

Strategies for Preventing or Reducing Accidents, and Assessing and Prioritizing them with Modeling

Mohsen Aboutalebi Esfahani^{*1} , Hosein Haghshenas² , Davood Salehan³ 

1. Department of Transportation, Faculty of Civil and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2. Department of Transportation Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

*Corresponding Author: m.aboutalebi.e@eng.ui.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: Accidents vehicles and pedestrians are the result of an increase in vehicles, and the lack of any planning will cause irreparable damages. Such planning requires prediction models that determine the effect factors and prioritizations possible. Imam Khomeini Street, which is a two-story street in Esfahan, Iran, is ranked first in accidents. Therefore, the aim is to analyze different solutions and their combination and prioritize them for reducing and preventing accidents by modeling.

Materials and Methods: The crash statistics of 2015 were used. Details were collected through field studies, and the definition of strategies and modeling were done in the IHSDM software. Due to ethical considerations, the people's identity was not provided by the police. Solutions for removing the marginal park, reducing access, increasing distance, and reducing the fixed objects and their combination were analyzed. For Bridge, the increase in the number and width of the passageways and the distance between barriers were investigated.

Results: The need to calibrate the IHSDM software became clear, and the analyses showed that if no strategy was implemented, the crashes would increase by 12.6%. Among the individual and combined solutions, the removal of the marginal park and the use of four solutions at the same time, and for the bridge, the increase in the distance barrier were identified as the most influential.

Conclusion: It became clear that the application of models, the provision of solutions, the study of the effect and the prioritization and using all factors involved in crashes is necessary.

Keywords: Prioritizing Solutions, Preventing Accidents, Urban accidents, Safety Solution, IHSDM Software, Modeling crashes

How to cite this article:

Aboutalebi-Esfahani M, Haghshenas H, Salehan D. Strategies for Preventing or Reducing Accidents, and Assessing and Prioritizing them with Modeling Case Study: Isfahan. J Saf Promot Inj Prev. 2018; 6(4):191-202.

راهکارهای پیشگیری و کاهش تصادفات، ارزیابی و اولویت‌بندی آنها با مدل‌سازی (مطالعه موردی: اصفهان)

محسن ابوطالبی اصفهانی^{۱*}، حسین حق‌شناس^۲، داوود صالحان^۱

۱. گروه برنامه ریزی و حمل و نقل، دانشکده عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲. گروه برنامه‌ریزی و حمل‌ونقل، دانشکده حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

سابقه و هدف: تصادفات وسایل نقلیه و عابران نتیجه افزایش وسایل نقلیه بوده که عدم برنامه‌ریزی برای کاهش آنها موجب خسارات جبران‌ناپذیری خواهد شد. برنامه‌ریزی نیاز به مدل‌های پیش‌بینی داشته که تعیین تاثیر عوامل برای کنترل هزینه‌ها قبل از اجراء و سنجش و اولویت‌بندی آنها لازم است. خیابان دو طبقه امام خمینی (ره) اصفهان در رتبه اول تصادفات شهر اصفهان قرار داشته؛ لذا هدف پژوهش، تحلیل راهکارها و ترکیب آنها و اولویت‌بندی برای کاهش و پیشگیری تصادفات و افزایش ایمنی با مدل‌سازی، است.

روش بررسی: از آمار تصادفات سال ۱۳۹۴ و جمع‌آوری جزئیات به روش میدانی و تعریف راهکارها و مدل‌سازی در نرم افزار IHSDM که مختص تحلیل ایمنی است، استفاده شد. به جهت ملاحظات اخلاقی اطلاعات هویتی افراد درگیر در تصادفات توسط پلیس ارایه نشد. راهکارهای حذف پارک حاشیه‌ای، کاهش دسترسی، افزایش فاصله و کاهش تعداد اجسام ثابت از لبه سواره‌رو و ترکیب آنها، تحلیل شدند. در پل امام خمینی (ره) افزایش تعداد و عرض خطوط عبور و فاصله گاردریل از لبه سواره‌رو، بررسی شدند.

یافته‌ها: لزوم کالیبره کردن نرم افزار IHSDM محرز شد و تحلیل نشان داد در صورت اعمال نکردن هیچ راهکاری، تصادفات ۶/۱۲٪ افزایش می‌یابد. در میان راهکارهای تکی و ترکیبی در خیابان امام خمینی (ره)، حذف پارک حاشیه‌ای و استفاده از ۴ راهکار هم‌زمان؛ و در روی پل، افزایش فاصله گاردریل میانی از لبه روسازی بیشترین تاثیر را دارد.

نتیجه‌گیری: کاربرد مدل‌ها، ارایه راهکارها و بررسی تاثیر هر یک و اولویت‌بندی آنها و استفاده از تمام عوامل دخیل در تصادفات در پیشگیری و کاهش تصادفات، محرز است.

واژگان کلیدی: اولویت‌بندی راهکارها، پیشگیری از تصادفات، تصادفات شهری، راهکار ایمنی، نرم افزار IHSDM، مدل‌سازی تصادفات

مقدمه

پیش‌بینی (مدل‌سازی) برای بررسی راهکارها، تعیین درصد تأثیر و سپس اولویت‌بندی آنها، است. بدین منظور نیاز به اطلاعات تصادفات، ترافیک، طرح هندسی و شرایط رویه راه و محیط از نظر کیفی و کمی، است. شناخت بهتر عوامل و توسعه مدل‌ها مهندسين را قادر می‌سازد تا اقدامات لازم را جهت کاهش تصادفات یا کاهش احتمال وقوع آنها، اعمال نمایند (۲، ۳).

در سال ۲۰۰۴ میلادی در آمریکا، مدل جدیدی با عنوان IHSDM^۱ ارائه شد که در قالب نرم‌افزاری با همین نام و با هدف بهبود ایمنی راه‌ها، مورد استفاده قرار گرفت. نرم‌افزار IHSDM برای تخمین تصادف در معابر شهری کاربرد داشته و با استفاده از آیین‌نامه ایمنی

تصادفات باعث بروز خسارت‌های جانی جبران‌ناپذیری برای کاربران مستقیم و غیرمستقیم وسایل نقلیه موتوری گردیده است. نتایج و تبعات تصادفات تنها به بخش حمل‌ونقل مرتبط نشده و بر سایر ابعاد جامعه اعم از اقتصادی، اجتماعی، سلامت و بهداشت نیز، تأثیرگذار است. از این‌رو حل این مسئله، علاوه بر اهمیت، توجه و همکاری تمامی دستگاه‌های مسئول و مرتبط در این زمینه را می‌طلبد (۱).

برای اجرای راهکارهای مختلف کاهش تصادفات و مشاهده آثار آن، باید هزینه شود، لذا روش منطقی‌تر استفاده از الگوریتم‌های

بسیار کمی دارد؛ اما تنها در صورت کالیبراسیون این نرم افزار برای شرایط موجود کشور کانادا می توان از آن جهت پیش بینی تصادفات استفاده کرد (۱۳). همچنین در ایتالیا از این نرم افزار برای پیش بینی تصادفات دو مسیر دوخطه برون شهری استفاده شد. پژوهشگران پس از آنالیز داده ها بیان داشتند که این نرم افزار در مورد این دو معبر دوخطه برون شهری تخمین دقیقی ندارد که احتمالاً ناشی از عدم کالیبراسیون و یا ورود اطلاعات غیردقیق بوده است (۱۴).

بررسی اپیدمیولوژیک تلفات تصادفات جاده ای در سال های ۹۳-۱۳۸۳ که با روش توصیفی- مقطعی و با رویکرد گذشته نگر انجام شده نشان داد، ۶۱/۶۱ درصد تلفات در جاده های برون شهری بوده، بیش از ۶۶ درصد رانندگان جان باخته، بیش از ۷۰ درصد دارای سطح سواد پایین، ۳۹ درصد عابرین پیاده، ۲۸/۰۲ درصد شغل آزاد و گروه سنی ۳۰ تا ۳۹ سال بیشترین میزان متوفیان را تشکیل می دهند (۱۵). الگوی تصادفات درون شهری با تأکید بر عوامل مؤثر در بروز آن ها با بررسی همه تصادفات (۱۲۷۳۳۵ تصادف) شهر کرمان در سال های ۹۳-۱۳۹۱ با استفاده از روش کای دو^۹ در نرم افزار SPSS^{۱۰} و سری زمانی در نرم افزار مینی تب^{۱۱} مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج این تحقیق قابل توجه است (۱۶). مدل سازی نقش سوانح جاده ای برون شهری بر رشد ارزش افزوده بخش حمل و نقل کشور در طی سال های ۹۳-۱۳۶۹ با استفاده از الگوی خود رگرسیون برداری و نرم افزارهای میکروفت و ای وپوز انجام شده است. نتایج حاکی از آن است که به ازای یک درصد افزایش در تصادفات بخش حمل و نقل جاده ای، رشد ارزش افزوده بخش حمل و نقل کشور ۰/۰۵۴ درصد کاهش می یابد (۱۷).

شهر اصفهان با داشتن رتبه دوم تصادفات شهری (۴۴۵۳ فقره فوتی) و رتبه چهارم تصادفات در راه های برون شهری (۱۰۸۶۰ فقره فوتی) در سال ۱۳۹۴، با مسئله راه های پر تصادف مواجه است (۱۸). خیابان امام خمینی (ره) اولین خیابان دوطبقه و یکی از طولانی ترین معابر و به عنوان پر تصادف ترین خیابان شهر اصفهان از لحاظ تعداد و شدت تصادفات، شناخته شده است. مطالعات بیان شده نشان دهنده اهمیت موضوع و قابلیت های نرم افزار IHSDM است. از طرف دیگر تاکنون در خصوص استفاده از نرم افزار IHSDM برای پیش بینی و تحلیل راهکارهای مختلف در کشور با اطلاعات کامل و کالیبره نمودن نرم افزار به طور دقیق، اطلاعاتی ارائه نشده است. لذا هدف از این تحقیق، مدل سازی راهکارها و یافتن میزان تأثیر هر یک به منظور بهبود وضعیت ایمنی و پیشگیری از تصادفات و اولویت بندی آن ها، در خیابان و پل امام خمینی (ره) است.

راه های امریکا^۲ طراحی شده و شدت و تعداد تصادفات را بر اساس جامعه آمریکا و ضرایب این کشور، ارائه می دهد. این نرم افزار به عنوان یکی از قوی ترین نرم افزارهای تخمین شدت و تعداد تصادفات دارای ۶ مدول ارزیابی شامل ۱- مدول بررسی راهکارگذاری^۳ ۲- مدول پیش بینی تصادفات^۴ ۳- مدول طراحی سازگار^۵ ۴- مدول بررسی تقاطع^۶ ۵- مدول تحلیل ترافیک^۷ و ۶- مدول راننده/وسیله نقلیه^۸، است. همچنین در IHSDM مجموعه ای از ابزارهای تجزیه و تحلیل برای ارزیابی ایمنی و اثرات طرح هندسی در فرآیند توسعه پروژه بزرگراه ها و ایمنی آن ها، ارائه شده است (۴).

در تحقیقی نشان داده شد نرم افزار IHSDM با توجه به کاربرد و نتایج آن در کشورهای مختلف، قابلیت استفاده برای راه های ایران در صورت کالیبره شدن را دارد (۵). در این خصوص مطالعه ای با نرم افزار IHSDM روی محورهای خراسان شمالی انجام و تطابق نسبتاً خوب مقدار تصادفات پیش بینی شده با اتفاق افتاده ملاحظه شد و اظهار شد اطلاعات دقیقی برای کالیبره کردن مدل باید فراهم شود (۶). در مطالعه دیگری نقش پررنگ عامل انسانی در محور کرج- چالوس با نرم افزار IHSDM بررسی و بیان شد سهم زیادی از تصادفات جاده ای کشور، ناشی از رانندگی پرخطر رانندگان است (۷). همچنین در این محور با طبقه بندی نوع تصادفات و مدل سازی در IHSDM ضمن تأیید مطلوبیت مدل می توان علت درصد زیاد تصادفات از نوعی به خصوص را، کاملاً مشخص کرد (۸). در تحقیق دیگری بررسی تأثیر تغییرات انحناء در قوس های افقی بر تصادفات با نرم افزار IHSDM انجام و بیان شد قوس های کلوتوئید- کلوتوئید ایمن ترین و قوس ساده، خطرناک ترین قوس است (۹). بررسی عملکرد نرم افزار IHSDM در سه راه دوخطه برون شهری در شهر یوتا ارزیابی و بیان شد محتوای داده های ورودی تا حد زیادی بر کیفیت خروجی ها تأثیرگذار است (۱۰). کاربرد نرم افزار IHSDM در نیوزیلند نشان داد که این نرم افزار برای بهبود ایمنی مؤثر است اما باید برای محل کاربرد، کالیبره شود تا بتوان با آن به نتایج بهتری، دست یافت (۱۱). تنظیم و کالیبراسیون نرم افزار IHSDM در اسپانیا نشان داد این نرم افزار بسیار انعطاف پذیر بوده و با توجه به شباهت ها و تفاوت های آیین نامه اسپانیا و آمریکا بازهم می توان از این نرم افزار برای بررسی سازگاری طرح و پیش بینی تصادفات استفاده کرد (۱۲). در کانادا به پیش بینی تصادفات راه های دوخطه برون شهری با استفاده از IHSDM پرداخته شده است. نتایج حاکی از آن است که استفاده از این نرم افزار برای راه های کانادا، دقت

۲ - Highway Safety Manual (HSM)

۳ - Policy Review Module (PRM)

۴ - Crash Prediction Module (CPM)

۵ - Design Consistency Module (DCM)

۶ - Intersection Review Module (IRM)

۷ - Traffic Analysis Module (TAM)

۸ - Driver/Vehicle Module (DVM)

۹ - Chi-Square

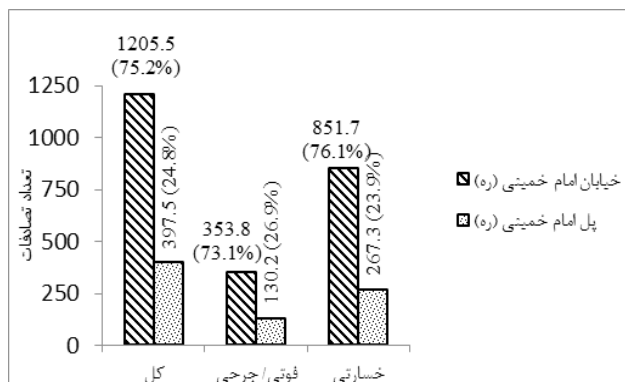
۱۰ - Statistical Package for Social Science

۱۱ - Minitab

مواد و روش‌ها

Earth

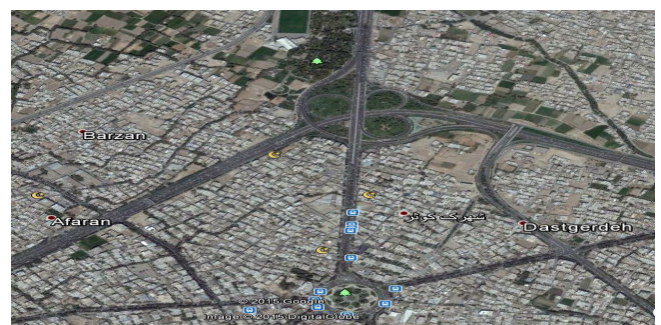
گام دوم: جمع‌آوری تمام آمار تصادفات در سال پایه. لازم به توضیح است به جهت ملاحظات اخلاقی فقط اطلاعات مربوط به تحصیلات، سن و جنس افراد درگیر در تصادفات توسط پلیس ارائه شد و هیچ‌گونه اطلاعات هویتی در این خصوص فاش نشد. همچنین مشخصات مالکیتی و اسنادی از خودروها که قابل ردگیری باشد نظیر شماره پلاک، بدنه و یا شاسی ارائه نشده است. اطلاعات ارائه‌شده و متغیرهای استفاده‌شده محدود به جدول ۲ بوده است. همچنین تمام آمار موجود در تحقیق، استفاده شدند. اطلاعات تصادفات سال ۱۳۹۴ برای کالیبراسیون نرم‌افزار IHSDM از پلیس‌راهنمایی و رانندگی استان اصفهان که معتبرترین منبع اطلاعاتی در این خصوص به شمار می‌رود، اخذ شد. در این سال، ۱۶۰۳ فقره تصادف رخ داده که سهم تصادفات خسارتی ۱۱۱۹ و تصادف جرحی و فوتی، ۴۸۴ فقره بود. توزیع تصادفات بین خیابان و پل خمینی (ره) به شرح شکل ۲ و خلاصه اطلاعات آن مطابق جدول ۱ است.



شکل ۲. سهم تصادفات محور و پل امام خمینی (ره) از کل تصادفات

روش تحقیق در این پژوهش میدانی، مدل‌سازی و سپس تحلیلی بوده لذا ضمن کالیبره نمودن نرم‌افزار IHSDM برای شرایط محلی با استفاده از جمع‌آوری تمام داده‌های لازم، اقدام به مدل‌سازی تصادفات نموده و سپس ضمن بررسی راهکارهای ایمن‌سازی خیابان امام خمینی (ره) با استفاده از مدل ساخته‌شده برآورد تعداد تصادفات جرحی و غیر جرحی در سال هدف صورت گرفت. از طرف دیگر، جامعه آماری شامل هر سه عامل انسان، وسایل نقلیه و محیط در تصادفات، بود. اطلاعات انسان، وسایل نقلیه و برخی شرایط محیطی از پلیس دریافت شد و سایر اطلاعات لازم محیطی از برداشت میدانی جمع‌آوری شد. بدین منظور سال ۹۴ سال پایه و سال ۱۴۰۰ سال هدف طرح، در نظر گرفته شد. در این راستا گام‌های زیر انجام شد:

گام اول: شناسایی وضعیت موجود و جمع‌آوری و دریافت تمام اطلاعات لازم معبر جهت کالیبره نمودن نرم‌افزار IHSDM. خیابان امام خمینی (ره) از میدان جمهوری اسلامی تا میدان استقلال بود و دارای طول ۱۰۷۸۵ متر است. میدان جمهوری ایستگاه ± 0 و میدان استقلال به‌عنوان ایستگاه $+10785$ در نظر گرفته شده است. برای مطالعه دقیق‌تر، این خیابان به ۱۳ قسمت تقسیم شد. این تقسیم‌بندی‌ها با توجه به تقاطع‌ها، دسترسی‌های اصلی و رمپ‌های ورود و خروج به پل امام خمینی (ره)، انجام گردید. علاوه بر این روی این خیابان یک پل به طول ۴۸۹۷ متر از ایستگاه $+1323$ تا ایستگاه $+6220$ ساخته شده و شامل دو رمپ خروجی و دو رمپ ورودی با دو خط عبور است. شکل ۱ بخش ابتدایی از این خیابان از میدان جمهوری را نشان می‌دهد. همچنین اطلاعات پلان، مقاطع عرضی، عرض هر خط، عرض میانه، اطلاعات ترافیکی و تقاطع‌ها از مرکز حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری اصفهان به‌طور کامل دریافت شده و اطلاعات مربوط به زمان‌بندی چراغ‌ها، حجم عابر پیاده در تقاطع‌ها، تعداد خطوط عبور و سایر جزئیات دیگر لازم با برداشت‌های میدانی و Google Earth به دست آمد.



شکل ۱. نمایی از ابتدای خیابان امام خمینی (ره) با ابزار Google

جدول ۱. خلاصه اطلاعات تصادفات خیابان و پل امام خمینی (ره)

نحوه برخورد (درصد)												
چپ به چپ	چپ به راست	راست به راست	جلو به شی ثابت	جلو به چپ	جلو به راست	جلو به جلو	جلو به عقب	عقب به راست	عقب به چپ	سایر		
۰/۴	۱۲/۶	۰/۵	۰/۸	۱۰/۹	۱۱/۰	۶/۴	۴۲/۵	۱/۴	۰/۷	۱۲/۷		
میزان تحصیلات افراد مقصر در تصادفات در محور امام خمینی (ره) (درصد)												
بی سواد	ابتدایی	راهنمایی	دیپلم	فوق دیپلم	کارشناسی	کارشناسی ارشد		دکتر				
۱/۷	۸/۲	۱۷/۹	۶۳/۷	۳/۲	۴/۶	۰/۶		۰/۲				
سن افراد مقصر در تصادفات در محور امام خمینی (ره) (درصد)												
۰-۱۸	۱۹-۳۰	۳۱-۴۰	۴۱-۵۰	۵۱-۶۰	۶۱-۷۰	۷۱-۸۰		۸۱-۹۰				
۱۱/۲۳	۳۳/۱۹	۲۵/۷۰	۱۶/۷۲	۸/۷۳	۳/۲۴	۱/۰۶		۰/۱۲				
علت تامه تصادفات در محور امام خمینی (ره) (درصد)												
انحراف به چپ	باز نمودن ناگهانی درب وسیله	تخطی از سرعت مطمئنه	تغییر ناگهانی مسیر	حرکت با دنده عقب	حرکت در خلاف جهت	عبور از چراغ قرمز	عدم توانایی در کنترل وسیله	عدم توجه به جلو	عدم رعایت فاصله طولی	عدم رعایت فاصله عرضی	گردش به طرز غلط	سایر علل
۲/۳	۱/۱	۰/۵	۱۳/۵	۷/۱	۳/۴	۲/۷	۸/۱	۳۲/۸	۱۲/۷	۸/۴	۲/۷	۱/۵
نوع برخورد تصادفات در محور امام خمینی (ره) (درصد)												
برخورد با موتور با عابر	برخورد با وسیله پارک شده	برخورد با موتور با دوچرخه	برخورد با موتور با موتور	برخورد با وسیله با چند وسیله	برخورد با وسیله با شی ثابت	برخورد با وسیله با عابر	برخورد با وسیله با موتور	برخورد با وسیله با یک وسیله	برخورد با وسیله با دوچرخه	چند برخوردی	واژگونی و سقوط	
۰/۹	۰/۲	۰/۲	۰/۷	۲۰/۷	۳/۱	۳/۲	۱۶/۸	۵۲/۱	۱/۱	۰/۶	۰/۳	
نوع وسیله نقلیه مقصر در محور امام خمینی (ره) (درصد)												
اتوبوس	تاکسی	دوچرخه	سواری	کامیون	کامیون کشنده	کامیونت	موتور سیکلت	مینی بوس	وانت بار	نامشخص		
۲	۱/۹	۰/۷	۶۴/۴	۴/۸	۲	۱/۷	۱۱/۲	۱/۲	۹/۸	۰/۲		
نوع روز در تصادفات محور امام خمینی (ره) (درصد)												
تعطیل					غیر تعطیل							
۱۰/۹					۸۹/۱							
وضعیت روشنایی در محور امام خمینی (ره) (تعداد تصادف)												
روز			شب		طلوع			غروب		نامشخص		
۱۲۲۹			۳۰۶		۷			۴۶		۱۵		
نوع جنسیت افراد مقصر در تصادفات در محور امام خمینی (ره) (تعداد تصادف)												
زن					مرد							
۱۰۹					۱۴۹۴							
شرایط روسازی در موقع تصادفات در محور امام خمینی (ره) (تعداد تصادف)												
خشک			بارانی			برفی						
۱۵۹۱			۵			۷						
نوع تصادفات محور امام خمینی (ره) (تعداد تصادف)												
خسارتی			جرحی				فوتی					
۱۱۱۹			۴۶۹				۱۵					

گام چهارم: تعریف و تعیین راهکارهای مناسب با توجه به تجارب گذشته، آمار تصادفات و امکانات اجرایی.

گام پنجم: مدل سازی و کالیبره نمودن با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در مراحل قبل در نرم افزار IHSDM و سپس ایجاد راهکارهای مختلف در نرم افزار و تعیین میزان عملکرد هر راهکار. خروجی نرم افزار برای پیش بینی تصادفات در سال ۱۳۹۴ برای معبر و پل تحت مطالعه به شرح جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

گام سوم: دریافت اطلاعات ترافیکی و متوسط حجم ترافیک سالیانه^{۱۲} از نرم افزار^{۱۳} EMME، سرعت و تعداد وسایل نقلیه در مسیر که توسط دوربین های مرکز کنترل ترافیک شهرداری اصفهان جمع آوری شده است، اخذ شده است. این اطلاعات نشان می دهد سرعت مجاز تابلوها ۷۰ کیلومتر بر ساعت، متوسط سرعت میانگین روی پل ۷۲/۳ کیلومتر بر ساعت و متوسط سرعت ۸۵ درصد روی پل ۸۶/۳ کیلومتر بر ساعت، است.

همچنین متوسط حجم ترافیک سالیانه از نرم افزار EMME که برای کل شبکه شهر اصفهان کالیبره شده، برای ساعت اوج سال های ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۴۰۴ استخراج شده است. با توجه به حجم داده تولید شده فقط مقادیر AADT مربوط به ۱۳ قسمت خیابان در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مقادیر AADT برای ۱۳ قسمت خیابان امام خمینی (ره) از خروجی نرم افزار EMME

مقطع	سال	AADT	سال	AADT	سال	مقطع	سال	AADT	سال	AADT	سال	مقطع	سال	AADT
۱	۱۳۸۹	۵۷۲۷۰	۱۳۹۴	۶۰۶۲۸	۱۴۰۴	۸	۱۳۸۹	۲۴۶۱۰	۱۳۹۴	۵۲۹۲۳	۱۴۰۴	۲۹۳۷۱	سال	AADT
۲	۱۳۸۹	۹۰۳۲۱	۱۳۹۴	۹۴۰۹۳	۱۴۰۴	۹	۱۳۸۹	۲۶۵۴۲	۱۳۹۴	۲۸۱۲۹	۱۴۰۴	۳۶۰۱۸	سال	AADT
۳	۱۳۸۹	۲۱۵۰۵	۱۳۹۴	۲۲۵۸۶	۱۴۰۴	۱۰	۱۳۸۹	۵۸۱۲۱	۱۳۹۴	۶۴۰۳۲	۱۴۰۴	۷۷۶۴۸	سال	AADT
۴	۱۳۸۹	۱۸۰۳۲	۱۳۹۴	۲۰۰۵۶	۱۴۰۴	۱۱	۱۳۸۹	۳۸۵۹۴	۱۳۹۴	۳۹۴۶۸	۱۴۰۴	۴۱۸۸۳	سال	AADT
۵	۱۳۸۹	۱۷۸۲۵	۱۳۹۴	۱۹۲۹۷	۱۴۰۴	۱۲	۱۳۸۹	۲۰۴۹۳	۱۳۹۴	۱۷۶۸۶	۱۴۰۴	۱۹۶۸۸	سال	AADT
۶	۱۳۸۹	۲۰۶۰۸	۱۳۹۴	۲۱۵۷۴	۱۴۰۴	۱۳	۱۳۸۹	۲۴۷۲۵	۱۳۹۴	۲۷۲۰۹	۱۴۰۴	۳۰۲۲۲	سال	AADT
۷	۱۳۸۹	۲۲۲۶۴	۱۳۹۴	۲۳۷۸۲	۱۴۰۴									

جدول ۲: اطلاعات خروجی نرم افزار برای خیابان امام خمینی (ره) در سال ۱۳۹۴

شماره مقطع	خسارتی	جرجی و فوتی	کل	شماره مقطع	خسارتی	جرجی و فوتی	کل
۱	۱۲/۵۷	۴/۸۶	۱۷/۴۳	۸	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۲۲
۲	۶/۸۹	۳/۸۴	۱۲/۷۳	۹	۳۹/۰۴	۱۴/۸	۵۳/۸۴
۳	۲۵/۶۶	۱۱/۶۳	۳۷/۲۹	۱۰	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۴۸
۴	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۲۹	۱۱	۹/۲۴	۳/۸۷	۱۳/۱۱
۵	۸/۵۶	۴/۳۶	۱۲/۹۲	۱۲	۰/۱	۰/۰۷	۰/۱۷
۶	۰/۳۷	۰/۱۹	۰/۵۶	۱۳	۱۷/۷۶	۶/۹۳	۲۴/۶۹
۷	۹/۵۱	۳/۹۸	۱۳/۴۹	مجموع	۱۳۰/۳	۵۴/۹۲	۱۸۵/۲۲

جدول ۳: اطلاعات خروجی نرم افزار برای پل خمینی در سال ۱۳۹۴

۱۳۹۲ - اصلی			
نوع معبر	خسارتی	جرعی و فوتی	کل
پل	۳۷/۹۸	۱۸/۶	۵۶/۵۸
رمپ	۲/۹۱	۱/۵۸	۴/۴۸
مجموع	۴۰/۸۹	۲۰/۱۸	۶۱/۰۶

تفاوت زیاد بین خروجی نرم افزار و گزارش های پلیس به علت تفاوت بین فرهنگ های ملت ایران و آمریکا، آیین نامه ها، ایمنی معابر و وسایل نقلیه، خط کشی ها و عوامل دیگر بوده؛ بنابراین لازم است مطابق جدول ۴ ضرایب کالیبراسیون در سال پایه محاسبه و در نرم افزار اعمال کرد. جدول ۴ نشان می دهد نسبت تصادفات خسارتی به کل و یا فوتی/ جرحی به کل که در سال ۱۳۹۴ رخ داده و آنچه نرم افزار پیش بینی کرده، در حدود یکدیگر است که نشانگر یکنواختی مناسب در نرم افزار و قابلیت اعتماد به آن است.

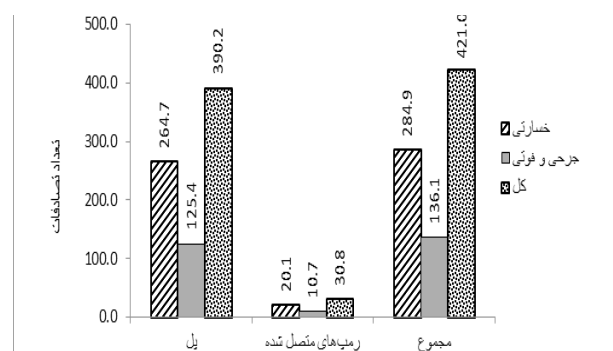
جدول ۴. ضریب کالیبراسیون محور امام خمینی (ره)

سال ۱۳۹۴	خسارتی	فوتی/ جرحی	کل
آمار مشاهده شده	۱۱۱۹	۴۸۴	۱۶۰۳
پیش بینی شده توسط نرم افزار (کل تصادف معبر امام خمینی (ره))	۱۷۱/۱۸	۷۵/۱	۲۴۶/۲۸
ضریب کالیبراسیون	۶/۵۴	۶/۴۴	۶/۵۱

گام ششم: با توجه به نتایج، ارائه راهکار یا راهکارهای مناسب و میزان تأثیر هر یک

یافته ها

خروجی پیش بینی تصادفات با نرم افزار IHSDM کالیبره شده برای سال ۱۴۰۰ و بدون هیچ گونه تغییر و یا اصلاحی در شرایط معبر در شکل ۳ و ۴ ارائه شده و مشاهده می شود اگر اقدامی برای کاهش تصادفات در سال طرح (۱۴۰۰) صورت نگیرد، تعداد تصادفات در خیابان ۱۵۳/۱ و در پل ۲۳/۵ فقره، بیشتر خواهد شد.



شکل ۴. خروجی کالیبره شده نرم افزار برای پل امام خمینی (ره) در سال ۱۴۰۰

راهکارهای کاهش تصادفات و میزان تأثیر هریک

خیابان امام خمینی (ره)

بر اساس راه حل ها و تجارب ارائه شده توسط آیین نامه ها و مراجع معتبر و با توجه به موقعیت خیابان امام خمینی (ره)، راهکارهای قابل اعمال بر این خیابان و پل روی آن، مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تحلیل بهتر، هر یک از راهکارها در نرم افزار لحاظ شد و نتیجه حاصل برای تعداد تصادفات در سال طرح ۱۴۰۰، مورد ارزیابی قرار گرفت. تمام برآوردها برای هر ۱۳ قطعه به صورت جداگانه انجام گرفته ولی نتیجه کل مربوط به معبر، ارائه شده است. در ادامه، هر یک از راهکارها و راهکارهای ترکیبی و تحلیل های مربوطه ارائه شده است:

- راهکار اول؛ حذف پارک حاشیه ای؛ وسایل نقلیه در حال حرکت با وسایل در حال پارک یا خروج از پارک در اصطکاک هستند. تمام پارک حاشیه ای در مدل نرم افزار حذف شده که نتایج نشان می دهد که تعداد تصادف به ۹۹۸ فقره تصادف، می رسد.

- راهکار دوم؛ کاهش تعداد خیابان های دسترسی؛ تجمیع و کاهش خیابان های دسترسی منجر به کاهش اصطکاک بین وسایل نقلیه و نهایتاً تصادفات، می شود. حذف برخی دسترسی ها از خیابان اصلی با توجه به امکان پذیری، نشان داد تعداد تصادف های تخمین زده شده به ۱۳۲۷/۱ فقره تصادف خواهد رسید.

- راهکار سوم؛ افزایش فاصله اجسام صلب تا لبه سواره رو؛ اعمال این راهکار بلند مدت (تغییر فاصله از یک متر (حالت موجود) به دو متر) منجر به ۱۱۶۷/۸ فقره تصادف شده که نشان از اثر این راهکار بر کاهش تصادفات دارد.

- راهکار چهارم؛ کاهش تعداد اجسام صلب در لبه سواره رو؛ در این راهکار میان مدت، تعداد اجسام (تابلوها، درخت ها و ...) در لبه سواره رو به نصف کاهش داده شدند. نتایج حاکی از آن است که تعداد تصادف پیش بینی شده به ۱۱۰۴/۳ فقره کاهش می یابد. ملاحظه می شود این راهکار مؤثرتر از افزایش فاصله اجسام است.

- راهکار پنجم؛ حذف پارک حاشیه ای و کاهش خیابان های دسترسی؛ لزوم بررسی چند راهکار باهم امری ضروری برای سیاست گذاری در این بخش است. نتایج نشان داد تأثیر این دو راهکار بر کاهش تصادفات مطلوب است به طوری که تعداد تصادفات طبق پیش بینی نرم افزار به ۹۷۳/۹ فقره می رسد و تفاوت چندانی (۷/۵ فقره) با اعمال تک تک آن ها ندارد.

- راهکار ششم؛ حذف پارک حاشیه ای و افزایش فاصله اجسام از لبه سواره رو؛ اعمال این دو راهکار مؤثرتر از دو راهکار قبلی بوده

حالت ترکیبی و حالت مجموع آثار اعمال تکی، به میزان ۷۹/۶ فقره است که نسبت اجرای دو راهکار هفتم کمتر است.

- راهکار دوازدهم؛ حذف پارک حاشیه‌ای، کاهش دسترسی و کاهش تعداد اجسام در لبه سواره‌رو: ترکیب این سه راهکار دارای بیشترین تأثیر نسبت به راهکار قبلی است به‌طوری‌که تعداد تصادفات ۱۰۳/۶ فقره کاهش یافته است.

- راهکار سیزدهم؛ حذف پارک حاشیه‌ای، افزایش فاصله اجسام و کاهش تعداد اجسام در لبه سواره‌رو: نتیجه ۷۷۱/۴ فقره تصادف (تفاوت ۲۱۸/۶ فقره‌ای) بیانگر این است که این راهکار می‌تواند به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین راهکارها بر این خیابان اعمال شود.

- راهکار چهاردهم؛ کاهش دسترسی، افزایش فاصله اجسام و کاهش تعداد اجسام در لبه سواره‌رو: با اعمال این راهکار ۳ ترکیبی تعداد تصادفات به ۹۸۸/۷ فقره خواهد رسید.

- راهکار پانزدهم؛ حذف پارک حاشیه‌ای، کاهش دسترسی، افزایش فاصله اجسام و کاهش تعداد اجسام در لبه سواره‌رو: در این راهکار ۴ ترکیبی تعداد تصادفات به ۷۵۶ فقره (کاهش ۵۲/۸ درصدی) که بیشترین کاهش است، خواهد رسید.

خلاصه نتایج تحلیل پانزده راهکار فوق در نرم‌افزار، در شکل ۵ ارائه شده است.

به‌صورتی که تخمین نرم‌افزار تعداد ۸۷۴/۴ فقره تصادف را نشان می‌دهد. تفاوت تأثیر مجموع اعمال این تک‌تک دو راهکار و راهکار ترکیبی ۶۷/۲ فقره بوده که نسبت به حالت قبل قابل توجه‌تر است.

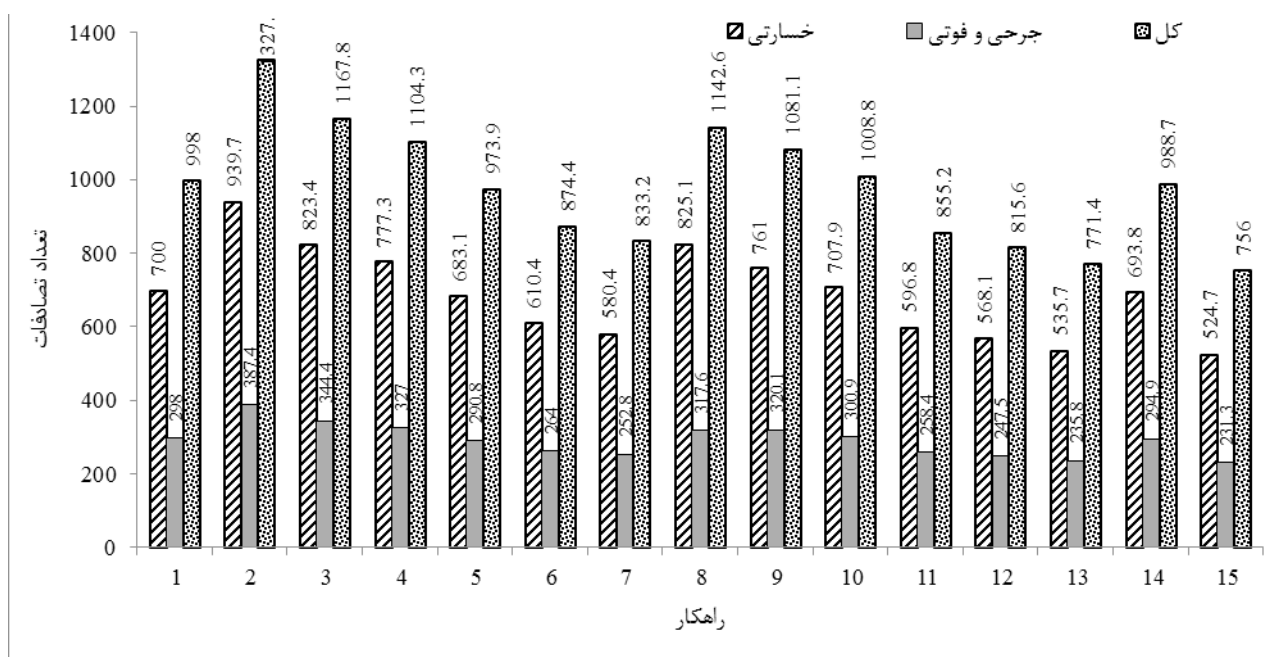
- راهکار هفتم؛ حذف پارک حاشیه‌ای و کاهش اجسام در لبه سواره‌رو: کاهش تصادفات به ۸۳۳/۲ فقره نتیجه این راهکار است. این مقدار نشان می‌دهد تفاوت راهکار ترکیبی و مجموع تأثیر تکی آن‌ها، ۸۹/۶ فقره است که بیشتر از حالت قبل است.

- راهکار هشتم؛ کاهش دسترسی‌ها و افزایش فاصله اجسام تا لبه سواره‌رو: در این حالت ترکیب دو راهکار نسبت به حالت مجموع تکی آن‌ها کارآمدتر (۶/۳ اختلاف) نیست.

- راهکار نهم؛ کاهش دسترسی‌ها و کاهش تعداد اجسام در نزدیکی لبه سواره‌رو: نتیجه این راهکار نیز حاکی از تأثیر کم (۸/۴ اختلاف) ترکیب آن‌هاست.

- راهکار دهم؛ افزایش فاصله اجسام و کاهش تعداد اجسام در لبه سواره‌رو: نتایج خروجی نرم‌افزار نشان می‌دهد همپوشانی این دو راهکار به میزان ۹۵/۳ فقره تصادف، قابل توجه است.

- راهکار یازدهم؛ حذف پارک حاشیه‌ای، کاهش دسترسی و افزایش فاصله اجسام از لبه سواره‌رو: اعمال تأثیر سه راهکار بیان‌کننده کاهش تعداد تصادفات به ۸۵۵/۲ فقره است. این در حالی است که تفاوت



شکل ۵. خروجی کالیبره شده نرم‌افزار برای تحلیل راهکارها در خیابان امام خمینی (ره) برای سال ۱۴۰۰

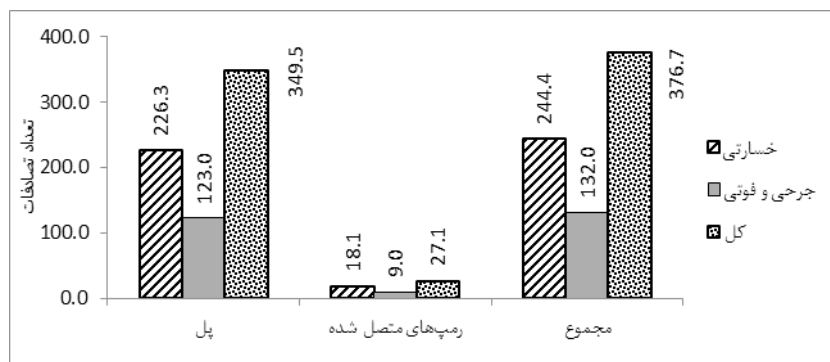
پل امام خمینی (ره)

- راهکار دوم؛ افزایش عرض خط سواره‌رو: اعمال عرض استاندارد (۳/۶۵ متر (۱۹)) برای هر خط ۳/۵ متری موجود ممکن است موجب کاهش تصادفات شود. اعمال دو عرض خط ۳/۷ و ۳/۸ متر حاکی از کاهش ۱/۶ و ۳/۳ فقره تصادف داشته که نشان می‌دهد این راهکار به‌طور چشمگیر نتوانسته تصادفات را کاهش دهد (شکل ۷).

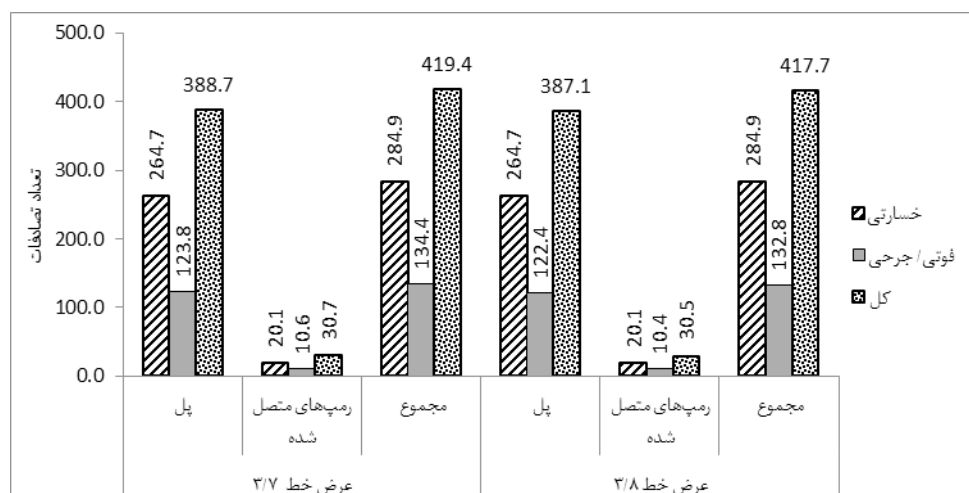
- راهکار سوم؛ افزایش فاصله گاردریل از لبه سواره‌روها: فاصله گاردریل وسط مسیر از لبه سواره‌رو به یک متر (۰/۵ متر افزایش) و فاصله گاردریل کناری به ۲/۳ متر (۰/۵ متر افزایش) تغییر یافته که نتایج حاصل از تحلیل (شکل ۸) نشان می‌دهد تصادفات به ترتیب ۲۲/۷ و ۱/۴ فقره تصادف کاهش داشته است. تغییر فاصله گاردریل کناری نتوانسته تغییر قابل‌ملاحظه‌ای را ایجاد کند.

در این بخش نیز راهکارهای قابل‌اعمال در نرم‌افزار برای سال طرح ۱۴۰۰ لحاظ شده و نتیجه حاصل برای تصادفات مورد ارزیابی قرار گرفتند. در ادامه هر یک از راهکارها و تحلیل‌های مربوطه ارائه شده است:

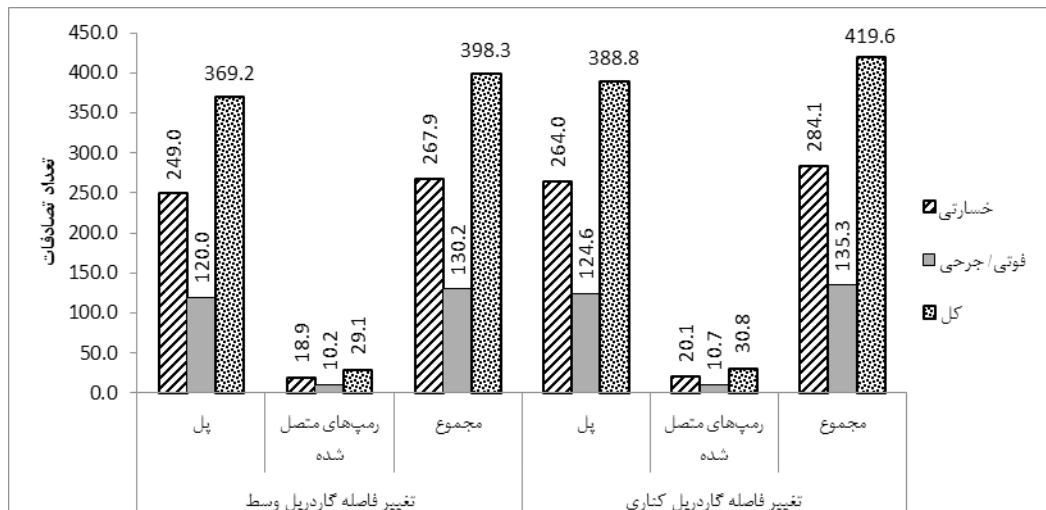
- راهکار اول؛ افزایش یک خط به خطوط سواره‌رو: کاهش تصادفات با افزودن یک خط به خطوط رفت‌وبرگشت به مقدار ۲۰/۸ فقره بوده است (شکل ۶). البته لازم به ذکر است اجرایی نمودن این راهکار بسیار پرهزینه بوده و در برخی از قسمت‌های خیابان، غیرممکن است.



شکل ۶: خروجی کالیبره شده نرم‌افزار برای تحلیل راهکار افزایش یک خط در پل امام خمینی (ره) برای سال ۱۴۰۰



شکل ۷: خروجی کالیبره شده نرم‌افزار برای تحلیل راهکار افزایش عرض خط در پل امام خمینی (ره) برای سال ۱۴۰۰



شکل ۸. خروجی کالیبره شده نرم‌افزار برای تحلیل راهکار افزایش فاصله گاردریل وسط و کناری در پل امام خمینی (ره) برای سال ۱۴۰۰

بحث

در موقع احساس خطر به دلیل احتمال برخورد با اشیاء، از فضای کناری در دسترس مسیر استفاده مؤثر نمی‌کنند.

ج) اولویت‌بندی تک راهکارها به ترتیب حذف پارک حاشیه‌ای، کاهش تعداد اجسام در لبه سواره‌رو، افزایش فاصله اجسام تا لبه سواره‌رو و کاهش دسترسی محلی است. اولویت راهکارهای دوتایی به ترتیب راهکار ۷، ۶، ۵، ۹ و ۸ بوده و برای سه‌تایی به ترتیب ۱۳، ۱۲، ۱۱ و ۱۴ بوده است. لازم است در خصوص هر یک، بودجه لازم پیش‌بینی و با استفاده از اطلاعات ارائه‌شده و بودجه قابل‌دسترس، اقدام به برنامه‌ریزی برای هر یک کرد.

د) در مسیر از نظر زمان‌بندی راهکار اول کوتاه‌مدت، دوم میان‌مدت و سوم و چهارم بلندمدت است. در پل راهکار دوم کوتاه‌مدت، سوم میان‌مدت و اول بلندمدت خواهد بود. نتیجه مهم‌تر این است که این حالت با اولویت تأثیر هر راهکار تطابق داشته و می‌توان بیشتر تأثیر تغییرات را در کوتاه‌مدت و میان‌مدت، مشاهده نمود.

ح) اعمال راهکارها روی پل نشان می‌دهد تغییر عرض خط با توجه به احتمال افزایش سرعت خودروها و افزایش فاصله گاردریل کناری تأثیر چندانی بر کاهش تصادفات نداشته است؛ اما افزایش فاصله گاردریل میانی با توجه به قرارگیری در مجاورت خط سرعت منجر به افزایش مانور راننده و امکان فرار و نجات قبل از برخورد شده و تأثیر قابل‌توجه‌تری داشته است.

و) نتیجه راهکار ۱۵ بیان‌کننده این واقعیت است که باید از تمام موارد دخیل در کاهش تصادفات که ناشی از عوامل خودرو، انسان، جاده و محیط است استفاده کرد تا به نتیجه حداکثری دست‌یافت. نتیجه فوق قابل‌تعمیم از نظر اعمال تمام راهکارها بوده ولی برای

انجام پژوهش فوق نشان داد با مدل‌سازی کالیبره شده در نرم‌افزار IHSDM ضمن تأیید مدل فوق، امکان بررسی راهکارها و تحلیل آن‌ها از جوانب مختلف و سپس اولویت‌بندی بر اساس نتایج به‌خوبی فراهم می‌شود. همچنین علاوه بر تعیین تأثیر هر یک از راهکارها، مقادیر تصادفات قابل‌پیشگیری برای هر راهکار در سال طرح قابل دست‌یابی بوده که می‌تواند برای ارائه دستور کار اجرایی ایمن‌سازی بسیار کارآمد بوده و در طراحی پروژه‌های جدید لحاظ شود. لذا مطابق با تحقیقات ارائه‌شده در مراجع ۵، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۱ قابل‌استناد بوده که جزئیات بیشتری از نتایج به شرح زیر است:

الف) مدل ساخته‌شده نشان داد اگر هیچ راهکاری اعمال نشود در سال طرح تصادفات افزایش خواهد داشت. لذا لزوم مطالعه، مدل‌سازی و به کار بردن راهکارها جهت پیشگیری از افزایش تصادفات اجتناب‌ناپذیر است.

ب) در میان راهکارهای تکی، دوتایی و سه‌تایی به ترتیب راهکارهای اول، هفتم و سیزدهم بیشترین تأثیر کاهش راه، نشان می‌دهند. از طرف دیگر راهکار چهارتایی، نشان از کاهش ۵۲/۸ درصدی تصادفات دارد. این تحلیل حاکی از لزوم لحاظ کردن تمام پامترهای مؤثر در تصادفات دارد و نشان می‌دهد فقط تمرکز روی تنها یک راهکار حتی در بالاترین سطح کیفیت، کفایت نمی‌کند. همچنین به کار بستن راهکار اول لزوم ساخت پارکینگ‌های مکانیزه و طبقاتی در معابر را محرز نموده؛ پس باید برای معابر موجود و معابر در حال طراحی، پیش‌بینی‌های لازم در ارتباط با تأمین فضای پارک، صورت گیرد. از طرف دیگر اعمال راهکار سوم و چهارم و یا هر دو آن‌ها احتمالاً منجر به استفاده بهتر از کناره مسیر در هنگام خطر می‌شود؛ زیرا رانندگان

تشکر و قدردانی

از همکاری معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان و معاونت راهنمایی و رانندگی پلیس راه در ارائه اطلاعات لازم برای انجام این پژوهش که در قالب پایان نامه انجام شده است کمال سپاس و قدردانی به عمل آید.

هر پروژه انجام مراحل فوق، اولویت بندی و بررسی تأثیر هر راهکار به صورت جداگانه و ترکیبی، ضروری است.

ز) قابل ذکر است امکان جمع آوری تمام اطلاعات لازم بدون نقص و تأیید شده با همکاری تمام و کمال ارگانهای مربوطه برای انجام این پژوهش به عنوان نقطه قوت آن بوده و زمان و مکاتبات تقریباً یک ساله برای دست یافتن به اطلاعات مورد نیاز، بزرگترین محدودیت انجام مطالعه فوق بوده است. شایان ذکر تاکنون در این سطح از این نرم افزار در کشور استفاده نشده است.

References

1. Deputy of Transport and Traffic of Isfahan Municipality. Comprehensive Transportation Studies in Isfahan, Identification of Current Situation, Study of Problems and Strategies for Transportation Safety in Isfahan. 2014.
2. Khan S, Shanmugam R, Hoeschen B. Injury fatal and property damage accident models for highway corridor. Transportation Research Record. 1999;1665:84-92. [Scopus]
3. Lord D, Persaud B. Accident prediction models with and without trend: application of the generalized estimating equations procedure. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2000 Jan 1(1717):102-8.
4. (TFHRC) FHAFaT-FHRC. Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM), IHSDM user's manual. 2010.
5. Hejazi j, Jalal Kamali M, Sepahvand s. Introduction of IHSDM software and its feasibility study for assessing and improving the safety of roads in Iran. Third National Conference on Road Accidents, Air and Rail Accidents; Islamic Azad University, Zanjan. 2014.
6. Mohseni H. Effect of geometric design on safety and prediction of accidents with IHSDM software in two-way outbound roads: Azad University, Tehran South Branch; 2008.
7. Mansour Khaki A, Mohseni H. The role of a more colorful human agent than a road accident in the country. First National Conference on Road and Rail Accidents; Islamic Azad University, Zanjan. 2009.
8. Mansour Khaki A, Mohseni H, Jafarieh F. Exploring the causes of accidents with regard to the classification of the type of accidents (forward-forward, forward-to-back) First National Conference on Road and Rail Accidents; Islamic Azad University, Zanjan. 2009.
9. Tabatabaei A, Saed M, Khalidi S. The sensitivity analysis of geometric design elements of the road based on the highway interoperability design model outputs of highways. Eighth National Civil Engineering Congress; Civil Engineering Faculty- Babil. 2014.
10. Chuo K, Saito M. Applicability of the Crash Prediction Module of IHSDM to the selection of Candidate Locations for Safety Audits of Two-Lane Rural Highways. In Proceedings of the 88th TRB Annual Meeting—Washington, DC, USA 2009 Jan.
11. Koorey G. Application of IHSDM Highway Safety Modeling to New Zealand. Australasian Road Safety Research Policing and Education Conference. 2006.
12. Dominguez-Lira CA, Castro M, Pardillo-Mayora JM, Gascon-Varon C. Adaptation and calibration of IHSDM for highway projects safety evaluation in Spain. 4th International Symposium on Highway

Geometric Design; Valencia, Spain. 2010.

13. Marleau M, Hildebrand E. Collision Prediction for Two Lane Rural Roads Using IHSDM: A Canadian Experience. 20th Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference; Canada. 2010.

14. Marchionna A, Perco P, Falconetti N. Evaluation of the applicability of IHSDM Crash Prediction Module on Italian two-lane rural roads. *Procedia-social and behavioral sciences*. 2012;53:932-41.

15. Ahadi MR, Pejmanzad P, Bazdar Ardebili P. The Epidemiology of Accident Fatalities in Iran (8-Year Review). *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;2(4):329-38.

16. Tavakkoli L, Khanjani N. The Pattern of Road Crashes Emphasizing the Factors involved in their Occurrence in Kerman city 2012-2015. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2016;4(2):101-8.

17. Bazdar Ardebili P, Pejmanzad P. The Role of Road Crashes on the Growth of Value Added in Transport Sector. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2016;4(1):25-32.

18. Iranian Legal Medicin Organization. *Statistical Yearbook*. 2015.

19. Index P. President deputy strategic planning and control.

