن بود. ازآنجاکه تقاطع مورد مطالعه در این تحقیق از نوع درون‌شهری است، درنتیجه برای تحقیق حاضر نیز از مدل پیش‌بینی فراوانی تصادفات برای تقاطع‌های شهری منتشر شده در کتاب راهنمای ایمنی راه استفاده می‌شود. مدل مذکور در رابطه (۷) ارائه شده است. همچنین نتایج حاصل از رابطه (۷) در جدول (۳) نشان داده شده است.

$$N_{bimv} = \exp(a + b \times \ln(AADT_{maj}) + C \times \ln(AADT_{min})) \quad \text{(رابطه ۷)}$$

که:

$N_{bimv}$: متوسط فراوانی تصادف پیش‌بینی شده برخوردهای چندوسیله نقلیه برای تقاطع؛

$AADT_{maj}$: مجموع متوسط حجم‌های ترافیک روزانه برای شاخه اصلی تقاطع (ترکیب هر دو جهت سفر)؛

$AADT_{min}$: مجموع متوسط حجم‌های ترافیک روزانه برای شاخه فرعی تقاطع (ترکیب هر دو جهت سفر)؛

a, b, c = ضرایب رگرسیون مدل هستند (ضرایب رگرسیون رابطه (۷) یعنی a، b و c مطابق جدول (۲) تعیین می‌گردد).

**جدول ۲.** ضرایب رگرسیون مربوط به رابطه (۷)

| | a | b | c | پارامتر بیش پراکنده |
|---|---|---|---|---|
| 4ST | -8.90 | 0.82 | 0.25 | 0.40 |
| 4SG | -10.99 | 1.07 | 0.23 | 0.39 |

4ST: تقاطع چهارشاخه با کنترل توقف در راه فرعی، 4SG: تقاطع چهارشاخه چراغدار

با توجه به مفروضات تحقیق، برای پیش‌بینی فراوانی تصادفات سال‌های قبل از تبدیل میدان به تقاطع از ضرایب رگرسیون مربوط به ردیف 4ST و برای سال بعد از تبدیل میدان به تقاطع از ضرایب مربوط به ردیف 4SG استفاده می‌شود.

**جدول ۳.** تصادفات پیش‌بینی شده سالیانه برای دوره‌های قبل و بعد در تقاطع جهاد

| دوره | سال | تصادفات پیش‌بینی شده | کل دوره |
|---|---|---|---|
| قبل | ۱۳۹۵ | ۸/۹۶ | ۴۶/۳۷ |
| | ۱۳۹۶ | ۹/۰۵ | |
| | ۱۳۹۷ | ۹/۳۳ | |
| | ۱۳۹۸ | ۹/۴۲ | |
| | ۱۳۹۹ | ۹/۶۱ | |
| بعد | ۱۴۰۰ | ۱۳/۷۶ | ۱۳/۷۶ |

مرحله دوم: محاسبه فراوانی تصادفات موردانتظار دوره قبل

مرحله دوم تحلیل داده‌های تصادف با روش بیزتجربی، محاسبه فراوانی تصادفات موردانتظار برای کل دوره قبل از تبدیل میدان به تقاطع جهاد است. این مهم با استفاده از رابطه (۸) حاصل می‌شود:

$$N_{expected,B} = w_{i,B}N_{predicted} + (1 - w_{i,B})N_{observed,B}$$ (رابطه ۸)

که $w_{i,B}$ (عامل وزن) مطابق رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$w_{i,B} = \frac{1}{1 + k\sum_{\text{دوره قبل}} N_{predicted}}$$ (رابطه ۹)

که:

$N_{expected,B}$: فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره قبل،

$N_{observed,B}$: فراوانی تصادفات مشاهده‌شده دوره قبل،

$N_{predicted}$: فراوانی تصادفات پیش‌بینی شده حاصل از مرحله اول است.

$k$: پارامتر بیش پراکندگی برای تقاطع چهارشاخه است که براساس مقدار ارائه شده در جدول (۲) برابر $0.40$ است.

با اعمال مقدار پارامتر بیش پراکندگی و همچنین متغیرهای موردنیاز (که در مرحله اول محاسبه شده است) در رابطه (۹)، مقدار پارامتر وزن برای اعمال در رابطه (۸)، ۰/۰۵ محاسبه گردید. با به‌کارگیری رابطه (۸) و محاسبه فراوانی تصادفات موردانتظار سالیانه دوره قبل، نتایج حاصل از محاسبات این مرحله در جدول (۴) ارائه شده است.

**جدول ٤.** فراوانی تصادفات موردانتظار سالیانه دوره قبل از تبدیل میدان به تقاطع جهاد

| سال | تصادفات موردانتظار |
|---|---|
| ۱۳۹۵ | ۱۱۹/۱۹۸ |
| ۱۳۹۶ | ۱۱۶/۳۵ |
| ۱۳۹۷ | ۱۲۶/۸۲ |
| ۱۳۹۸ | ۱۲۲/۰۷ |
| ۱۳۹۹ | ۱۲۵/۸۸ |

تا این مرحله از محاسبات، مقادیر تصادفات مشاهده شده، پیش‌بینی شده و موردانتظار هر سال از دوره قبل مشخص شده است. برای مقایسه این سه مورد و همچنین مقادیر تفکیک شده در دسترس برای ادامه فرایند تحلیل، جدول (۴-۸) این سه مورد را برای دوره قبل از تبدیل میدان به تقاطع ارائه می‌دهد.

مرحله سوم: محاسبه فراوانی تصادفات مورد انتظار در دوره بعد درصورت عدم تبدیل میدان به تقاطع جهاد

در مرحله سوم نیاز به استفاده از فراوانی تصادفات پیش‌بینی شده دوره بعد می‌باشد که در مرحله اول محاسبه شده است. این مقدار فراوانی تصادفات برابر ۱۳/۷۶ است. برای لحاظ‌کردن و درنظرگرفتن تفاوت‌های زمانی و حجم ترافیک دوره‌های قبل و بعد از عامل تنظیم استفاده می‌گردد. برای محاسبه عامل تنظیم، رابطه (۱۰) به‌کار برده می‌شود.

$$r_i = \frac{\sum_{\text{دوره بعد}} \text{تصادفات پیشبینی شده هر سال دوره بعد}}{\sum_{\text{دوره قبل}} \text{تصادفات پیشبینی شده هر سال دوره قبل}} = \frac{46.37}{13.76} = 3.37$$ (رابطه ۱۰)

سپس با استفاده از رابطه (۱۱) مجموع تصادفات موردانتظار دوره بعد محاسبه می‌گردد.

$$E_{i,A} = E_{i,B} \times r_i$$ (رابطه ۱۱)

که:

$E_{i,A}$= مجموع فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره بعد،

$E_{i,B}$= مجموع فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره قبل است.

درنتیجه متوسط کل فراوانی تصادف موردانتظار دوره بعد اگر اقدام ایمن‌سازی (تبدیل میدان به تقاطع چراغدار) اجرا نمی‌شد به‌صورت $E_{i,A} = 610.318 \times 3.37$ و برابر ۲۰۵۶ تصادف می‌شد.

**مرحله چهارم:** تخمین اثربخشی بهبود ایمنی

در این مرحله، اثربخشی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار به‌صورت

نسبت شانس (CMF) براساس رابطه (۱۲) تخمین زده می‌شود.

$$CMF = \frac{K_{i,A}}{E_{i,A}} \quad \text{(رابطه ۱۲)}$$

$K_{i,A}$: فراوانی تصادفات مشاهده شده کل دوره بعد و

$E_{i,A}$: فراوانی تصادفات مورد انتظار کل دوره بعد (اگر اقدام ایمن‌سازی اجرا نمی شد) است.

که پس از اعمال مقادیر مربوطه در رابطه (۱۲)، مقدار $CMF = 0.026$ به‌دست آمد. درنهایت برای اثرسنجی ایمنی تبدیل میدان جهاد به تقاطع چراغدار، رابطه (۱۳) به‌کار گرفته می‌شود. در رابطه (۱۳) تخمین مثبت ضریب کاهش تصادف[1] (CRF) نشان‌دهنده کاهش در فراوانی تصادفات و تخمین منفی، نشان دهنده افزایش در فراوانی تصادفات است.

$$CRF = 100 \times (1 - \text{CMF}) \quad \text{(رابطه ۱۳)}$$

با جایگذاری مقدار ۰/۰۲۶ در رابطه (۱۳)، مقدار $\boldsymbol{CRF = 97\%}$ به دست آمد که نشان‌دهنده کاهش ۹۷ درصدی در فراوانی تصادفات تقاطع جهاد پس از تبدیل میدان به تقاطع چراغدار است.

طبق گفته راهنمای ایمنی راه نسبت شانس محاسبه شده در مرحله چهارم یعنی ۰/۰۲۶ دارای ضعف بالقوه جهت‌دار بودن است، درنتیجه برای دستیابی به تخمینی بدون جهت برای اثربخشی ایمنی، باید از نسبت شانس تنظیم‌شده ($CMF'$) استفاده نمود که با به‌کارگیری رابطه (۱۴) محاسبه می‌گردد.

$$CMF' = \frac{CMF}{1+\frac{Var(E_A)}{(E_A)^2}} \quad \text{(رابطه ۱۴)}$$

که:

$$Var(E_A) = [(r_i)^2 \times E_{i,B} \times (1 - w_{i,B})] \quad \text{(رابطه ۱۵)}$$

که $w_{i,B}$ و $r_i$ قبلا تعریف شده‌اند.

درنهایت، اثربخشی ایمنی بدون جهت که به‌صورت درصد تغییر فراوانی تصادفات ($CRF$) به‌دست می‌آید با استفاده از رابطه (۱۶) محاسبه می‌گردد.

$$CRF = 100 \times (1 - CMF') \quad \text{(رابطه ۱۶)}$$

با انجام محاسبات فوق، میزان $\boldsymbol{CRF = 96\%}$ به‌دست آمد یعنی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار در نمونه موردی مطالعه (تقاطع جهاد شهرستان دماوند) می‌تواند فراوانی تصادفات را به میزان ۹۶ درصد کاهش دهد. دلیل اصلی این کاهش چشمگیر می‌تواند ساماندهی تردد وسایل نقلیه ورودی به تقاطع و خروجی از آن باشد که با نصب چراغ راهنما میزان تداخل وسایل نقلیه به حداقل ممکن رسیده است. با این حال، این نتیجه با نتیجه کلی تنها مطالعه مشابه [16] که افزایش تصادفات را نشان داده، متفاوت است.

## نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به‌منظور تخمین تأثیر عددی تبدیل میدان به تقاطع چراغدار انجام شد. نتیجه این تحقیق می‌تواند به مسئولین ایمنی راه در تصمیم‌گیری برای اجرا یا عدم اجرای این اقدام ایمن‌سازی کمک نمایند. بدین‌منظور تقاطع جهاد در شهرستان دماوند از توابع استان تهران انتخاب شد. این تقاطع قبلاً به شکل میدان بوده است که در دی ماه سال ۱۳۹۹ تبدیل به تقاطع چراغدار شده است. برای تحلیل ایمنی این اقدام نیاز به داده‌های تصادفات و حجم ترافیک در رویکردهای اصلی و فرعی تقاطع بود که داده های تصادفات از پلیس راهور شهریتان و داده‌های حجم ترافیک از شهرداری شهرستان اخذ گردید. داده‌های تصادف و حجم ترافیک جمع‌آوری شده مربوط به دوره زمانی ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۴۰۰ است. در این رابطه دوره زمانی ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۳۹۹ به‌عنوان دوره قبل از تبدیل و سال ۱۴۰۰ به‌عنوان دوره بعد از تبدیل میدان به تقاطع چراغدار در نظر گرفته شد. ابتدا یک تحلیل ساده روند از تصادفات مشاهده شده انجام گرفت. نتایج تحلیل روند نشان داد که داده‌های تصادف حدود ۶۰ درصد برای دوره بعد کاهش یافته است. سپس داده‌ها با استفاده از روش بیزتجربی مورد تحلیل قرار گرفت که با اعمال مراحل مختلف این روش، مشخص شد که تحلیل بیز تجربی که تبدیل میدان به تقاطع چراغدار می‌تواند ۹۶ درصد تصادفات را کاهش دهد. دلیل اصلی این کاهش چشمگیر می‌تواند ساماندهی تردد وسایل نقلیه ورودی به تقاطع و خروجی از آن باشد که با نصب چراغ راهنما میزان تداخل وسایل نقلیه به حداقل ممکن رسیده است. با این حال با توجه به تعداد سال‌های اندک برای مطالعه (به‌خصوص دوره بعد که تنها یک سال بوده است) نتیجه به‌دست آمده نیازمند تحلیل‌های بیشتری از داده‌های تصادفات در آینده است. لذا پیشنهاد می‌شود که نمونه‌های موردی بیشتری درصورت وجود و یا همین مورد با جمع‌آوری داده‌های تعداد سال‌های بیشتری از دوره قبل و بعد مورد تحلیل قرار گیرد.

## پی‌نوشت

این پژوهش مستخرج از پایان نامه آقای امیر داوودآبادی است که در دانشگاه پیام نور مرکز تهران شمال فارغ‌التحصیل شده است. آمار تصادفات دوره بعد از اجرای اقدام ایمن‌سازی در زمان انجام پایان نامه تنها برای یک‌سال موجود بوده است که یکی از محدودیت‌های نتیجه این پژوهش است.

1. Crash Reduction Factor

## References


[1] Garber NJ, Hoel LA. Traffic and Highway Engineering. Enhanced 5th ed. SI ed; 2020.

[2] Koohi M, Shahbani Sh. Modeling Accident Frequency at T-intersections in Urban Areas. J Roads. 2020;28(103):37-50. (in Persian)

[3] Aghabig K, Ahmadpour T. A Review of Safety Measures to Reduce Accidents at Unsignalized Intersections. Sci-Dev J Roads. 2016;24(86):11-30. (in Persian)

[4] Kuciemba SJR, Cirillo JA. Safety Effectiveness of Highway Design Features, Volume V: Intersections. Federal Highway Administration; 1992. Report No. FHWA-RD-91-048.

[5] Schattler KL, Hanson T, Maillacheruvu K. Effectiveness Evaluation of a Modified Right-Turn Lane Design at Intersections. Illinois Center for Transportation; 2016. FHWA-ICT-16-012.

[6] Koohi M, Shahbani Sh. Assessment of the Impact of Roundabout Safety on Reducing Intersection Accidents. Transp Res J. 2022;19(1):1-12. (in Persian)

[7] Elvik R. Road Safety Effects of Roundabouts: A Meta-analysis. Accid Anal Prev. 2017;99(A):364-371.

[8] National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Roundabouts: An Informational Guide. Transportation Research Board; 2011. NCHRP Report 672.

[9] Jensen SU. Safe Roundabouts for Cyclists. Accid Anal Prev. 2016;105:30-37.

[10] Souliman B. Effect of Roundabouts on Accident Rate and Severity in Arizona [Master's thesis]. Arizona State University; 2016.

[11] Khabiri MM, Elahizadeh M, Diah MDJ. Statistical Analysis of Two-lane Roundabout Data For Traffic Control Decision-Making in an Urban Area. Int J Transp Eng. 2016;4(1):27-39.

[12] Leuer D. A Study of the Traffic Safety at Roundabouts in Minnesota. Office of Traffic, Safety, and Technology, Minnesota Department of Transportation; 2017.

[13] Tulu GS, Haque MdM, Washington S, King MJ. Investigating pedestrian injury crashes on modern roundabouts in Addis Ababa, Ethiopia. Transp Res Rec. 2015;2512:1-10.

[14] Vujanic M, Antic B, Pesic D, Savicevic M. Safety Effectiveness of Converting Conventional Intersections to Roundabouts: Case Study in the City of Niš. Traffic Transp. 2016;28(6):529-537.

[15] Zhao S, Khattak AJ, Thompson EC. Safety and Economic Assessment of Converting Two-Way Stop-Controlled Intersections to Roundabouts on High Speed Rural Highways. JTRF. 2015;54(1):131-144.

[16] Rodegerdts L. Safety Findings. Transportation Research Board; 2007. NCHRP Report 572: Roundabouts in the United States.

[17] Mazari M, Ali Zayerzadeh A, Khandandel H. Converting a Roundabout to an Intersection and Its Effects on Crash Rates: Case Study in Mashad City of Iran. Transport Research Arena Europe; 2008; Ljubljana.

[18] Hauer E. Observational Before-After Studies in Road Safety. Pergamon Publication; 1997.

[19] Persaud B, Lyon C. Empirical Bayes before-after safety studies: Lessons learned from two decades of experience and future directions. Accid Anal Prev. 2007;39(3):546-555.

[20] Persaud B, Retting R, Garder P, Lord D. Safety effect of roundabout conversions in the United States: Empirical bayes observational before-after study. Transp Res Rec. 2001;1751(1):1-8.

[21] Kolody K, Perez-Bravo D, Zhao J, Neuman TR. Highway Safety Manual User Guide. FHWA/AASHTO; 2014.

Applied Research in Infrastructure Engineering Open Access

Spring & Summer (2026) 25-34

ORIGINAL ARTICLE

# Safety Evaluation of Converting Roundabout to Signalized Intersection

**Shahin Shabani[1*], Mohammad Koohi[2], Amir Davoodabadi[3]**

1. Department of Civil engineering, payame noor University, Tehran, Iran.
2. Department of Civil engineering, Payame noor university, Tehran, Iran.
3. Department of Civil engineering, payame noor University, Tehran, Iran.

**Correspondence:**
Shahin Shabani
Email: shabani@pnu.ac.ir

**Received:** 15 Apr 2025
**Accepted:** 13 Jan 2026

**How to cite:**
Shabani, SH., Koohi, M. & Davoodabadi, A.. (2026). Safety Evaluation of Converting Roundabout to Signalized Intersection. *Applied Research in Infrastructure Engineering*, 1(1), 25-34. (DOI:)

## ABSTRACT

Countermeasures refer to a set of strategies implemented by road safety officials to reduce crashes within the road network. One area that continuously raises safety concerns for city safety officials is intersections. However, the common solutions for enhancing the safety of intersections usually involve converting uncontrolled intersections into signalized ones or transforming them into roundabouts. According to road safety knowledge, converting an intersection into a roundabout is considered the safest option for intersection improvements. Nonetheless, in specific conditions and at certain intersections, safety officials decide to convert an existing roundabout back into an intersection. Since this measure has not been proven to be a reliable safety improvement, the present research aims to evaluate the safety Impact of converting a roundabout into a traffic signal-controlled intersection. To achieve this objective, the case study selected for this research is the Jahad intersection in the Damavand County of Tehran province, which was transformed from its former roundabout into a signalized intersection in the winter of 2020. For the safety analysis of this action, accident data and traffic volume for the main and side approaches of the intersection were collected. The accident data were obtained from the Traffic Police of Damavand County, while the traffic volume data were sourced from the municipality of Damavand County. The accumulated accident and traffic volume data pertain to the period from the beginning of 2016 to the end of 2021. In this regard, the period from the beginning of 2016 to the end of 2019 Is considered the pre-conversion phase, while the year 2020 is regarded as the post-conversion phase of the roundabout into a signalized intersection.The most common method for evaluating the safety impact of countermeasures is the before-and-after method, with the Empirical Bayes (EB) method considered the most widely used and effective before-and-after approach, as it eliminates the regression to the mean phenomenon from the results and takes traffic volume into account. Additionally, it utilizes predictive safety models to estimate the number and severity of crashes that would occur had the countermeasures not been implemented. For this reason, the Empirical Bayes method is used for data analysis in this research. However, to provide a more thorough analysis of the results and to establish a comparison between the Empirical Bayes method and simple before-and-after evaluation, the data were examined using both trend analysis and Empirical Bayes before-and-after analysis.The results of the trend analysis indicated that accident data showed approximately a 60% reduction during the post-conversion period of the roundabout to a signalized intersection. The Empirical Bayes analysis, which represents the primary finding of this research, revealed that converting a roundabout to a signalized intersection could potentially reduce crashes by 96%.

## KEYWORDS

Safety Effectiveness, roundabout, signalized intersection.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Payame Noor University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.