مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۴۰۰)
دوره‌ی ۱-۳۷، شماره‌ی ۱، ص. ۸۳-۹۲، (پژوهشی)

Original Article

ارائه‌ی مدل مبتنی بر ریسک برای ارزیابی سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه در پروژه‌های مشارکتی دولتی ـ خصوصی حوزه‌ی راه‌سازی

میلاد طاهری (دانشجوی کارشناسی ارشد)
یونس جاوید* (استادیار)
گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی فنی، دانشگاه خوارزمی

در این پژوهش مدلی برای بررسی ریسک سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه در رفع نقاط حادثه‌خیز با استفاده از روش شبیه‌سازی بوت‌استرپ ارائه شده است. کاهش هزینه‌های تصادفات نیازمند اتخاذ یک استراتژی مؤثر است و یکی از راهکارهای مؤثر در این امر، شناسایی و برطرف کردن نقاط حادثه‌خیز است. در همین راستا مدلی بر پایه‌ی رویکرد مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP) برای مشارکت دولت و بخش خصوصی در پروژه‌های ایمن‌سازی نقاط حادثه‌خیز و بررسی ریسک سرمایه‌گذاری ارائه شد. این مدل با محاسبه‌ی ارزش در معرض ریسک نرخ IRR برای شرکت بیمه و بخش دولتی، به تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری و بررسی ریسک آن کمک می‌کند. در پایان، مشخصات و اطلاعات هزینه‌یی یک نقطه‌ی حادثه‌خیز در نظر گرفته شده و نرخ IRR آن برای هر یک از طرف‌ها باتوجه به سطح اطمینان مورد نظر محاسبه شده است.

واژگان کلیدی: مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP)، ریسک، هزینه‌ی تصادفات، ارزش در معرض ریسک (VaR)، شبیه‌سازی بوت‌استرپ.

taheri.milad1@gmail.com
Javid@khu.ac.ir

۱. مقدمه

۱.۱. آمار تصادفات و برآورد خسارات

بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۵ تصادفات جاده‌یی یکی از دلایل اصلی مرگ و میر در سرتاسر جهان بوده است.[۱] همچنین این سازمان طی گزارشی اعلام کرد که تعداد تلفات جاده‌یی با ادامه‌ی رشد افزایشی خود به ۱٫۳ میلیون نفر در سال ۲۰۱۶ رسیده است.[۲] بر اساس گزارش‌ها، هزینه‌ی مرگ و میر و جراحات جدی تصادفات نزدیک به ۱٫۸ تریلیون دلار در هر سال در جهان و به طور میانگین ۳٪ از تولید ناخالص ملی (GDP) [۱] هر کشور تخمین زده شده است.[۱] آمار تصادفات در ایران و هزینه‌های ناشی از آن بسیار تکان‌دهنده است. سازمان بهداشت جهانی مرگ ۲۰٫۵ نفر در هر صد هزار نفر را در ایران بر اثر تصادفات تخمین زده است.[۳] در سال ۱۳۸۳ طی برآوردی مشخص شد که خسارات وارده بر وسایل نقلیه طی شاخص‌های سال ۱۳۸۳ حدود شش هزار میلیارد ریال به اقتصاد ایران خسارت وارد کرده است که این صدمه اقتصادی بیش از ۰٫۵ درصد تولید ناخالص ملی و بیش از کل بودجه‌ی راه‌سازی و راهداری در سال مزبور بوده است.[۴] بنابراین، هزینه‌های سرسام‌آور تصادفات نیازمند یک برنامه‌ریزی بلند مدت و اتخاذ یک راهکار مؤثر برای کاهش تصادفات و هزینه‌های ناشی از آن است. در سال ۲۰۱۷ سازمان بهداشت جهانی یک دستورالعمل برای حمایت از تصمیم‌گیرندگان در حوزه‌ی ایمنی راه و تلاش آن‌ها درکاهش محسوس تلفات ناشی از تصادفات درکشورهاشان تدوین کرده است. این دستورالعمل برای رسیدن به اهداف سند توسعه‌ی پایدار در حوزه‌ی ایمنی راه تدوین شده است. در بخشی از این دستورالعمل، لزوم اتخاذ یک راهکار برای رسیدن به نقطه‌ی مورد نظر در ایمنی راه را به سازمان‌های مسئول در حوزه‌ی ایمنی راه در کشورها توصیه می‌کند.[۵] البته ارائه‌ی یک راهکار به‌تنهایی چاره کار نیست، بلکه باید راهکار به اجرا درآید و بازخورد آن به‌وسیله‌ی تخصیص‌های مالی و منابع انسانی در اجرای فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده مورد بررسی قرار گیرد. هر راهکار موفق در بهبود امنیت راه در وهله‌ی اول به مشخص کردن نقاط سیاه (نقاط حادثه‌خیز یا هات‌اسپات) واقعی در راه‌ها بستگی دارد. در واقع، مشخص شدن محل دقیق تصادفات برای مدیران شبکه‌ی ترافیک بسیار مهم و حیاتی است. مکان‌یابی تصادفات یک گام بنیادی برای آنالیزهای خاص[۶] و به‌عنوان اولین قدم در بهبود ایمنی راه با توجه به منابع محدود است.[۷]

۲.۱. نقاط حادثه‌خیز و اهمیت رفع آن‌ها

با گذشت زمان، تعاریف مختلفی از نقاط حادثه‌خیز یا هات‌اسپات‌ها (نقاط با ریسک بالا) انجام شده است که همواره تلاش شده به تعریف واقعی نقطه‌ی حادثه‌خیز نزدیک

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۹/۴/۱۱، اصلاحیه ۱۳۹۹/۱۱/۸، پذیرش ۱۳۹۹/۱۲/۱۸.
DOI:10.24200/J65.2021.55187.2090

باشد. تعریف نظری نقطه‌ی حادثه‌خیز عبارت است از: هر مکانی که به دلیل عوامل ریسک محلی خود تعداد بیشتری تصادف نسبت به مکان‌های مشابه داشته باشد.[۸] چنگ و واشنگتن[۹] نیز نقاط حادثه‌خیز را این گونه تعریف کرده‌اند: «مکان‌هایی در سیستم حمل و نقل که دارای مشکلاتی هستند که تأثیر این مشکلات با مقایسه‌ی تعداد تصادفات این مکان نسبت به مکان‌های مشابه آشکار خواهد شد.» تصادفات در هر دو مکان امن و ناامن می‌تواند مشاهده شود و خطای منفی (تشخیص نقطه‌ی حادثه‌خیز به‌عنوان نقطه‌ی امن) و خطای مثبت (تشخیص نقطه‌ی امن به‌عنوان نقطه‌ی حادثه‌خیز) می‌تواند در یافتن نقاط حادثه‌خیز رخ دهد.[۱۰] طی این سال‌ها روش‌های بسیاری برای تشخیص نقاط حادثه‌خیز معرفی شده است. الویک[۱۱] در تحقیقی روش‌های مختلف تشخیص نقاط حادثه‌خیز را مورد ارزیابی قرار داد تا دریابد کدام یک را باید برای ارزیابی در نظرگرفت تا کم‌ترین میزان خطای منفی و مثبت در تخصیص بودجه ایمن‌سازی رخ دهد. با این حال، با وجود روش‌های متعدد تشخیص صحیح نقاط حادثه‌خیز، و حتی در صورت تشخیص درست این نقاط، به‌دلیل کمبود منابع، باید این نقاط از نظر اهمیت اولویت‌بندی شوند. اما به‌غیر از اولویت‌بندی، روش دیگری نیز برای کاهش محدودیت‌های منابع مالی وجود دارد و آن مشارکت بخش خصوصی با منافع مشترک در تأمین منابع مالی مورد نیاز است.

۳.۱. رویکرد مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP)[۲]

روش مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP) به‌صورت گسترده برای تحویل زنجیره‌یی از پروژه‌های زیرساختی در دنیا استفاده می‌شود. همچنین این روش ارزش اقتصادی خروجی‌های زیرساختی و امکانات توسعه‌ی کلی زیرساخت‌ها را افزایش داده است.[۱۲] این روش امروزه در ۱۳۰ کشور جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۱۳] رویکرد مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP) بنابه تعریف، رویکردی است که در آن پروژه‌ها با گستره‌ی وسیعی از روابط قراردادی بین نهادهای دولتی و خصوصی، برای ارائه‌ی یک خدمت یا دارایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.[۱۴] امروزه ارتقای کمی و کیفی خدمات به دلیل مشارکت بخش خصوصی با بخش دولتی در پروژه‌های عمرانی و زیرساختی، بخش سلامت، سیستم‌های تأمین آب، خطوط لوله‌کشی و ... به طور محسوسی قابل ملاحظه است. به‌علاوه می‌توان از کمک‌های بخش خصوصی در اجرای مؤثر سیاست‌ها و راهکارهای مورد نظر دولت‌ها استفاده کرد.[۱۵] این پروژه‌ها به لحاظ نیازشان به سرمایه‌گذاری بسیار زیاد، بار مالی سنگینی بر دوش اکثر دولت‌ها (به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه) به شمار می‌آیند. انگیزه‌های دیگری نیز برای بنیان نهادن پروژه‌های PPP وجود دارد، مانند: بهبود کارایی در اجرای پروژه با استفاده از تکنولوژی و مهارت بخش خصوصی،[۱۶] نوآوری در فراهم آوردن خدمات عمومی، کاهش هزینه و زمان تحویل پروژه و اشتراک ریسک با بخش خصوصی.[۱۷] طی سال‌های اخیر انگیزه‌ی بسیاری در میان دولت‌ها و سرمایه‌گذاران برای ابلاغ چگونگی اجرا و یا توصیه به مشارکت دولتی ـ خصوصی وجود داشته است. تعریف اسناد چشم‌انداز در حوزه‌ی رویکرد PPP در هر کشور به شناخت دقیق از نیازها، ظرفیت‌ها، فرهنگ و سنت‌های اداری آن کشور بستگی دارد؛ به عبارت ساده‌تر، هیچ ساختار یکسان تعریف شده‌یی برای طراحی و استفاده از PPP وجود ندارد. درک میزان اثرگذاری رویکرد PPP در حل مشکلات نیازمند ارزیابی میزان مفید بودن آن در دست‌یابی به اهداف و سیاست‌های تعیین شده توسط دولت است. در بسیاری از موارد دولت‌ها در ابتدا از PPP برای جذب سرمایه‌های بخش خصوصی استفاده کرده‌اند؛ اما دولت‌هایی که سوابق بیشتری در رویکرد PPP دارند از این رویکرد برای رسیدن به اهداف سیاست‌های مورد نظر خود استفاده کرده‌اند. با این وجود رسیدن به این اهداف کار راحتی نیست. جایی که دولت‌ها در عملکردهای مورد نیاز برای مدیریت موثر برنامه PPP دارای ضعف هستند یا دچار شکست می‌شوند، اغلب یک واحد PPP برای کمک به اصلاح این خرابی‌ها ایجاد می‌کنند. اهمیت رسیدگی به شکست‌های خاص دولت یکی از دلایلی است که واحدهای PPP به طرح‌های سفارشی نیاز دارند.[۱۶]

۴.۱. مشارکت شرکت‌های بیمه در گسترش ایمنی راه

متخصصان معتقدند که سازوکار ارائه‌ی خدمات به کلی دولتی و یا خصوصی محض غیر قابل اعتماد، ناپایدار، بدون نوآوری و نامطلوب است.[۱۸] با توجه به مطالب گفته شده در رابطه با لزوم برنامه‌ریزی و اقدام برای کاهش اثرات مخرب تصادفات و ارتقای سلامت جامعه، دولت می‌تواند با مشارکت سازمان‌ها و بخش‌هایی که با این پدیده درگیرند و مستقیم یا غیر مستقیم از آن متضرر می‌شوند، به مقابله با این پدیده برود. همکاری شرکت‌های بیمه در ارتقای ایمنی راه امروزه در اکثر کشورهای توسعه‌یافته و حتی کشورهای در حال توسعه امری شناخته شده است. ارتباط کلیدی میان بیمه و ایمنی راه وجود دارد. در این راستا، اتحادیه‌ی بیمه‌ی اروپا[۳] و انجمن ایمنی راه اروپا (ETSC)[۴] به یکدیگر متصل شده‌اند. علاوه بر آن فدراسیون قربانیان جاده‌یی اروپا (FEVR)[۵] نیز دعوت به همکاری شده و از آن‌ها خواستند تا در مستندسازی دیدگاه قربانیان در رابطه با جبران خسارت بیمه اتومبیل کمک کنند. در اسپانیا، شرکت‌های بیمه در کمک به ایمنی راه بسیار فعال بوده‌اند. انجمن بیمه‌ی اسپانیایی، برنامه ایمنی خود را در دوازدهمین کنفرانس بیمه اتومبیل در سال ۱۹۹۶ ارائه داد که دارای شش زمینه‌ی کلیدی در حوزه ایمنی راه است. فدراسیون بیمه‌ی فرانسه نیز یک موافقت‌نامه‌ی مشارکت با دولت امضا کرده است. این قرارداد پنج ساله است و شامل پرداخت داوطلبانه‌ی ۰٫۵ درصد از درآمد حق بیمه می‌شود. در این توافق‌نامه شش گروه هدف از جمله رانندگان تازه‌کار و حرفه‌یی، موتورسواران و افراد مسن شناسایی شده‌اند. انجمن بیمه‌یی در ایالات متحده (سازمان بیمه‌ی ایمنی بزرگراه IIHS)،[۶] استرالیا، سوئد و شرکت‌های خصوصی، مانند فولکسام[۷] و استیت‌فارم،[۸] گسترش ایمنی راه را به‌صورت فعال (حتی در صورتی که سیستم بیمه به‌صورت خصوصی ایجاد شده باشد) دنبال می‌کنند.[۱۹] امروزه نقش کلیدی راه‌ها بر تصادفات رانندگی بر کسی پوشیده نیست. در واقع راه‌ها خود نقش مهمی در ایمنی راه بازی می‌کنند و ویژگی‌های ژئومتریک و طراحی و زیرساخت آن می‌تواند در بهبود ایمنی راه کمک‌رسان باشد.[۲۰] در سرمایه‌گذاری مستقیم شرکت بیمه در حوزه‌ی ایمنی راه، چگونگی انجام مؤثر این سرمایه‌گذاری برای افزایش ایمنی جاده، افزایش بازدهی سرمایه‌گذاری، تخصیص ریسک و تخصیص وظایف از اهمیت ویژه‌یی برخوردار است. یکی از اهداف مهم اجرای پروژه‌های مشارکتی دولتی ـ خصوصی، افزایش کارایی اقتصادی است.[۲۱] بر اساس گزارش اتحادیه‌ی اروپا،[۲۲] کیفیت خدمات دریافتی تحت PPP بهتر از مدل‌های سنتی است، به این دلیل که بخش خصوصی در تحویل خدمات نوآوری ایجاد می‌کند، خدمات یک‌پارچه‌ی بهتری ارائه می‌دهد، مقیاس اقتصادی را بهبود می‌بخشد و قراردادهایی مبتنی بر عملکرد دارد. علاوه بر آن، طراحی و تعمیرات بهبود یافته راه‌ها می‌تواند تصادفات را کاهش داده و باعث تحرک کارآمدتر، راحتی و کاهش هزینه‌های عملیاتی خودرو شود.[۲۳] همچنین مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که طراحی، ساخت و مدیریت بزرگراه‌ها تحت PPP، رابطه‌ی مثبتی با نتایج ایمنی جاده در بزرگراه‌های با استاندارد طراحی بالا دارد و تعداد تصادفات سالیانه و تعداد قربانیان در بزرگراه‌های تحت طرح‌های مشارکتی دولتی ـ خصوصی کم‌تر است.[۲۴] با توجه به مطالب گفته شده در مورد اهمیت رفع نقاط حادثه‌خیز و نقش

این نقاط در تصادفات و تأثیر رویکردهای PPP در افزایش کارایی و ایمنی راه، یک همکاری مشترک میان شرکت‌های بیمه و بخش دولتی در برطرف کردن این نقاط می‌تواند در کاهش مؤثر هزینه‌های تصادفات مفید واقع شود. برای این کار تصمیم‌گیرندگان در شرکت‌های بیمه نیازمند مدلی برای بررسی ریسک سرمایه‌گذاری و چگونگی به اشتراک‌گذاری این ریسک با بخش دولتی و تخمین نرخ بازگشت سرمایه هستند.

۵.۱. مدل مبتنی بر ریسک برای بررسی سرمایه‌گذاری مشترک دولتی ـ خصوصی (PPP)

ریسک می‌تواند به‌عنوان احتمال پیامدهای غیرمنتظره برای ارزش دارایی‌ها و یا نرخ بدهی‌ها تعریف شود و در دو نوع تجاری و غیرتجاری دسته‌بندی می‌شود.[۲۵] روش‌های متفاوتی برای اندازگیری ریسک وجود دارد که انتخاب هر کدام عمدتا به هدف از بررسی بستگی دارد. در این مدل، اندازه‌گیری ریسک می‌تواند با ترکیب اثرات ریسک در حجم ترافیک، نرخ تصادفات، جریان مالی مورد نیاز، فاکتورهای اقتصادی و ... به‌صورت کمی در بیاید. از جمله تکنیک‌های اندازه‌گیری ریسک می‌توان به ریسک احتمال پیشامد،[۹] نوسان،[۱۰] ریسک بازگشت سرمایه[۱۱] و ارزش در معرض ریسک[۱۲] اشاره کرد. همچنین برخی از روش‌های دیگر مانند آنالیز حساسیت[۱۳] و آنالیز احتمالی[۱۴] تغییرات خروجی‌های اقتصادی را با توجه به تغییرات فاکتورهای ریسک (مانند ترافیک، عوارض، هزینه و ...) مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهند.[۲۶] ریسک می‌تواند به روش‌های مختلفی به‌صورت کمی دربیاید،[۲۷] روش ارزش در معرض ریسک (VaR) یکی از این روش‌ها است و به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری در این تحقیق استفاده شده است. ارزش در معرض ریسک نشان دهنده بیشینه‌ی ضرر در افق هدف است که با یک سطح اطمینان داده شده تعریف می‌شود.[۲۵] در واقع VaR توزیع پیش‌بینی سود/زیان را در افق هدف توصیف می‌کند. برای مثال، برای سطح اطمینان ۹۵ درصد، VaR نباید از ۵ درصد کل داده‌ها تجاوز کند.[۲۶] در این تحقیق تعداد جان‌باختگان، جراحت‌دیدگان و تصادفات سالیانه به‌عنوان متغیرهای ریسک در نظر گرفته شده است. در واقع نرخ بازگشت سرمایه به هزینه‌هایی که پس از اتمام پروژه صرفه‌جویی می‌شود، بستگی دارد که آن هم متاثر از تعداد تصادفات، جان‌باختگان و جراحت‌دیدگان قبل از اتمام پروژه اصلاح نقطه حادثه‌خیز است؛ زیرا از روش شبیه‌سازی مبتنی بر داده‌های تاریخی برای شبیه‌سازی سناریوهای متفاوت ارزش دارایی در افق هدف استفاده می‌شود. این سناریوها می‌توانند از روش‌های تصادفی (مانند شبیه‌سازی مونت‌کارلو)[۱۵] یا با استفاده از داده‌های قبلی (مانند شبیه‌سازی تاریخی)[۱۶] یا روش‌های سیستماتیک دیگر ساخته شوند. ارزش در معرض ریسک (VaR) دارایی می‌تواند مستقیما از روی توزیع شبیه‌سازی شده ارزش دارایی خوانده شود. به دلیل انعطاف‌پذیری روش شبیه‌سازی، این روش به مراتب قدرتمندترین روش برای محاسبه‌ی ارزش در معرض ریسک است. در این پژوهش از روش شبیه‌سازی بوت‌استرپ[۱۷] برای تخمین IRR[۱۸] استفاده شده است. این روش اعداد تصادفی را از یک توزیع فرضی که از داده‌های واقعی نمونه‌گیری شده، تولید و جایگزین می‌کند.[۲۵] نرخ بازگشت سرمایه تخمین زده شده در افق هدف باید بالاتر از کمینه‌ی نرخ جذب MARR [۱۹] باشد تا سرمایه‌گذاری در این پروژه برای سرمایه‌گذار توجیه‌پذیر باشد (حداقل نرخ جذب یا MARR نرخی است که سرمایه‌گذاری در پروژه‌یی که نرخ بازگشت سرمایه آن کم‌تر از این نرخ باشد، قابل قبول نیست).

۲. مرور ادبیات

یه و تیونگ[۲۸] یک روش جدید (NPV-at-risk) برای ارزیابی تصمیم سرمایه‌گذاری در پروژه‌های زیرساختی به‌وسیله‌ی ترکیب کردن میانگین موزون هزینه‌ی سرمایه (WACC) [۲۰] و روش‌های دوگانه بازگشت در ریسک که با فاصله اطمینان ترکیب شده ارائه دادند. میشرا و همکاران[۲۶] ریسک را به‌عنوان یک ابزار اندازه‌گیری اثربخشی MOE [۲۱] در بررسی پروژه‌های زیرساختی معرفی کردند و با استفاده از شبیه‌سازی بوت‌استرپ توزیع متغیر تأثیرگذار ریسک را تخمین زدند و مقدار ارزش در معرض ریسک را محاسبه کردند. بگویی و قوش[۲۹] مدلی برای برآورد ترافیک و درآمد در ریسک برای پروژه‌های راه ارائه دادند. در این مدل حدود بالا و پایین ترافیک یا درآمد در ریسک را می‌توان با استفاده از روش پیشنهادی تعیین کرد. همچنین معادلات رگرسیون برای حدود اطمینان نسبت انحراف استاندارد یا میانگین، برای تعیین درآمد در سطوح متغیر ریسک گسترش یافته‌اند. ایر و صغیر[۳۰] یک مدل مبتنی برکاهش ریسک ترافیک در پروژه‌های BOT بزرگراهی در هند ارائه دادند که در آن تنها یک متغیر (حجم ترافیک) در نظرگرفته شده و NPV [۲۲] محاسبه شده است. عاشوری و همکاران[۳۱] روشی برای برآورد آینده تقاضای ترافیک در پروژه‌های BOT [۲۳] با تضمین دولتی کم‌ترین درآمد ارائه دادند. کوکاتو و چیارا[۳۲] ضمانت‌های درآمد دولتی در پروژه‌های PPP راه‌سازی را مدل کردند. کومار و همکاران[۳۳] ریسک مالی مرتبط با پروژه‌های زیرساختی بزرگراهی را با تعیین پارامترهایی مانند جریان ترافیک و هزینه‌های پروژه بررسی کرده و ریسک را با آنالیز پروژه‌های PPP بزرگراهی واقعی در هند مدل کردند. این کار به‌وسیله‌ی ابزار ارزش خالص کنونی در معرض ریسک[۲۴] انجام شد و از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای محاسبه‌ی توزیع احتمال متغیرهای ورودی استفاده شده است. کاهش همزمان ریسک و هزینه‌ها در تحقیقی توسط جاوید بررسی شده است.[۳۴] پژوهش‌هایی برای محاسبه‌ی هزینه‌ی تصادفات بر اقتصاد ایران نیز انجام شده است. احدی و اردکانی[۳۵] با استفاده از روش سرمایه‌ی انسانی، هزینه‌ی تصادفات ترافیکی جاده‌یی ایران را تخمین زدند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که هزینه‌های تصادفات ترافیک جاده‌یی در ایران طی سال ۲۰۰۹ تقریباً برابر ۱۱۴۴۵۵ میلیارد ریال (معادل ۱۱٫۴۵۸ میلیارد دلار) بوده که این عدد معادل ۱٫۴ درصد تولید ناخالص ملی در آن سال بوده است.

۳. روش تحقیق

اولین قدم در تخمین VaR، تعیین یک مدل مبتنی بر ریسک برای IRR است. برای تخمین IRR لازم است که فاکتورهای هزینه‌یی و درآمدی تخمین زده شوند. بنابراین در مرحله‌ی بعد برای هر یک از متغیرها یک تابع توزیع تعریف می‌شود. حلقه‌ی شبیه‌سازی از $t = ۰$ با تولید اعداد تصادفی به‌وسیله‌ی شبیه‌سازی بوت‌استرپ شروع شده و با تولید و تکرار نمونه‌های تصادفی از داده‌های تاریخی و تکرار به‌وسیله‌ی اعداد تصادفی ادامه می‌یابد. در $t = ۰$، ارزش کنونی هزینه‌ها (PWOC) [۲۵] و ارزش کنونی درآمدها (PWOB) با هم برابرند و IRR نیز به‌عنوان نرخی تعریف شده که در آن POWC برابر با PWOB است. نرخ IRR برای $t = ۰$ محاسبه و ذخیره شده و فرایند شبیه‌سازی برای تخمین IRR برای $t = t + ۱$ ادامه می‌یابد. این حلقه تا جایی تکرار می‌شود که به تعداد دفعات تکرار مد نظر دست یابد. سرانجام VaR برای نرخ IRR سرمایه‌گذاری با توجه به سطح اطمینان مورد نظر در پروژه تخمین زده می‌شود.

۴. فرضیات مدل

فرضیات مدل به شرح زیر است:

۱. در این مدل فرض می‌شود که پس از اتمام پروژه، تصادفات به صفر برسد. در واقع میزان تأثیر جاده در تصادفات ۱۰۰ درصد فرض شده است؛

۲. با توجه به مطالب گفته شده درخصوص اهمیت بالای جاده در ایمنی راه و کاهش تصادفات، همکاری شرکت‌های بیمه فقط در حوزه‌ی ایمنی راه مورد بررسی قرار گرفته است؛

۳. نرخ رشد سالیانه‌ی تصادفات در این مدل صفر در نظر گرفته شده است؛

۴. در این پژوهش تنها هزینه‌ی خسارت پرداختی شرکت بیمه برای بیمه شخص ثالث در نظر گرفته شده است.

۵. مدل ریاضی

در مدل این پژوهش نرخ بازگشت داخلی (IRR) به‌عنوان نرخی که در آن ارزش خالص کنونی سرمایه‌گذاری (NPW) [۲۶] برابر با صفر می‌شود، تعریف شده است. فرم کلی مدل به‌صورت رابطه‌ی ۱ است که در آن هزینه‌های پروژه برابر با درآمدهای پروژه در نظر گرفته شده است:

$$\begin{aligned}&\left(\sum_{n=1}^{m} A_n X_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \\ &\left(\sum_{n=1}^{m} B_n Y_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \\ &\left(\sum_{n=1}^{m} C_n Z_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \\ &\left(\sum_{n=1}^{m} G_n X_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \\ &\left(\sum_{n=1}^{m} N_n Y_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \\ &\left(\sum_{n=1}^{m} M_n Z_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \\ &W \times \left(\tfrac{P}{F}, i, U\right) + \sum_{n=U+1}^{m} H \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right) = \\ &\sum_{n=m+1}^{k} (A_n X_n + B_n Y_n + C_n Z_n) \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right) + \\ &\sum_{n=m+1}^{k} (G_n X_n + N_n Y_n + M_n Z_n) \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\end{aligned} \quad (۱)$$

که در آن:

A_n: میانگین هزینه‌ی تحمیلی یک جان‌باخته به اقتصاد کشور در سال nام؛

B_n: میانگین هزینه‌ی تحمیلی یک جراحت دیده در تصادفات به اقتصاد کشور در سال nام؛

C_n: میانگین خسارت فیزیکی هر تصادف به اقتصاد کشور در سال nام؛

X_n: متغیر تعداد جان‌باخته در سال nام؛

Y_n: متغیر تعداد جراحت دیده در سال nام؛

Z_n: متغیر تعداد تصادف در سال nام؛

G_n: میانگین هزینه‌ی پرداختی شرکت بیمه برای هر جان‌باخته در سال nام؛

N_n: میانگین هزینه‌ی پرداختی شرکت بیمه برای جراحت‌دیده در سال nام؛

M_n: میانگین هزینه‌ی پرداختی شرکت بیمه برای هر تصادف در سال nام؛

n: متغیر سال؛

m:سال اتمام پروژه؛

H: هزینه‌ی سالیانه‌ی مورد نیاز برای پروژه؛

W: هزینه‌ی اولیه‌ی مورد نیاز برای پروژه؛

k: سال افق مورد بررسی؛

U: سال شروع پروژه؛

i: نرخ بازگشت سرمایه‌یی که به‌وسیله‌ی آن مقدار ارزش کنونی هزینه‌ها (PWOC) و ارزش کنونی درآمدها (PWOB) با یکدیگر برابر می‌شود.

۱.۵. ساختار هزینه‌یی و درآمدی مدل

در این مقاله هزینه‌ی خسارت‌های ناشی از تصادفات و درآمدهای حاصل از اجرای پروژه به دو دسته مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شود.

۲.۵. هزینه‌ها و درآمدهای غیرمستقیم تصادفات

مقصود از هزینه‌های (درآمدهای) غیرمستقیم تصادفات هزینه‌هایی (درآمدهایی) است که به اقتصاد کشور وارد می‌شود. این نوع هزینه‌ها/درآمدها در ارزیابی دولت (برای بررسی سرمایه‌گذاری در پروژه) لحاظ می‌شود و در تصمیم‌گیری‌های بخش خصوصی تأثیری ندارد. نرخ بازگشت این نوع هزینه‌ها و درآمدها نرخ بازگشت داخلی اقتصادی (EIRR) [۲۷] نامیده می‌شود.[۳۶]

ساختار هزینه‌یی هزینه‌های غیر مستقیم در رابطه‌ی ۱ به سه بخش تقسیم شده است:

$$\begin{aligned}&\left(\sum_{n=1}^{m} A_n X_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) + \left(\sum_{n=1}^{m} B_n Y_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right) \\ &+ \left(\sum_{n=1}^{m} C_n Z_n \times \left(\tfrac{P}{F}, i, n\right)\right)\end{aligned} \quad (۲)$$

ساختار هزینه‌های غیرمستقیم مدل از رابطه ۲ به دست می‌آید.

پس از اجرای پروژه‌ی ارزش کنونی هزینه‌های غیر مستقیم صرفه‌جویی شده از طریق رابطه‌ی ۳ به دست می‌آید:

$$\sum_{n=m+1}^{k} (A_n X_n + B_n Y_n + C_n Z_n) \times \left(\frac{P}{F}, i, n\right) \quad (۳)$$

برای محاسبه‌ی میانگین هزینه‌ی هر جان‌باخته، جراحت دیده و تصادف خسارتی به اقتصاد کشور در سال ۹۷ از کتاب «هزینه‌های تصادفات ترافیکی ایران»، نوشته‌ی اسماعیل آیتی[۳۷] استفاده شده است. در این کتاب هزینه‌های ترافیکی تصادفات سال ۱۳۷۶ به‌وسیله‌ی ۵ گروه هزینه‌یی محاسبه شده است (جدول ۱).

آمار تصادفات، جراحت‌دیدگان و کشته‌شدگان در سال ۷۶ طبق آمار سازمان راهداری[۳۸] مطابق جدول ۲ است.

جدول ۱. گروه‌های هزینه‌یی محاسبه شده برای تصادفات سال ۷۶.

عناصر هزینه‌یی	هزینه (میلیارد ریال)
هزینه درمان مجروحان	۱۷۹/۲
وقت تلف شده افراد	۴۰/۵
کشته‌شدگان، معلولیت‌ها و غم و غصه	۳۶۰۴/۷
هزینه‌های اداری	۶۰۱/۵
هزینه تجهیزات از بین رفته	۱۷۴۴/۷

جدول ۲. آمار تصادفات، جراحت‌دیدگان و کشته‌شدگان سال ۷۶.

تعداد تصادفات برون‌شهری	تعداد مجروحان تصادفات برون‌شهری	تعداد متوفیان تصادفات برون‌شهری
۵۴۶۷۶	۶۷۷۹۶	۱۳۶۷۶

جدول ۳. تعداد تصادفات، مجروحان و تصادفات سال ۹۷.

تعداد تصادفات برون‌شهری	تعداد مجروحان تصادفات برون‌شهری	تعداد متوفیان تصادفات برون‌شهری
۱۵۱۸۴۰	۳۶۷۴۴۰	۱۷۱۸۳

جدول ۴. مقدار عناصر هزینه‌یی بر اساس آمار تصادفات، مجروحان و کشته‌شدگان سال ۹۷ و ارزش ریال سال ۷۶.

عناصر هزینه‌یی	هزینه (میلیارد ریال)
هزینه درمان مجروحان	۹۷۱٫۲۳
وقت تلف شده افراد	۲۱۹٫۵۰
کشته‌شدگان، معلولیت‌ها و غم و غصه	۴۵۲۹٫۰۷
هزینه‌های اداری	۱۶۷۰٫۴۲
هزینه تجهیزات از بین رفته	۴۸۴۵٫۱۹

برای محاسبه‌ی میانگین هزینه‌های مورد نظر از روش استفاده شده توسط گلچین و فلاحی[۳۹] استفاده شده است. در این روش تغییرات گروه‌های هزینه‌یی «هزینه‌ی درمان مجروحان» و «وقت تلف شده افراد» متناسب با تغییرات تعداد جراحت‌دیدگان سالیانه، «کشته‌شدگان، معلولیت‌ها، غم و غصه» متناسب با تغییرات تعداد جان‌باختگان سالیانه و «هزینه‌های اداری» و «هزینه‌ی تجهیزات از بین رفته» متناسب با تغییرات تعداد تصادفات سالیانه در نظر گرفته شده است. بنابراین برای محاسبه‌ی میانگین سه هزینه‌ی گفته شده در سال ۹۷ ابتدا این گروه‌های هزینه‌یی در نسبت تغییر آمار تعداد تصادفات، تعداد کشته‌شدگان و تعداد جان‌باختگان سال ۷۶ نسبت به سال ۹۷ ضرب شده و سپس در نرخ تورم سال ۷۶ تا ۹۷ ضرب می‌شوند. در مرحله‌ی آخر نیز بر متغیرهای متناسب با هرکدام (تعداد تصادف، تعداد جان‌باخته، یا تعداد جراحت دیده) تقسیم می‌شوند تا مقدار میانگین هزینه‌های مورد نظر هرکدام به دست آید.

آمار تصادفات، جراحت‌دیدگان و کشته‌شدگان در سال ۹۷ طبق آمار سازمان راهداری[۳۸] به‌صورت جدول ۳ است.

با ضرب هرکدام از گروه‌های هزینه‌یی در نسبت تغییر متغیرهای متناسب با هر کدام جدول گروه‌های هزینه‌یی به‌صورت جدول ۴ برای سال ۹۷ بازنویسی می‌شود.

محاسبه‌ی مقدار هرکدام از گروه‌های هزینه‌یی براساس ریال سال نیازمند ضرب این مقدار هزینه در تورم سال‌های ۷۶ تا ۹۷ است. نرخ تورم این سال‌ها در جدول ۵ آورده شده است.

با ضرب هرکدام از گروه‌های هزینه‌یی در نرخ تورم سال‌ها، جدول ۶ حاصل می‌شود.

با جمع گروه‌های هزینه‌یی «هزینه‌ی درمان مجروحان» و «وقت تلف شده افراد» مقدار هزینه‌ی کل جراحت‌دیدگان، مقدار گروه هزینه‌یی «کشته‌شدگان، معلولیت‌ها و غم و غصه» به‌عنوان هزینه‌ی کل جان‌باختگان و مجموع مقدار «گروه هزینه‌یی هزینه‌های اداری» و «هزینه‌ی تجهیزات از بین رفته» به‌عنوان هزینه‌ی کل خسارات فیزیکی تصادفات در سال ۹۷ طبق جدول ۷ در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۵. نرخ تورم سال‌های ۷۶ تا ۹۷ با توجه به آمار بانک مرکزی[۴۰] و مرکز آمار (فقط سال ۹۷)[۴۱].

سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم
۷۶	۱۷٫۳	۸۷	۲۵٫۴
۷۷	۱۸٫۱	۸۸	۱۰٫۸
۷۸	۲۰٫۱	۸۹	۱۲٫۴
۷۹	۱۲٫۶	۹۰	۲۱٫۵
۸۰	۱۱٫۴	۹۱	۳۰٫۵
۸۱	۱۵٫۸	۹۲	۳۴٫۷
۸۲	۱۵٫۶	۹۳	۱۵٫۶
۸۳	۱۵٫۲	۹۴	۱۱٫۹
۸۳	۱۰٫۴	۹۵	۹
۸۵	۱۱٫۹	۹۶	۹٫۶
۸۶	۱۸٫۴	۹۷	۲۶٫۹

جدول ۶. مقدار عناصر هزینه‌یی بر اساس آمار تصادفات، مجروحان و کشته‌شدگان سال ۹۷ و ارزش ریال سال ۹۷.

عناصر هزینه‌یی	هزینه (میلیارد ریال)
هزینه درمان مجروحان	۳۵۴۰۷٫۹۶
وقت تلف شده افراد	۸۰۰۲٫۳۵۷
کشته‌شدگان، معلولیت‌ها و غم و غصه	۱۶۵۱۱۶٫۱
هزینه‌های اداری	۶۰۸۹۸٫۳۶
هزینه تجهیزات از بین رفته	۱۷۶۶۴۰٫۷

جدول ۷. هزینه‌ی کل خسارات فیزیکی، هزینه‌ی کل جراحت‌دیدگان و هزینه‌ی کل جان‌باختگان تصادفات سال ۹۷.

هزینه‌ی کل		
جراحت‌دیدگان تصادفات	جان‌باختگان تصادفات	خسارات فیزیکی تصادفات
۴۳۴۱۰٫۳۱۷	۱۶۵۱۱۶٫۱	۲۳۷۵۳۹٫۰۶

جدول ۸. میانگین هزینه‌ی هر جان‌باخته، هر جراحت دیده و میانگین خسارت فیزیکی هر تصادف به اقتصاد کشور در سال ۹۷.

میانگین هزینه‌ی هر		میانگین خسارت
جان‌باخته (میلیارد ریال)	جراحت دیده (میلیارد ریال)	فیزیکی هر تصادف (میلیارد ریال)
۹٫۶۰۹۲۲۷۴	۰٫۱۱۸۱۴٫۲۶	۱٫۵۶۴۴۰۴

با تقسیم مقدار کل هزینه‌ی جراحت‌دیدگان بر تعداد جراحت دیدگان سال ۹۷، میانگین هزینه‌ی هر جراحت دیده در سال ۹۷ در جدول ۸ به دست می‌آید (و به همین ترتیب برای دو هزینه‌ی دیگر).

برای محاسبه‌ی A_n، B_n و C_n با توجه به سال nام میانگین محاسبه شده‌ی این سه هزینه در سال ۹۷ با میانگین نرخ تورم ۶ سال اخیر (سال ۹۳ تا ۹۷) مطابق جدول ۵ متورم می‌شوند.

۳.۵. هزینه‌ها و درآمدهای مستقیم تصادفات

هزینه‌ها و درآمدهای غیرمستقیم در تصمیم‌گیری بخش خصوصی برای ورود به سرمایه‌گذاری (در این پژوهش، شرکت‌های بیمه) هیچ نقشی ندارد. در حقیقت دو نگاه متفاوت از منظر دولتی و خصوصی در ارزیابی پروژه‌های PPP وجود دارد. هزینه‌های اجتماعی مانند خسارت‌های زیست‌محیطی، آلودگی، صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های سفر و ... مواردی هستند که در بازار منعکس نمی‌شوند و در تصمیم‌گیری‌های بخش خصوصی تأثیری ندارند. نرخ بازگشت این‌گونه هزینه‌ها و درآمدها نرخ بازگشت داخلی اقتصادی (EIRR) [۲۸] نامیده می‌شود. از طرف دیگر نرخ بازگشتی که هزینه‌ها و درآمدهای مستقیم را مد نظر قرار می‌دهد، نرخ بازگشت داخلی مالی (FIRR) [۲۹] نامیده می‌شود. بخش خصوصی از این نرخ برای بررسی سرمایه‌گذاری پروژه استفاده می‌کند.[۳۶]

ساختار هزینه‌یی هزینه‌های مستقیم در رابطه‌ی ۱ به سه بخش تقسیم شده است:

$$\left(\sum_{n=1}^{m} G_n X_n \times \left(\frac{P}{F}, i, n\right)\right) + \left(\sum_{n=1}^{m} N_n Y_n \times \left(\frac{P}{F}, i, n\right)\right) + \left(\sum_{n=1}^{m} M_n Z_n \times \left(\frac{P}{F}, i, n\right)\right) \quad (۴)$$

ساختار هزینه‌های مستقیم تصادفات از رابطه ۴ نشان داده شده است.

پس از اجرای پروژه، ارزش کنونی هزینه‌های مستقیم صرفه‌جویی شده از طریق رابطه‌ی ۵ به دست می‌آید که در معادله‌ی اصلی در طرف راست معادله قرار دارد:

$$\sum_{n=m+1}^{k} (G_n X_n + N_n Y_n + M_n Z_n) \times \left(\frac{P}{F}, i, n\right) \quad (۵)$$

مقدار میانگین هزینه‌ی تحمیلی به شرکت بیمه به‌ازای هر تصادف، هر جراحت دیده و هر جان‌باخته محور حادثه‌خیز مورد بررسی در سال ۹۷ در جدول ۸ به دست آمده است.

۴.۵. هزینه‌ی پروژه‌ی اصلاح نقطه محور حادثه‌خیز

این هزینه شامل هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری سالیانه (به شرط دارا بودن) می‌شود که در رابطه‌ی ۶ چنین آمده است:

$$W \times \left(\frac{P}{F}, i, U\right) + \sum_{n=U+1}^{m} H \times \left(\frac{P}{F}, i, n\right) \quad (۶)$$

۶. بررسی سرمایه‌گذاری در محور حادثه‌خیز دماوند ـ فیروزکوه

۱.۶. اطلاعات سازمان راهداری

با مراجعه به سازمان راهداری، مشخصات محور حادثه‌خیز دماوند ـ فیروزکوه و اطلاعات تصادفات آن استخراج شده است (جدول ۹).

تعداد تصادفات سالیانه این محور نیز طی سال‌های ۹۲ تا ۹۷ در جدول ۱۰ ارائه شده است.

۱.۱.۶. اطلاعات خسارتی شرکت بیمه

با همکاری شرکت بیمه ایران و با بررسی اسناد و اطلاعات سازمانی، اطلاعات پرداخت خسارات در این محور حادثه‌خیز بررسی شد و اطلاعات خسارات پرداختی

جدول ۹. جدول مشخصات محور حادثه‌خیز.

نام استان	نقطه‌ی حادثه‌خیز	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	اقدامات لازم
تهران (شرق)	سرآبسرد	۳۵٫۶۵۶	۵۲٫۱۷	خط‌کشی ـ تهیه و نصب علائم، ایمن‌سازی دماغه‌ها
	جابان	۳۵٫۶۳	۵۲٫۲۵۰۳	خط‌کشی ـ نصب روشنایی
نام پاسگاه پلیس: دماوند				
ابتدای محور دماوند ـ گیلاوند/انتهای محور: فیروزکوه				
اعتبار مورد نیاز ۹۱۰۰ میلیون ریال				
مدت زمان پروژه: ۱ سال				

جدول ۱۰. اطلاعات تصادفات محور دماوند ـ فیروزکوه از سال ۹۲ تا ۹۷.

سال	تعداد		
	تصادفات	جراحت‌دیدگان	جان‌باختگان
۹۷	۱۲۸	۱۸۳	۲۸
۹۶	۱۱۸	۱۷۹	۲۳
۹۵	۱۲۱	۱۶۸	۲۱
۹۴	۱۱۰	۱۳۹	۱۹
۹۳	۱۱۵	۱۳۸	۲۹
۹۲	۱۱۱	۱۳۹	۲۳

جدول ۱۱. مجموع خسارات وارده به شرکت بیمه محور دماوند ـ فیروزکوه در سال ۹۷.

خسارات مالی (میلیون ریال)	خسارات جانی (میلیون ریال)	
مجموع خسارات مالی پرداختی	مجموع دیه و هزینه‌ی درمان پرداختی برای جراحت‌دیدگان	مجموع دیه پرداختی برای جان‌باختگان
۳۴۵۰٫۸۹	۱۵۲۲۰	۱۰۷۸۰

جدول ۱۲. تعداد حواله‌های پرداختی شرکت بیمه برای محور دماوند ـ فیروزکوه در سال ۹۷.

تعداد حواله پرداختی خسارات مالی	تعداد حواله پرداخت خسارت (جانی) برای	
	جراحت‌دیدگان	جان‌باختگان
۱۸	۳۱	۳

شرکت بیمه ایران در سال ۹۷ برای این محور حادثه‌خیز به‌صورت جدول ۱۱ استخراج شده است.

همچنین تعداد حواله‌های پرداختی برای خسارت‌های مالی (غیرجانی) و خسارت‌های جانی برای محور مذکور در جدول ۱۲ آورده شده است.

برای محاسبه‌ی هزینه‌های مستقیم تصادفات برای شرکت بیمه، تعداد حواله‌های

جدول ۱۳. میانگین هزینه‌ی هر جراحت دیده، هر جان‌باخته و تصادف به شرکت بیمه.

میانگین هزینه‌ی هر		میانگین هزینه‌ی فیزیکی
جراحت‌دیده در سال ۹۷ (میلیون ریال)	جان‌باخته در سال ۹۷ (میلیون ریال)	هر تصادف در سال ۹۷ (میلیون ریال)
۴۹۰٫۹۶۷۷۴۲	۲۶۹۵	۱۹۱٫۷۱۶۱۱۱

پرداختی خسارات مالی معادل تعداد تصادفات و تعداد حواله‌های پرداختی برای جراحت‌دیدگان معادل تعداد جراحت‌دیدگان در نظرگرفته شده است. اما برای یافتن تعداد جان‌باختگانی که کل خسارت دیه پرداختی در سال ۹۷ به آن‌ها تعلق گرفته، با توجه به مشخص بودن دیه هر جان‌باخته (در سال ۹۷ برای ماه‌های حرام برابر با ۳۰۸۰ میلیون ریال و در ماه‌های عادی ۲۳۱۰ میلیون ریال و تقسیم این مبلغ بر مجموع خسارت پرداخت شده، می‌توان تعداد کشته‌ها را به دست آورد. با تقسیم عدد ۱۰۷۸۰ میلیون ریال (مجموع خسارت پرداختی بابت دیه جان‌باختگان) بر ۲۳۱۰ میلیون ریال (دیه ماه‌های عادی) عدد ۴٫۶۶ به دست می‌آید که اعشار آن نشان از پرداخت یک یا چند دیه در ماه حرام دارد. با بررسی سناریوهای مختلف داریم: برای سناریو اول فرض می‌شود یک تصادف در ماه حرام و سه تصادف دیگر در ماه غیر حرام صورت گرفته باشد. در این صورت جواب برابر با ۱۰۰۱۰ میلیون ریال می‌شود که از مقدار ۱۰۷۸۰ میلیون ریال کم‌تر است. در سناریو دوم دو تصادف در ماه حرام و دو تصادف در ماه غیر حرام در نظرگرفته می‌شود که جواب دقیقا ۱۰۷۸۰ میلیون ریال به دست می‌آید. بنابراین کل دیه پرداختی به جان باختگان به چهار جان‌باخته تعلق گرفته است.

با توجه به توضیحات ذکر شده می‌توان میانگین خسارت پرداختی برای هر جان‌باخته، هر جراحت دیده و هر تصادف توسط شرکت بیمه را محاسبه کرد. این مقادیر در جدول ۱۳ آورده شده است.

با توجه به این که اطلاعات تعداد تصادفات، تعداد جراحت‌دیدگان و تعداد جان‌باختگان فقط برای سال ۹۷ برای شرکت بیمه استخراج شده است، این آمار نسبت به کل آمار استخراج شده از سازمان راهداری سنجیده شده و نسبت آن برای سال‌های ۹۲ تا ۹۶ هم به همان نسبت محاسبه می‌شود. برای مثال تعداد تصادفات اتفاق افتاده در سال ۹۷ برابر با ۱۲۸ (جدول ۱۰) و برای شرکت بیمه برابر ۱۸ است (جدول ۱۲).

$$\text{نسبت تصادفات در سال ۹۷} = \frac{۱۸}{۱۲۸} = ۰/۱۴ \qquad (۷)$$

بنابراین، تعداد تصادفات برای شرکت بیمه برای سال ۹۶ برابر است با:

$$\text{تعداد تصادفات سال ۹۶} = ۰/۱۴ \times ۱۱۸ = ۱۶/۵۲ \qquad (۸)$$

درصورتی‌که اعشار اعداد به دست آمده بزرگ‌تر از ۰٫۵ باشند، به طرف بالا و در صورتی که کوچک‌تر از ۰٫۵ باشد به طرف پایین گرد می‌شوند. تعداد تصادفات، جراحت‌دیدگان و جان‌باختگان برای سال‌های ۹۲ تا ۹۷ (به‌صورت گرد شده) در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۴. آمار تصادفات، جان‌باختگان و جراحت‌دیدگان به دست آمده برای شرکت بیمه.

سال	تعداد		
	تصادفات	جراحت‌دیدگان	جان‌باختگان
۹۷	۱۸	۳۱	۴
۹۶	۱۷	۳۰	۳
۹۵	۱۷	۲۹	۳
۹۴	۱۵	۲۴	۳
۹۳	۱۶	۲۳	۴
۹۲	۲۶	۲۴	۳

جدول ۱۵. مقدار سرمایه‌گذاری هر یک از دو طرف در هر سناریوی سرمایه‌گذاری.

سناریو	مقدار سرمایه‌گذاری شرکت بیمه (میلیون ریال)	مقدار سرمایه‌گذاری دولت (میلیون ریال)
اول	۹۱۰۰	صفر
دوم	۶۳۷۰	۲۷۳۰
سوم	۲۷۳۰	۶۳۷۰
چهارم	صفر	۹۱۰۰

۲.۶. شبیه‌سازی برای بررسی سناریوهای مختلف سرمایه‌گذاری در ایمن‌سازی محور حادثه‌خیز

این شبیه‌سازی بر اساس داده‌های تاریخی تعداد تصادفات، جراحت‌دیدگان و جان‌باختگان در ۶ سال گذشته نقطه‌ی حادثه‌خیز (جدول‌های ۱۰ و ۱۴) و میانگین نرخ تورم شش سال گذشته (جدول ۵ از سال ۹۳ تا ۹۷) صورت می‌گیرد. چهار سناریوی زیر برای یک افق شش‌ساله شبیه‌سازی شده و نرخ FIRR و EIRR آن برای شرکت بیمه و دولت با سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه می‌شود.

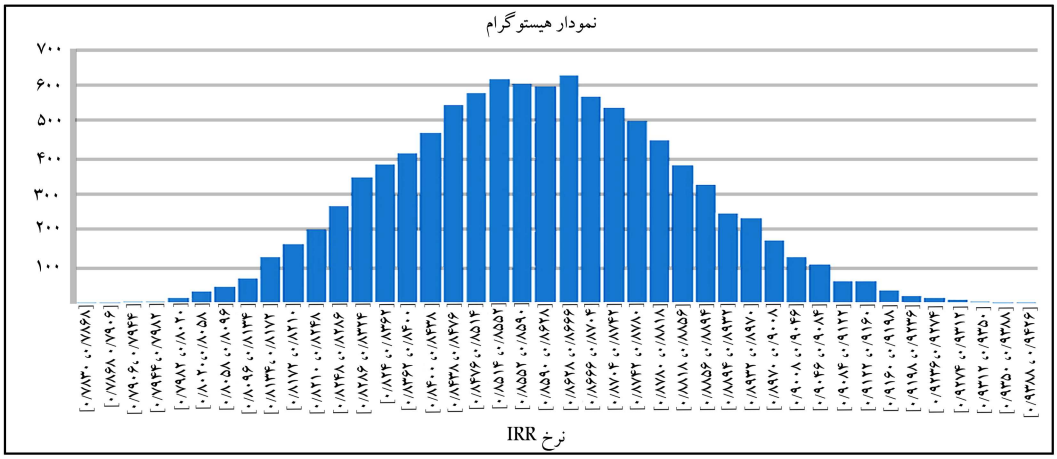
سناریوی اول: شرکت بیمه همین امسال کل هزینه‌ی ایمن‌سازی محور حادثه‌خیز را بپردازد و دولت هیچ هزینه‌یی برای آن پرداخت نکند. در این صورت پروژه از سال صفر شروع شده، در سال اول به اتمام رسیده و از سال دوم به سوددهی می‌رسد.

سناریوی دوم: شرکت بیمه سال آینده ۷۰٪ هزینه‌ی ایمن‌سازی را پرداخت کند و دولت نیز ۳۰٪ هزینه‌ی آن را بر عهده بگیرد. در این صورت پروژه در سال اول شروع، سال دوم به اتمام رسیده و از سال سوم به سوددهی می‌رسد.

سناریوی سوم: شرکت بیمه دو سال آینده ۳۰٪ هزینه‌ی ایمن‌سازی را پرداخت می‌کند و دولت نیز ۷۰٪ آن را بر عهده می‌گیرد. در این صورت پروژه در سال دوم شروع شده، سال سوم به اتمام رسیده و از سال چهارم به سوددهی می‌رسد.

سناریوی چهارم: شرکت بیمه هیچ هزینه‌یی پرداخت نمی‌کند و دولت همه هزینه‌های ایمن‌سازی را می‌پردازد. در این صورت پروژه در سال سوم شروع شده، سال چهارم به اتمام رسیده و از سال پنجم به سوددهی می‌رسد. جدول ۱۵ نشان‌دهنده‌ی مقدار سرمایه‌گذاری در هر سناریو برای هر یک از دو طرف است.

با توجه به این‌که مدت زمان انجام پروژه یک سال است، محاسبات (در سناریوی اول) بدین صورت انجام می‌گیرد که اگر سرمایه‌گذاری در سال صفر انجام شود، پروژه در ابتدای سال اول به اتمام می‌رسد. طی مدت زمان ابتدای سال صفر تا انتهای این سال هنوز پروژه کامل نشده است؛ لذا طی این یک سال هزینه‌ی تصادفات به دو طرف تحمیل می‌شود و در ابتدای سال اول هزینه‌ی تصادفات این یک سال را به‌عنوان جریان مالی منفی در نظرگرفته و از سال دوم تا ششم، پنج سال درآمد حاصل از رفع نقطه‌ی حادثه‌خیز به‌عنوان جریان مالی مثبت در نظرگرفته می‌شود. در هر سناریو، هزینه‌ها و درآمدها به‌وسیله‌ی آمار تصادفات سالیانه که به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند، محاسبه شده و با میانگین نرخ تورم ۶ ساله (سال ۹۳ تا ۹۷) متورم می‌شوند. این روند تا پایان سال افق ادامه می‌یابد. سپس مجموع هزینه‌ها



شکل ۱. نمودار فراوانی برای IRRهای محاسبه شده شبیه‌سازی بوت‌استرپ برای سناریوی اول سرمایه‌گذاری شرکت بیمه.

جدول ۱۶. محاسبه‌ی مقدار FIRR و EIRR به ترتیب برای شرکت بیمه و دولت با سطح اطمینان ۹۵٪.

	شرکت بیمه FIRR	دولت EIRR
سناریوی اول	۸۲٫۱	۱۲۳٫۱
سناریوی دوم	۴۲٫۱	۴۷٫۳
سناریوی سوم	۱۶٫۸	۱۸٫۳
سناریوی چهارم	-۹٫۸	-۹٫۹

برابر با مجموع درآمدها قرار گرفته ($NPW = 0$) و نرخ IRR آن محاسبه و ثبت می‌شود. این کار تا ۱۰۰۰۰ بار تکرار می‌شود تا بتوان با توجه به احتمال تجمعی نرخ بازگشت‌های داخلی محاسبه شده و سطح اطمینان مورد نظر، نرخ VaR را محاسبه کرد. لازم به ذکر است که حداقل نرخ جذب (MARR) برای شرکت بیمه برای توجیه‌پذیر بودن سرمایه‌گذاری در پروژه برابر با ۲۰ درصد در نظرگرفته شده است.

۷. نتیجه‌گیری

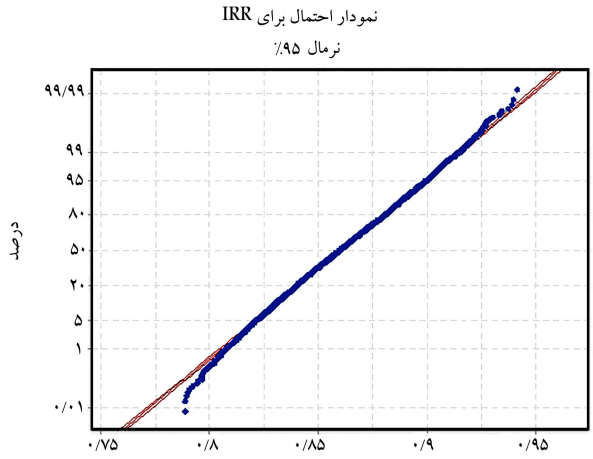
پس از انجام شبیه‌سازی، نمودار هیستوگرام برای فراوانی مقدار نرخ بازگشت‌های داخلی محاسبه شده پس از ۱۰۰۰۰ تکرار برای سناریوی اول به‌صورت شکل ۱ رسم شده است.

چنان که مشاهده می‌شود، نمودار فراوانی نرخ بازگشت‌های داخلی شبیه‌سازی شده شبیه به توزیع نرمال است. اعداد شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار مینی‌تب مورد آزمون قرارگرفته و همانطورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود، این توزیع نرمال است.

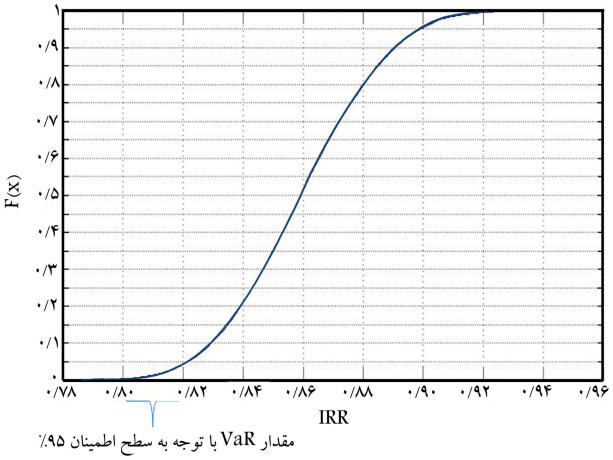
درشکل ۳ احتمال تجمعی نرخ بازگشت‌های داخلی محاسبه شده برای شبیه‌سازی سناریوی اول سرمایه‌گذاری برای شرکت بیمه نشان داده شده است.

چنان که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، مقدار IRR با توجه به سطح اطمینان ۹۵٪ برابر با ۸۲٫۱ درصد است. بدین‌معنا که در صورت سرمایه‌گذاری به‌صورت سناریوی اول، مقدار IRR برای شرکت بیمه به احتمال ۹۵٪ برابر ۸۲٫۱ درصد است. مقدار IRR برای دیگر سناریوهای سرمایه‌گذاری نیز به همین روش محاسبه می‌شود.

در جدول ۱۶ نرخ بازگشت داخلی اقتصادی (EIRR) برای دولت و نرخ



شکل ۲. نمودار تست توزیع نرمال در نرم‌افزار مینی‌تب.



شکل ۳. نمودار توزیع تجمعی احتمال IRRهای محاسبه شده در شبیه‌سازی بوت‌استرپ برای سناریوی اول سرمایه‌گذاری برای شرکت بیمه.

بازگشت داخلی مالی (FIRR) برای شرکت‌های بیمه ثبت شده است. مشاهده می‌شود که با وجود این‌که سرمایه‌گذاری شرکت بیمه در هزینه‌ی پروژه ایمن‌سازی از سناریوی اول تا سناریوی چهارم کاهش یافته، اما هزینه‌ی خسارات پرداختی طی

این چند سالی که پروژه به تأخیر می‌افتد، آنقدر زیاد است که نرخ IRR را به شدت کاهش می‌دهد و حتی در سناریوی چهارم با این که شرکت بیمه هیچ هزینه‌یی برای پروژه ایمن‌سازی پرداخت نمی‌کند و تمام هزینه‌های آن را دولت می‌پردازد، این نرخ منفی می‌شود و این به این معنی است که مجموع درآمدهای حاصل از ایمن‌سازی پروژه تا سال افق مورد بررسی (سال ششم) کفاف هزینه‌های پرداختی شرکت بیمه برای خسارات تصادفات در این سالیان به تأخیر افتاده را نمی‌دهد. بنابراین باتوجه به کمینه‌ی نرخ جذب در نظرگرفته شده برای شرکت بیمه (MARR = ٪۲۰) بهتر است این سرمایه‌گذاری به‌صورت سناریوی اول یا دوم انجام شود.

پانوشت‌ها

1. gross domestic product
2. public-private partnership
3. European insurance commission
4. European transport safety council
5. European federation of road traffic victims
6. insurance institute of highway safety
7. Folksam
8. State Farm
9. probability of occurrence risk
10. volatility
11. risk on return of capital
12. value at risk
13. sensitivity
14. stochastic analysis
15. Mont Carlo simulation
16. historical simulation
17. the bootstrap
18. internal rate of return
19. minimum attractive rate of return
20. (weighted average cost of capital
21. measure of effectiveness
22. net present value
23. build operate transfer
24. NPV at-risk
25. present worth of costs
26. net present worth
27. economic internal rate of return
28. economic internal rate of return
29. financial internal rate of return

منابع (References)

1. Organization, W.H., *Global Status Report on Road Safety 2015*, 2015: World Health Organization.
2. Organization, W.H., *Global Status Report on Road Safety 2018*, 2019: World Health Organization.
3. Roads, W.D.O.T., Extranet.who.int (2019).
4. Ayati, I. and et al. "Estimating the cost of damage to vehicles in road accidents in Iran", *Jornal of Transportaion*, pp.1-13 (In Persian) (2008).
5. Save LIVES - A road safety technical package. Geneva: World Health Organization; License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (2017).
6. Rodrigues, D.S., Ribeiro, P.J.G. and da Silva Nogueira, I.C. "Safety classification using GIS in decision-making process to define priority road interventions", *Journal of Transport Geography*, **43** pp. 101-110 (2015).
7. Ghadi, M. and Török, Á. "Comparison different black spot identification methods", *Transportation Research Procedia*, **27**, pp. 1105-1112 (2017).
8. Elvik, R. "State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks", Transportøkonomisk institutt Oslo (2007).
9. Cheng, W. and Washington, S.P. "Experimental evaluation of hotspot identification methods", *Accident Analysis & Prevention*, **37**(5), pp. 870-881 (2005).
10. Montella, A. "A comparative analysis of hotspot identification methods", *Accident Analysis & Prevention*, **42**(2), pp. 571-581 (2010).
11. Elvik, R. "The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety", *Accident Analysis & Prevention*, **40**(6), pp. 1964-1969 (2008).
12. Zhang, X. "Critical success factors for public-private partnerships in infrastructure development", *Journal of Construction Engineering and Management*, **131**(1), pp. 3-14 (2005).
13. Kang-Soo, K., Min-Woong, J., Mee-Soo, P. and et al., *Public-Private Partnership Systems in the Republic of Korea, the Philippines, and Indonesia*, ADB Economics Working Paper Series, No. 561, Asian Development Bank (ADB), Manila, http://dx.doi.org/10.22617/WPS189594-2 (2018).
14. Tang, L. and et al. "Ranked critical factors in PPP briefings", *Journal of Management In Engineering*, **29**(2) pp. 164-171 (2012).
15. Bouman, S., Friperson, R., Gielen, M., and et al. "Public-Private partnerships in developing countries: A systematic lterature review", *IOB study The Hague: Ministry of Foreign Affairs of the Netherlands*, **378** (2013).
16. Sanghi, A., Sundakov, A. and Hankinson, D. "Designing and using public-private partnership units in infrastructure: lessons from case studies around the world", Gridlines; No. 27. World Bank, Washington, DC., https://openknowledge. worldbank.org/handle/ 10986/ 10644 License: CC BY 3.0 IGO (2007).
17. Hardcastle, C. and et al. "Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry: a factor analysis approach", *Construction Management and Economics*, **23**(5), pp. 459-471 (2005).
18. Miller, J.B. and Evje, R.H. "The practical application of delivery methods to project portfolios", *Construction Management & Economics*, **17**(5), pp. 669-677 (1999).

19. Aeron-Thomas, A. "The role of the motor insurance industry in preventing and compensating road casualties", Scoping Study Final Report (2002).

20. Wang, C., Quddus, M.A. and Ison, S.G. "The effect of traffic and road characteristics on road safety: a review and future research direction", *Safety Science*, **57** pp. 264-275 (2013).

21. Grimsey, D. and Lewis, M.K. "Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects", *International Journal of Project Management*, **20**(2) pp. 107-118 (2002).

22. De la Motte, R. and Hall, D. "The european commission's guide to successful public-private partnerships-a critique", Public Services International Research Unit, University of Greenwich, (May, 2003).

23. Burningham, S. and Stankevich, N. "Why Road Maintenance is Important and How to Get it Done". Transport Notes Series; No. TRN 4. World Bank, Washington, DC. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11779 License: CC BY 3.0 IGO (2005).

24. Albalate, D. and Bel-Piñana, P. " The effects of public private partnerships on road safety outcomes", *Accident Analysis & Prevention*, **128** pp. 53-64 (2019).

25. Jorion, P., "Value at risk: the new benchmark for managing financial risk", 3rd Edition, ISBN0-07-146495-6, *McGraw-Hill* (2007).

26. Mishra, S., Khasnabis, S. and Dhingra, S.L. "A simulation approach for estimating value at risk in transportation infrastructure investment decisions", *Research In Transportation Economics*, **38**(1), pp. 128-138 (2013).

27. Mun, J., *Modeling risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Forecasting, and Optimization Techniques*, **347**, John Wiley & Sons (2006).

28. Ye, S. and Tiong, R.L. "NPV-at-risk method in infrastructure project investment evaluation", *Journal of Construction Engineering and Management*, **126**(3), pp. 227-233 (2000).

29. Bagui, S.K. and Ghosh, A. "Traffic and revenue forecast at risk for a BOT road project", *KSCE Journal of Civil Engineering*, **16**(6), pp. 905-912 (2012).

30. Iyer, K. and Sagheer, M. "A real options based traffic risk mitigation model for build-operate-transfer highway projects in India", *Construction Management and Economics*, **29**(8), pp. 771-779 (2011).

31. Ashuri, B. and et al. "Risk-neutral pricing approach for evaluating BOT highway projects with government minimum revenue guarantee options", *Journal of Construction Engineering and Management*, **138**(4), pp. 545-557 (2011).

32. Kokkaew, N. and Chiara, N. "A modeling government revenue guarantees in privately built transportation projects: a risk-adjusted approach", *Transport*, **28**(2), pp. 186-192 (2013).

33. Kumar, L., Jindal, A., and Velaga, N.R. "Financial risk assessment and modelling of PPP based Indian highway infrastructure projects", *Transport Policy*, **62**, pp. 2-11 (2018).

34. Javid, Y. "A bi-objective mathematical model to determine risk-based inspection program", *Process Safety and Environmental Protection*, **146**, pp. 893-904 (2021).

35. Ahadi, M.R. and Razi-Ardakani, H. "Estimating the cost of road traffic accidents in Iran using human capital method", *International Journal of Transportation Engineering*, **2**(3), pp. 163-178 (2015).

36. ADB., *Glossaries For Economic and Financial Analysis*. Asian Development Bank (http://www.adb.org/Documents/Handbooks/PIA_Eco_Analysis/ glossary_ref.pdf)(ADB). (2000).

37. Ayati, I. "The Cost of traffic accidents in Iran", Mashhad, Ferdowsi University, ISBN 9645782759, (In Persian) (2002).

38. Iran Road Transport organization, *Statistical Yearbook*, Available from: http://rmto.ir/Pages/SalnameAmari.aspx (2018).

39. Golchin, B. and falahi, M. "Investigating the economic costs of road accidents in 2016", *New approaches in Civil Engineering*, **2**(3), pp. 23-31 (In persian) (2018).

40. Central Bank of Iran, "Inflation and Consumer Price Index", Available from: https://www.cbi.ir/Inflation/Inflation_FA.aspx.

41. Statistical Center of Iran. "Inflation and Consumer Price Index", Available from: https://www.amar.org.ir/Portals/0/News/1398/3_gozaresh.pdf.