

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI  
INTERNATIONAL UNIVERSITY

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)  
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران (راه و ترابری)

عنوان

# ارزیابی مقایسه‌ای انواع روش‌های کم‌هزینه و زودبازده ایمن‌سازی راه‌های با ترافیک کم‌حجم

استاد راهنما

دکتر بهنام امینی

دانشجو

صدیقه بابائی

زمستان ۱۳۸۷

صلى الله عليه وسلم

## چکیده

ایمنی راهها یکی از مهمترین ملاحظات طراحی و بهره‌برداری آنهاست. ولی به علت کمبود منابع همواره نیاز به ارزیابی و اولویت‌بندی این اقدامات وجود دارد. ایمن سازی راههای محلی، با توجه به ماهیت آنها (حجم ترافیک کم - طول زیاد) می‌بایست علاوه بر توجیه اقتصادی به روشهای متناسبی صورت گیرد به گونه ای که امکانات موجود تکافوی نیازها را بنماید. در این راستا استفاده از روشهای کم هزینه و زودبازده و انتخاب آنها بر اساس بالاترین میزان سود به هزینه مد نظر است.

هدف از این پایان‌نامه، ارائه یک مدل برای ارزیابی اقتصادی اقدامات ایمنی در یک مکان مشخص و استفاده بهینه از منابع و امکانات موجود، به منظور جلوگیری از وقوع و یا کاهش تعداد و شدت تصادفات راه می‌باشد. در این راستا استفاده از روش بررسی یک محور کم تردد بصورت قطعه‌هایی با طول یکسان در نظر گرفته شد و با توجه به موجود بودن آمار تصادفات در گذشته و فرض تکرار همان رویه، از روش هزینه- فایده برای اولویت بندی استفاده شد و در محاسبه هزینه‌ها، راهکارهای اجرایی و در محاسبه منافع، کاهش تصادف بدست آمده از طریق "روش ارزیابی احتمال خطر" مورد توجه قرار گرفت.

پس از برآورد هزینه‌ها و منافع جهت دستیابی به حالت بهینه از برنامه ریزی خطی استفاده شد. برنامه ریزی خطی با تابع هدف بیشینه کردن سود خالص اقدامات ایمن سازی و محدودیت مدل، شامل محدودیت بودجه سالانه اختصاص داده شده به این امر می‌باشد. یکبار مدل با متغیرهای پیوسته در بازه [۰،۱]، و بار دیگر به صورت مدل عدد صحیح صفر و یک اجرا شد و نتایج نشان داد که مدل خطی پیوسته نتایج بهتری بدست می‌دهد. در پایان اقدامات ایمن سازی بر اساس حالت بهینه اقتصادی و اجرای داده‌ها در مدل، اولویت بندی شدند.

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی اقتصادی- راههای با حجم کم- اقدامات ایمن‌سازی- روش ارزیابی احتمال خطر

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اوّل - کلیات</b>
۱-۱-۱-۱-۱	مقدمه
۳-۱-۲-۱	تعریف مسأله
۴-۱-۳-۱	ضرورت انجام مطالعه
۵-۱-۴-۱	اهداف تحقیق
۶-۱-۵-۱	روش تحقیق
۷-۱-۶-۱	فرضیات تحقیق
۸-۱-۷-۱	ساختار پایان نامه
	<b>فصل دوم - مروری بر مطالعات گذشته</b>
۱۰-۱-۲-۱	مقدمه
۱۰-۲-۲-۲	بررسی تحقیقات صورت گرفته در رابطه با ایمنی راه در خارج از کشور
۱۴-۲-۳-۲	جمع آوری و بررسی مطالعات انجام شده در زمینه ایمنی راههای روستایی در داخل کشور
۱۶-۲-۴-۲	مطالعات و پایان نامه های دانشجویی
۱۷-۲-۵-۲	بررسی شرایط حاکم در حمل و نقل راههای روستایی کشور
۱۷-۲-۵-۱-۱	مقدمه

- ۱۸-۵-۲- عملکرد راه روستایی بعد از انقلاب.....
- ۱۹-۵-۳- وضعیت برخورداری روستاهای کشور از راههای روستایی.....
- ۲۱-۵-۴- طرح‌های ویژه اداره کل راه روستایی وزارت راه و ترابری.....
- ۲۱-۵-۵- اهمیت ملاحظات ایمنی در راههای روستایی.....

### فصل سوم- بررسی تجهیزات و علائم ایمن سازی کم هزینه راههای کم حجم

- ۲۷-۱-۳- مقدمه.....
- ۲۸-۲-۳- استفاده از علائم و تجهیزات معمول.....
- ۲۹-۱-۲-۳- خط‌کشی وسط.....
- ۲۹-۲-۲-۳- خط‌کشی کناره.....
- ۲۹-۳-۲-۳- علائم مربوط به قوس.....
- ۳۰-۴-۲-۳- تابلو سرعت پیشنهادی در قوس.....
- ۳۱-۵-۲-۳- نصب علائم هشدار در قوس.....
- ۳۳-۶-۲-۳- علائم هشدار.....
- ۳۵-۷-۲-۳- پیکان جهت‌نمای بزرگ.....
- ۳۵-۸-۲-۳- علامت شورون قوس.....
- ۳۶-۱-۸-۲-۳- منافع.....
- ۳۶-۲-۸-۲-۳- ملاحظات اجرایی.....
- ۳۷-۹-۲-۳- مسیرنما.....

- ۳۳-۳- استفاده از علائم و تجهیزات معمول ولی به صورت مؤثرتر ..... ۳۸
- ۳۳-۳-۱- چراغ چشمک‌زن ..... ۳۹
- ۳۳-۳-۲- خط‌کشی‌های برجسته ترموپلاستیک ..... ۴۰
- ۳۳-۳-۳- بکارگیری گل‌میخها و علائم برجسته روسازی ..... ۴۰
- ۳۳-۳-۱- منافع ..... ۴۱
- ۳۳-۳-۲- ملاحظات اجرایی ..... ۴۱
- ۳-۴- استفاده از سایر تجهیزات و وسایل کنترل ترافیک ..... ۴۲
- ۳-۴-۱- استفاده از شبرنگها بر روی موانع و حفاظها ..... ۴۲
- ۳-۴-۲- مشخص کردن موانع کنار راه ..... ۴۳
- ۳-۴-۳- سیستمهای دینامیکی هشداردهنده قوسها و مسیر ..... ۴۳
- ۳-۴-۴- علائم افقی محدودیت سرعت ..... ۴۴
- ۳-۵- بهبود محدوده سواره‌رو ..... ۴۴
- ۳-۵-۱- پهن کردن عرض شانه و یا آسفالت نمودن آن ..... ۴۵
- ۳-۵-۲- برطرف کردن افتادگی شانه ..... ۴۶
- ۳-۵-۳- هرس گیاهان و درختان ..... ۴۷
- ۳-۵-۴- بهبود مقاومت لغزشی (اصطکاک بیشتر روسازی) ..... ۴۸
- ۳-۵-۴-۱- منافع ..... ۴۹
- ۳-۵-۴-۲- ملاحظات اجرایی ..... ۴۹
- ۳-۵-۵- پهن کردن کناره راه / منطقه آزاد ..... ۵۰
- ۳-۵-۵-۱- منافع ..... ۵۱

۵۱ ..... ۲-۵-۵-۲- ملاحظات اجرایی

۵۲ ..... ۳-۶- استفاده از تجهیزات ابداعی و تجربی

## فصل چهارم- روشهای ارزیابی اقدامات ایمنی

۵۳ ..... ۴-۱- مقدمه

۵۳ ..... ۴-۲- مراحل برنامه کاهش تصادفات

۵۴ ..... ۴-۳- ارزیابی اقتصادی

۵۵ ..... ۴-۳-۱- هزینه‌های اولیه مهندسی و سرمایه‌ای

۵۵ ..... ۴-۳-۲- هزینه‌های سالانه نگهداری و بهره‌برداری

۵۵ ..... ۴-۳-۳- ارزش اسقاط نهایی

۵۵ ..... ۴-۳-۴- عمر سرویس‌دهی طرح

۵۵ ..... ۴-۳-۵- تخمین تغییر تعداد تصادفات

۵۶ ..... ۴-۳-۶- پیش‌بینی اثرات جانبی

۵۶ ..... ۴-۳-۷- ارزش پولی دسته‌های مختلف تصادفات راه

۵۷ ..... ۴-۳-۷-۱- انواع روشهای محاسبه هزینه تصادفات

۵۷ ..... ۴-۳-۷-۲- چرا محاسبه هزینه تصادفات لازم است؟

۵۸ ..... ۴-۳-۷-۳- داده‌های تصادفات

۵۹ ..... ۴-۳-۸- نرخ تنزیل مورد استفاده در طرح‌ها

۵۹ ..... ۴-۴- انواع ارزیابی اقتصادی و فهرست‌بندی اولویت‌ها

- ۵۹.....۱-۴-۴- نرخ بازده سال اول ( FYRR )
- ۶۰.....۲-۴-۴- ارزش خالص فعلی (NPV)
- ۶۱.....۳-۴-۴- نسبت ارزش خالص فعلی به ارزش فعلی هزینه‌ها (NPV/PVC)
- ۶۱.....۴-۴-۴- نسبت سود به هزینه نهایی (BCR)
- ۶۲.....۵-۴-۴- نرخ داخلی بازگشت (IRR)
- ۶۲.....۵-۴-۵- تعریف راه‌های کم حجم و روش ارزیابی احتمال خطر
- ۶۳.....۱-۵-۴- مشخصه‌های منحصر به فرد راه‌های محلی (کم حجم)
- ۶۳.....۲-۵-۴- اساس معیارهای ایمن‌سازی
- ۶۵.....۳-۵-۴- اساس معیارهای ایمن‌سازی راه‌های کم حجم در روش ارزیابی احتمال خطر
- ۶۶.....۴-۵-۴- روش ارزیابی ریسک (احتمال خطر ایمنی)
- ۶۸.....۵-۵-۴- هدف از کاربرد روش ارزیابی احتمال خطر
- ۶۸.....۶-۵-۴- انعطاف‌پذیری معیارهای ایمن‌سازی

## فصل پنجم- ارائه چارچوب و اجرای مدل ارزیابی اقدامات ایمن‌سازی

- ۷۰.....۱-۵- مقدمه
- ۷۱.....۲-۵- انتخاب تکنیک بهینه‌سازی
- ۷۳.....۳-۵- انتخاب مناسب‌ترین راهکار ایمن‌سازی در چارچوب بودجه موجود
- ۷۴.....۴-۵- نحوه گردآوری داده‌های موردنیاز در مدل
- ۷۴.....۱-۴-۵- تعیین سود خالص برای هر راهکار ایمن‌سازی



- ۷۵-۴-۲-۵- برآورد منافع ایمنی برای هر راهکار اصلاحی ..... ۷۵
- ۷۵-۴-۲-۱- فرمول منفعت ایمنی ..... ۷۵
- ۷۶-۴-۲-۲- ضرایب "درصد کاهش تصادفات" ..... ۷۶
- ۷۶-۴-۲-۳- هزینه تصادفات ..... ۷۶
- ۷۷-۴-۲-۴- تبدیل هزینه ها و منافع آینده به ارزشهای فعلی ..... ۷۷
- ۷۸-۴-۳- برآورد هزینه هر راهکار اصلاحی ..... ۷۸
- ۷۸-۵- نحوه اجرای مدل ..... ۷۸
- ۸۰-۵-۶- اجرای مدل برای یک راه فرضی ..... ۸۰
- ۸۵-۵-۶- کاربرد اول ..... ۸۵
- ۸۸-۵-۷- کاربرد دوم ..... ۸۸
- ۸۸-۵-۷-۱- اجرای مدل برای اقدامات سال اول ..... ۸۸
- ۹۰-۵-۷-۲- اجرای مدل برای اقدامات سال دوم ..... ۹۰
- ۹۲-۵-۷-۳- اجرای مدل برای اقدامات سال سوم ..... ۹۲
- ۹۴-۵-۷-۴- اجرای مدل برای اقدامات سال چهارم ..... ۹۴
- ۹۶-۵-۸- مقایسه اولویت بندی ها به روش مدل (B-C) و نسبت B/C ..... ۹۶
- ۹۸-۵-۹- مقایسه نتایج مدل با متغیرهای پیوسته و گسسته در ترازهای مختلف بودجه ..... ۹۸

## فصل ششم - جمع بندی و نتیجه گیری

- ۱۰۰-۶-۱- چارچوب روش تحقیق ..... ۱۰۰

۱۰۲..... ۲-۶- جمع بندی تحلیلی

۱۰۴..... ۲-۶- نتیجه گیری

۱۰۵..... ۲-۶- ارائه پیشنهادات

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- وضعیت کلی راههای روستایی کشور تا پایان سال ۱۳۸۴.....	۱۸
جدول ۲-۲- وضعیت کلی راههای روستایی کشور، برای روستاهای بالای ۲۰ خانوار.....	۱۹
جدول ۳-۲- متوفیات و مصدومین ناشی از تصادفات رانندگی راههای کشور به تفکیک در سال ۱۳۸۳.....	۲۳
جدول ۴-۲- متوفیات و مصدومین ناشی از تصادفات رانندگی راههای کشور به تفکیک در سال ۱۳۸۴.....	۲۴
جدول ۵-۲- متوفیات و مصدومین ناشی از تصادفات رانندگی ارجاعی به مراکز پزشکی قانونی کشور سال ۸۵.....	۲۵
جدول ۶-۲- تعداد متوفیات تصادفات راههای روستایی در سه سال متوالی و درصد افزایش یا کاهش نسبت به سال قبل.....	۲۶
جدول ۱-۳- راهنمای فاصله نصب علائم هشدار دهنده قبل از قوس.....	۳۰
جدول ۲-۳- ویژگی تابلو سرعت پیشنهادی در قوس.....	۳۱
جدول ۳-۳- ویژگی نصب علائم هشدار در قوس.....	۳۳
جدول ۴-۳- ویژگی علائم هشدار.....	۳۴
جدول ۵-۳- ویژگی علامت شورون قوس.....	۳۷
جدول ۶-۳- فاصله تقریبی بین مسیرنماها در قوس.....	۳۸
جدول ۷-۳- ویژگی گل‌میخها و علائم برجسته روسازی.....	۴۲
جدول ۸-۳- ویژگی پهن کردن عرض شانه و یا آسفالت نمودن آن.....	۴۶
جدول ۹-۳- ویژگی برطرف کردن افتادگی شانه.....	۴۷
جدول ۱۰-۳- ویژگی هرس گیاهان و درختان.....	۴۸
جدول ۱۱-۳- ویژگی بهبود مقاومت لغزشی.....	۵۰
جدول ۱۲-۳- ویژگی پهن کردن کناره راه / منطقه آزاد.....	۵۱

- جدول ۴-۱- محاسبه ضرایب تنزیل ..... ۶۱
- جدول ۵-۱- آمار تصادفات و مشکلات ایمنی در ۵ قطعه مختلف ..... ۸۰
- جدول ۵-۲- مشکلات و راهکارهای ارائه شده در ۵ قطعه مختلف ..... ۸۲
- جدول ۵-۳- داده های ورودی مدل ..... ۸۴
- جدول ۵-۴- اجرای مدل برای انتخاب اقدامات تحت بودجه ۹۵۰ میلیون ریال ..... ۸۵
- جدول ۵-۵- اقدامات منتخب جهت اجرا ..... ۸۶
- جدول ۵-۶- حالتهای مختلف انتخاب اقدامات ..... ۸۷
- جدول ۵-۷- اجرای مرحله نخست مدل برای انتخاب اقدامات در سال اول ..... ۸۹
- جدول ۵-۸- اقدامات منتخب برای سال اول ..... ۹۰
- جدول ۵-۹- داده های ورودی مدل برای انتخاب اقدامات ایمن سازی در سال دوم ..... ۹۱
- جدول ۵-۱۰- حل مرحله دوم مدل برای انتخاب اقدامات در سال دوم ..... ۹۱
- جدول ۵-۱۱- اقدامات منتخب برای سال دوم ..... ۹۲
- جدول ۵-۱۲- داده های ورودی مدل برای انتخاب اقدامات ایمن سازی در سال سوم ..... ۹۲
- جدول ۵-۱۳- حل مرحله سوم مدل برای انتخاب اقدامات در سال سوم ..... ۹۳
- جدول ۵-۱۴- اقدامات منتخب برای سال سوم ..... ۹۳
- جدول ۵-۱۵- داده های ورودی مدل برای انتخاب اقدامات ایمن سازی در سال چهارم ..... ۹۴
- جدول ۵-۱۶- حل مرحله چهارم مدل برای انتخاب اقدامات در سال چهارم ..... ۹۴
- جدول ۵-۱۷- برنامه اجرای اقدامات در سالهای مختلف تحت بودجه ۵۰۰ میلیون ریال ..... ۹۵
- جدول ۵-۱۸- ارزیابی اقتصادی اقدامات و اولویت بندی آنها بر اساس NPV/PVC ..... ۹۷
- جدول ۵-۱۹- مقایسه سود خالص اقدامات منتخب در ترازهای مختلف بودجه در دو حالت پیوسته و گسسته ..... ۹۸

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- سهم فاکتورهای مختلف در بروز تصادفات	۲
شکل ۱-۲- وضعیت کلی راههای روستایی کشور به تفکیک نوع رویه	۱۹
شکل ۲-۲- وضعیت کلی راههای کشور به تفکیک استان	۲۰
شکل ۳-۲- سهم افراد روستایی ساکن در روستاهای بالای ۲۰ خانوار از راه آسفالت یا شوسه	۲۰
شکل ۲-۴- تعداد تصادفات روستایی طی سالهای ۸۶-۸۳	۲۲
شکل ۱-۳- ارتفاع و محل نصب علائم در راههای روستایی	۲۹
شکل ۲-۳- تابلو سرعت پیشنهادی در قوس	۳۰
شکل ۳-۳- نصب علائم هشدار در قوس	۳۲
شکل ۴-۳- نصب علائم هشدار در مسیر	۳۳
شکل ۵-۳- پیکان جهت‌نمای بزرگ نصب شده در قوس	۳۵
شکل ۶-۳- پیکان جهت‌نمای بزرگ	۳۵
شکل ۷-۳- شورون	۳۵
شکل ۸-۳- مقایسه یک مسیر، قبل و بعد از نصب شورون در قوس	۳۶
شکل ۹-۳- نصب مسیرنما در رمپ	۳۷
شکل ۱۰-۳- استفاده دوتایی از علائم، به دلیل وجود درختان در سمت راست مسیر	۳۹
شکل ۱۱-۳- نمایش وضوح بهتر شورونهایی با ورقه‌های زرد فلورسنت	۳۹
شکل ۱۲-۳- خط‌کشی‌های برجسته ترموپلاستیک	۴۰
شکل ۱۳-۳- گل‌میخهای برجسته	۴۰

- شکل ۳-۱۴- بهبود مسیرنمایی با نصب گل میخهای برجسته در مسیر ..... ۴۱
- شکل ۳-۱۵- صفحات بازتابنده و کارایی آنها در شب ..... ۴۲
- شکل ۳-۱۶- صفحات بازتابنده روی موانع صلب کنار جاده ..... ۴۳
- شکل ۳-۱۷- چراغهای چشمک‌زن دینامیک ..... ۴۴
- شکل ۳-۱۸- نوشته روی روسازی جهت اعلام قوس و سرعت پیشنهادی ..... ۴۴
- شکل ۳-۱۹- تعریض مسیر در قوس ..... ۴۵
- شکل ۳-۲۰- نحوه اندازه‌گیری افتادگی شانه ..... ۴۶
- شکل ۳-۲۱- استفاده از روسازی با مقاومت لغزشی بالا در قوس ..... ۴۹
- شکل ۳-۲۲- استفاده از مواد با اصطکاک بالا در قوس رمپ ..... ۴۹
- شکل ۳-۲۳- تعریض ناحیه عاری از مانع ..... ۵۰
- شکل ۳-۲۴- خط کشی‌های عرضی روی سطح راه جهت کاهش سرعت ..... ۵۲
- شکل ۵-۱- سود خالص حاصل از تخصیص بهینه و حالت‌های انتخاب اتفاقی- بودجه ۹۵۰ میلیون ریال ..... ۸۷
- شکل ۵-۲- مقایسه سود خالص اقدامات منتخب در ترازهای مختلف بودجه در دو حالت پیوسته و گسسته .. ۹۹
- شکل ۶-۱- مقایسه سود خالص اقدامات منتخب در ترازهای مختلف بودجه در دو حالت پیوسته و گسسته ۱۰۳

## فصل اول- کلیات

### ۱-۱- مقدمه

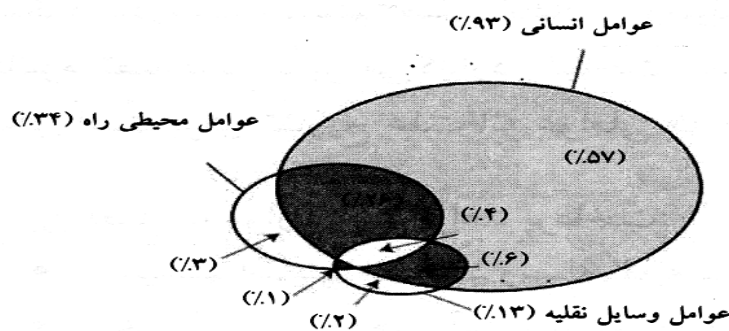
با گسترش جوامع بشری نیاز به جابجایی و حمل و نقل به یکی از ضروریات زندگی امروز تبدیل شده است، اما تلفات و خسارات ناشی از تصادفات ترافیکی نیز به عنوان یکی از معضلات جامعه امروزی شناخته می‌شود تا آنجا که دستیابی به ایمنی پایدار، به یکی از اهداف اصلی کشورهای مختلف در بحث حمل و نقل تبدیل شده است. یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در کاهش تعداد و شدت تصادفات جاده‌ای، مهندسی و مدیریت ایمنی راه می‌باشد.

بودجه اداره کل نگهداری راه و ابنیه به طور کلی، در چهار بخش هزینه می‌گردد. سه بخش اصلی شامل: پروژه‌های روکش آسفالت و بهسازی محورها، رفع نقاط حادثه‌خیز، مرمت و اصلاح ابنیه فنی و یک بخش هم شامل عملیات اتفاقی و اضطراری می‌باشد که سه بخش بالا را در حالت‌های اضطراری در بر می‌گیرد. اعتبارات در بخشهای ذکر شده مطابق الگو و روش خاصی توزیع نمی‌گردد و منظور از تقسیم‌بندی در چهار بخش فوق، نشان دادن محدوده‌هایی است که بودجه می‌تواند در آنها صرف شود.

در این پایان‌نامه، ضمن معرفی روشهای مختلف ایمن‌سازی راه‌ها، رویه‌ای مناسب جهت ارزیابی اقتصادی، تخصیص بهینه منابع و اولویت‌بندی پروژه‌های بخش ایمن‌سازی و رفع نقاط حادثه‌خیز ارائه شده است. به طور کلی، ایمنی راه در سیستم "انسان- وسیله نقلیه- راه و محیط آن" بررسی می‌شود. مقالات تحقیقاتی متعدد، نقش غالب "انسان" در تصادفات را نشان داده‌اند. توجه کنید که هر چند که ۹۰ درصد از علل تصادفات را رفتار انسان تشکیل می‌دهد، اما نایستی اقدامات مربوط به تأمین ایمنی تنها بر این عامل منحصر گردند. در حقیقت تغییر محیط جاده بسیار آسان‌تر و سریع‌تر از تغییر الگوی رفتاری انسان است. شکل ۱-۱، نشان می‌دهد که پرفایده‌ترین فعالیتها در خصوص تأمین ایمنی راه‌ها، مربوط به تعاملات میان انسان، راه و محیط آن می‌باشد. [۱]

از لحاظ سیستم پایه‌ای مبتنی بر انسان- وسیله نقلیه- راه و محیط آن، عامل انسانی تقریباً در تمامی تصادفات و عامل راه و محیط اطراف آن، تقریباً در یک سوم تصادفات مؤثر می‌باشند. این مشاهده نایستی ما را به این نتیجه عجولانه برساند که راه دو مرتبه نسبت به سایر عوامل، ایمن‌تر می‌باشد. در

حقیقت عامل راه و محیط اطراف آن، به واسطه تعامل قوی با رفتار انسانی، برخی اوقات یکی از عوامل قوی در بروز اشتباهات کاربران راه یا شکل‌گیری رفتارهای خطرناک محسوب می‌گردد.



مأخذ: تریب و همکاران، ۱۹۷۹.

#### شکل ۱-۱- سهم فاکتورهای مختلف در بروز تصادفات [۱]

عموماً با ارتقاء راه می‌توان انتظار کاهش ۲۰ درصد تصادفات جاده‌ای را داشت. در مقابل انتظار می‌رود اقدامات بهبود رفتار کاربران راهها، ۳۰ تا ۴۰ درصد از تصادفات بکاهد. [۱] اما از مزایای ارتقاء زیر ساخت‌های راه، ماندگاری و تأثیرگذاری آن در بلند مدت می‌باشد. این اقدامات نیازمند داشتن اطلاعات کافی از مکانیزم تصادفات جاده‌ای، به طور کلی و اطلاعات مناسب از مشخصات خطرآفرین سیستم ترافیک، به طور خاص می‌باشد. کاری که نیازمند توسعه بیشتر آگاهی‌ها، بر پایه تجربه و مطالعات ایمنی است.

دو سطح بهبود برای زیر ساخت‌ها متصور است که تأثیرات بودجه‌ای متفاوتی دارند:

- ۱) سطح اول شامل مدرنیزه کردن شبکه، از طریق ساخت زیرساخت‌های جدید و ایمن‌تر به لحاظ طراحی (استفاده از استانداردهای جدید طراحی، ممیزی ایمنی، ...) است. این کار نیازمند سرمایه‌گذاری‌های سنگین است.
- ۲) سطح دوم، بهبود شبکه جاده‌ای موجود و قدیمی بر پایه مطالعات ایمنی، از طریق اصلاح محل‌هایی که به عنوان نقاط خطرناک تعیین شده‌اند، می‌باشد. اقدامات ایمن‌سازی، در این مورد محلی هستند و این اقدامات نظیر بهبود یک تقاطع، تصحیح یک قوس، رفع موانع در حاشیه



قسمتی از یک راه می‌باشد. این اقدامات به ایمن‌سازی‌های کم‌هزینه معروفند. اما اگر آنها مؤثر واقع شوند، بایستی به تنهایی و یا به همراه سایر اقدامات، در قسمتهای دیگری از مسیر اصلاح شده، اجرا گردند. این کار به پیشگیری از پدیده کوچ تصادفات کمک خواهد کرد. [۱]

در این پایان‌نامه، بهبود شبکه جاده‌ای موجود و قدیمی، بر پایه مطالعات ایمنی و بر اساس روش ارزیابی ریسک که توسط نیومن [۲] ابداع شده و بحث جدیدی در طراحی و ایمن‌سازی راههای کم حجم می‌باشد، صورت می‌گیرد.

## ۱-۲- تعریف مسأله

راههای روستایی حدود ۶۰ درصد از کل راههای کشور را تشکیل می‌دهند. نقش این راهها، تأمین ارتباط کاملاً محلی و محدود بین روستاها، یا اتصال روستاها به راههای فرعی (و احتمالاً اصلی) است. کم بودن ترافیک و پایین بودن هزینه اجرا شاخص مهم این نوع راه است. [۳] معمولاً این راهها از ترافیک چندانی برخوردار نیستند و به ندرت حجم تردد روزانه آنها از ۴۰۰ وسیله نقلیه تجاوز می‌کند. به علت ویژگیهای ترافیکی و نقش و اهمیت راههای روستایی غالباً سرعت طرح و سایر مشخصات هندسی این راهها پایین‌تر از راههای اصلی است. همچنین بنا بر ملاحظات اقتصادی، مشخصات فنی برخی از اجزاء این راهها، مانند روسازی با استاندارد پایین‌تری اجرا می‌گردد. لذا همواره مشکلات و مسائل ایمنی از ویژگیهای عملکردی اینگونه راهها بشمار می‌رود.

در سالهای اخیر شاهد افزایش چشمگیر آمار تصادفات در راههای روستایی هستیم. [۴] بخشی از این افزایش ناشی از افزایش مالکیت خودرو و افزایش سرعت حرکت است و بخشی دیگر مربوط به سایر عوامل از قبیل آموزش، کمک رسانی و حضور پلیس ... می‌باشد. در صورت ادامه این روند همه ساله سهم راههای روستایی از تصادفات افزایش می‌یابد. لذا توجه به مقوله ایمن‌سازی راهها، به عنوان یکی از عوامل کاهش تصادفات بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در فرایند ایمن‌سازی و اصلاح معایب جاده‌ای، با توجه به گستردگی شبکه راههای روستایی، آنچه که بیش از هر مورد دیگر اهمیت دارد ایمن‌سازی

از طریق اقدامات کم‌هزینه و بهبود علائم و تجهیزات ایمنی است، زیرا معمولاً دارای بیشترین بازده در پروژه‌های ایمنی می‌باشند.

در کشورهای در حال توسعه، خصوصاً ایران، مهمترین عامل بازدارنده در اجرای پروژه‌های ایمن‌سازی هزینه بالای اینگونه پروژه‌ها و منابع مالی محدود در اجرای آنها می‌باشد. با توجه به اینکه هزینه‌های اصلاح نقاط حادثه خیز بسیار متفاوت بوده و همچنین اثرات این‌گونه اقدامات در کاهش تصادفات و هزینه‌های اجتماعی ناشی از آن نیز بسیار گوناگون می‌باشد، ضرورت دارد تا با استفاده از روشهای علمی و بر اساس شاخصهای مناسب، عملیات اصلاحی این نقاط اولویت بندی شده و بر اساس اولویت و میزان اعتبارات تخصیص یافته نسبت به اصلاح آنها اقدام گردد.

از اینرو در صدد یافتن پاسخ این سؤال هستیم که از میان اقدامات ایمنی که در مکانهای مختلف در نظر گرفته شده است، با توجه به بودجه موجود، کدام راهکار یا چه ترکیبی از راهکارها انتخاب شود، به طوری که بیشترین سود خالص را نتیجه دهد و در نهایت مجموع سودهای خالص در تمامی مکانها به حداکثر مقدار خود برسد.

### ۱-۳- ضرورت انجام مطالعه

از آنجا که همواره اعتبارات تخصیص یافته در زمینه ایمن‌سازی، به نحو محسوسی نسبت به مبالغ مورد نیاز و تعداد پروژه‌های موجود کمتر است، توزیع بهینه اعتبارات و انتخاب پروژه‌های اولویت دار به عنوان یک مسأله جدی و مهم مطرح بوده و چنانچه با یک اولویت بندی منطقی پروژه‌های مورد نظر در نوبت اجرا قرار گیرند، می‌توان حداکثر بازدهی را از اعتبارات و اجرای طرحهای سالیانه بدست آورد.

بدیهی است وقتی تعداد گزینه‌های موجود از چند گزینه تجاوز می‌کند نمی‌توان به مسأله به صورت صرفاً کیفی نگریست و باید همه مؤلفه‌ها به صورت یک پارامتر کمی قابل سنجش درآیند تا امکان ارزیابی و مقایسه آنها با یکدیگر فراهم آید. از این رو ضرورت ارایه روشی که بتواند با توجه به

شاخصها و پارامترهای تأثیرگذار و با اهمیت، اولویت اجرای پروژه‌ها را تعیین نماید کاملاً مشهود است.

این تحقیق به مطالعه روشهای مختلف ایمن‌سازی راهها و استفاده بهینه از منابع و امکانات موجود به منظور جلوگیری از وقوع و یا کاهش تعداد و شدت تصادفات جاده‌ای می‌پردازد و بیشتر بر روشهای بهبود ایمنی به طور خاص - از جمله اقدامات اصلاحی کم‌هزینه - تأکید دارد، لیکن استفاده از این روشها در طرحهای پرهزینه‌تر توسعه ساختارها که منطق آن سرمایه‌گذاری است، نیز مفید خواهد بود. اصلاحات "ساختاری" پرهزینه زیرساختها (تبدیل یک تقاطع همسطح به تقاطع غیرهمسطح، یا تبدیل بخشی از یک راه معمولی به راهی با جهات حرکت جداشده و غیره) از بازدهی ایمنی کمتری برخوردارند. این اقدامات عمده، علاوه بر بهبود ایمنی، معمولاً سطح سرویس را نیز ارتقاء می‌دهند و بنابراین مستلزم تحلیل چندجانبه و سرمایه‌گذاری به جز سرمایه‌گذاریهای ویژه ایمنی هستند. اجرای فعالیتهایی با هزینه هرچه کمتر که بازدهی بیشتری دارند نسبت به صرف هزینه زیاد در چند نقطه معین مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. [۵]

از آنجا که راههای مورد مطالعه کم‌تردد می‌باشند، می‌بایست روش ارزیابی خطر مبنا قرار گیرد. هدف از کاربرد روش ارزیابی احتمال خطر آن است که بودجه‌های عمومی مختص راههای محلی و کم‌حجم، در نقاطی متمرکز شود که انتظار تأمین ایمنی بیشتر است و از هزینه کردن منابع در نقاطی که بهبود ایمنی حاصل نمی‌شود یا ناچیز است خودداری گردد. این کار باعث آن می‌شود که منابع محدود عمومی برای ساخت و تعمیر نقاط بیشتری صرف شود، تا اینکه بودجه‌های زیادی در یک نقطه هزینه شود چون سایر نقاط دارای مشکلات ایمنی شناسایی نشده‌اند. زیرا یک عنصر مهم در ایمن‌سازی راههای کم‌حجم، بکارگیری قابلیت‌های انعطاف‌پذیری معیارها براساس قضاوت مهندسی توسط مهندسان حرفه‌ای با تجربه است که با شرایط و مشخصه‌های محلی راه آشنایی دارند.

#### ۱-۴- اهداف تحقیق

هدف اصلی این پایان‌نامه، ارائه یک مدل برای ارزیابی اقتصادی یک اقدام خاص، یا گزینه‌های مختلف اقدامات در مکانی مشخص می‌باشد. در این راستا با استفاده از روش بررسی یک محور بصورت مقاطع

با طول یکسان و تخصیص ضرایب ۱، ۴ و ۹ به ترتیب، به تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی و با توجه به موجود بودن آمار تصادفات در گذشته و فرض تکرار همان رویه، از روش هزینه-فایده که نوعی مدل تصمیم‌گیری در شرایط ریسک است استفاده می‌شود و با برآورد منفعت و هزینه هر یک از اقدامات اصلاحی و محاسبه ارزش فعلی خالص آنها و لحاظ کردن این مقادیر به عنوان ضرایب تابع هدف در تحلیل برنامه‌ریزی خطی، مدلی جهت انتخاب مجموعه بهینه‌ای از اقدامات ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که در جریان ارزیابی اقتصادی اقدامات ایمنی در راههای کم‌حجم، روش ارزیابی احتمال خطر مبنا قرار گرفته است. با توجه به مطالب فوق اقدامات زیر انجام شده است:

- ✓ معرفی روشهای ایمن‌سازی و نحوه ارزیابی اقتصادی اقدامات ایمن‌سازی
- ✓ معرفی روش نوین ارزیابی احتمال خطر در راههای کم‌تردد و محلی
- ✓ ارائه چارچوب مدل ارزیابی اقدامات ایمن‌سازی راههای کم‌حجم بر اساس روش ارزیابی احتمال خطر

در این تحقیق علاوه بر تحلیل اقتصادی منفعت - هزینه برای یافتن سود خالص هر راهکار، یکبار از تحلیل ریاضی برنامه‌ریزی عدد صحیح برای یافتن «راهکار برتر» در هر سایت استفاده می‌شود و بار دیگر از روش برنامه‌ریزی خطی با متغیرهای پیوسته در بازه [۰، ۱] و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند.

#### ۱-۵- متدولوژی / روش تحقیق

- ۱) مطالعه کتابخانه‌ای و انجام تحقیقات اینترنتی شامل جمع‌آوری و مطالعه مقالات و کتب از منابع مختلف
- ۲) بررسی مشکلات و آمار موجود تصادفات جاده‌ای
- ۳) بررسی راههای کم‌حجم و مسائل ایمنی مربوط به این راهها
- ۴) شناسایی روشها و تجهیزات ایمن‌سازی راههای کم‌حجم محلی
- ۵) جمع‌آوری اطلاعات هزینه و منافع و تأثیرگذاری هر یک از اقدامات ایمنی در کاهش تصادفات