



Review Article

Review of Effective Factors to Increase Safety and Reduce Accidents in Arches

Reza Akbarigheibi^{1*}, Abolfazl Hakamipor², Ehsan Ghorbani², Reza Ahmadi²

1. University instructor, Engineering Faculty, Saeb Non-Profit Higher Education Institute, Abhar, Zanjan, Iran

2. Master Student of Road and Transportation, Department of Civil Engineering, Saeb Non-Profit Higher Education Institute, Abhar, Zanjan, Iran

Received: 23 May 2022; Revised: 04 June 2022; Accepted: 04 June 2022; Published: 04 June 2022

Abstract

Road geometry consists of horizontal and elevation components of road extensions, which mainly include tangent lines, arcs and connection curves. The role of these components in guiding the driver as well as his prior knowledge of the continuation of the road is very important. Also, the arrangement and combination of these components can have a positive or accidental effect on the safety and comfort of the driver. Horizontal curves are considered as one of the most accident-prone points of the road. Centrifugal force on vehicles and human error are the two main factors in the occurrence of accidents in these areas and will eventually lead to overturning or slipping of vehicles. In this study, the main goal is to find a way to increase safety and reduce the rate of accidents due to the relationship between human factors and road geometry. Which is mostly based on previous research and analysis. Studies on safety measures to increase safety in recent years have been collected and reviewed. The results show that the review of new methods, models and schemes such as risk reduction plan to support decisions, safety performance prediction methods on horizontal curves such as Safety Performance Function (SPF) in the future will help better performance for users. The road guarantees. Also, using short-term economic solutions such as route marking will increase safety. On the other hand, the most important criteria for assessing the safety of the vehicle when passing the corner is to estimate the resistance of the vehicle against frustration and overturning, which is also important.

Keywords:

Horizontal arches, Vertical arches, Human factors, Accidents, Safety

Cite this article as: Akbarigheibi R, Hakamipor A, Ahmadi R, Ghorbani E. (2022). Review of Effective Factors to Increase Safety and Reduce Accidents in Arches. *Civ Proj J*, 4(3), 72–80.
<https://doi.org/10.22034/cpj.2022.04.03.1133>

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



نشریه عمران و پروژه

<http://www.cpjournals.com/>

مروری بر عوامل موثر جهت افزایش ایمنی و کاهش تصادفات در قوس ها

رضا اکبری غیبی^{۱*}، ابوالفضل حکمی پور^۲، احسان قربانی^۲، رضا احمدی^۲

۱. مدرس دانشگاه، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی صائب، ابهر، زنجان، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی صائب، ابهر، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۲ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱

چکیده

هندسه راه شامل اجزاء افقی و ارتفاعی امتدادهای راه است که عمدتاً شامل خطوط تانژانت، قوسها و منحنی های اتصال است. نقش این اجزاء در هدایت راننده و نیز شناخت قبلی آن از ادامه راه بسیار حائز اهمیت است. همچنین ترتیب و ترکیب این اجزاء میتواند در ایمنی و راحتی راننده تأثیر مثبت و یا حادثه ساز داشته باشد. قوس های افقی به عنوان یکی از حادثه-خیزترین نقاط جاده محسوب می شوند. نیروی گریز از مرکز وارده بر وسایل نقلیه و خطای انسانی دو عامل اساسی در بروز حادثه در این نواحی محسوب می شوند و در نهایت منجر به واژگونی و یا لغزش وسایل نقلیه خواهند گردید. در این تحقیق هدف اصلی در واقع یافتن راهی جهت چگونگی افزایش ایمنی و کاهش نرخ تصادفات با توجه به ارتباط بین عوامل انسانی و هندسه جاده می باشد. که بیشتر بر پایه تحقیقات پیشین و تحلیل آن ها استوار است. مطالعات مربوط به اقدامات ایمنی جهت افزایش ایمنی در سالهای اخیر جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان می دهد که بررسی روش ها، مدل ها و طرح های نوین مانند طرح کاهش خطر برای حمایت از تصمیم گیری های، روش های پیش بینی عملکرد ایمنی بر روی منحنی های افقی مانند تابع عملکرد ایمنی (SPF) در آینده کمک می کند که عملکرد بهتری را برای کاربران جاده تضمین می کند. همچنین استفاده از راهکارهای اقتصادی در کوتاه مدت مانند خط کشی مسیر باعث افزایش ایمنی خواهد شد. از طرفی مهمترین معیارهای بررسی ایمنی وسیله نقلیه در هنگام عبور از قوس برآورد مقاومت وسیله نقلیه در برابر سرخوردگی و واژگونی است که این امر نیز حائز اهمیت می باشد.

کلمات کلیدی:

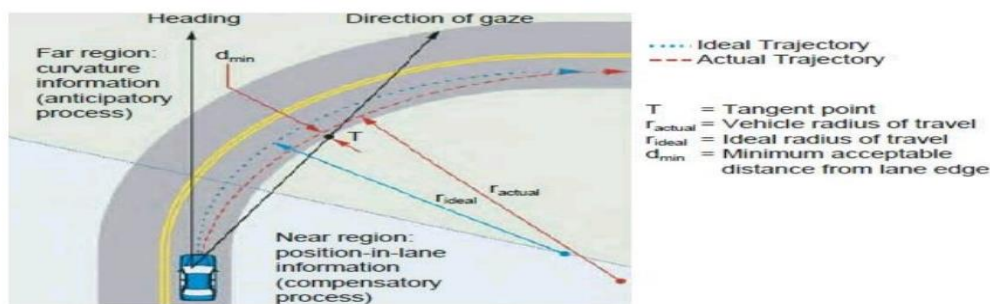
قوس های افقی، قوس های قائم، عوامل انسانی، تصادفات، ایمنی

۱. مقدمه

یکی از اهداف اصلی طراحان راه، فراهم نمودن دید کافی و واضح برای رانندگان و تصمیم‌گیری به موقع آن‌هاست با این وجود در موقعیت‌هایی از قوس‌ها که رانندگان خطای دید پیدا کرده که منجر به افزایش ریسک تصادفات می‌شود.

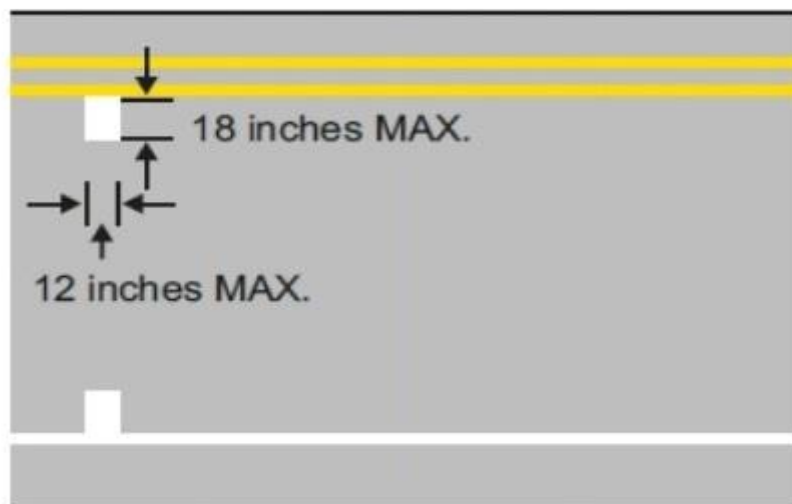
قوس‌های راه‌ها اجرایی مؤثر در ایمنی راه هستند و طراحی آن‌ها نیازمند در نظر گرفتن شرایطی است که می‌توان به نوع راه، شرایط توپوگرافی، شرایط آب و هوایی و سرعت عملکردی اشاره کرد. سازگاری شرایط راه با انتظارات راننده یکی از مهم‌ترین عواملی مؤثر در تأمین سطح مطلوب و ایمنی است. بررسی تصادفات جاده‌ای نشان می‌دهد که ۵۰ تا ۶۰ درصد تصادفات در راه‌های دو خطه بودن شهری اتفاق می‌افتند. نیمی از تصادفات در قوس راه به رخ می‌دهند و حدود ۷۰ درصد از تصادفات حادث در قوس‌های متعلق به قوس‌های افقی هستند. اهمیت افزایش ایمنی قوس‌های افقی به خصوص در مسیرهای کوهستانی به دلیل احتمال ترکیب قوس‌های افقی با قوس‌های خطرانی که وسایل نقلیه در عبور از قوس‌های افقی به خصوص قوس‌های افقی ترکیب شده با امتداد قائم مسیر با آن مواجه هستند سُر خوردگی وسیله نقلیه نیست که دلیل این امر کاهش ضریب اصطکاک جانبی بین سطح و چرخ‌های وسیله نقلیه در این شرایط می‌باشد. بحث دیگر در مورد ایمنی قوس‌های افقی پدیده واژگونی است که در قوس‌ها ناشی از شتاب جانبی وارده بر وسیله نقلیه هنگام عبور از قوس افقی می‌باشد. مهمترین عامل تأثیرگذار بر واژگونی ابعاد وسیله نقلیه است که هر چه ارتفاع مرکز جرم وسیله نقلیه بیشتر و عرض آن‌ها کمتر باشد پتانسیل واژگونی بیشتر است. راهکارهای متنوعی جهت افزایش ایمنی در قوس‌ها وجود دارد برای نمونه استفاده از خط کشی‌های عرضی که در شکل‌های ۳، ۲، ۱ نشان داده شده است می‌توان استفاده کرد و برخی از موارد دیگر که در ادامه تحقیق به آن‌ها پرداخته شده است.

شکل شماره ۱ نمونه‌ایی از خط کشی عرضی برای کاهش سرعت در کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا، انگلیس و آفریقای جنوبی استفاده را نشان می‌دهد (Angelia, 2006). همچنین در آیین نامه MUTCD آمریکا بخشی تحت عنوان خط‌کشی‌های کاهش سرعت وجود دارد. و در آن استفاده از خط کشی‌های عرضی محیطی در کاهش سرعت را مؤثر دانسته است و برای آن جزئیات اجرایی نیز داده است. شکل‌های ۲ و ۳ نمودی از مقررات اجرای آن را نشان می‌دهند (Federal Highway Administration, 2015).

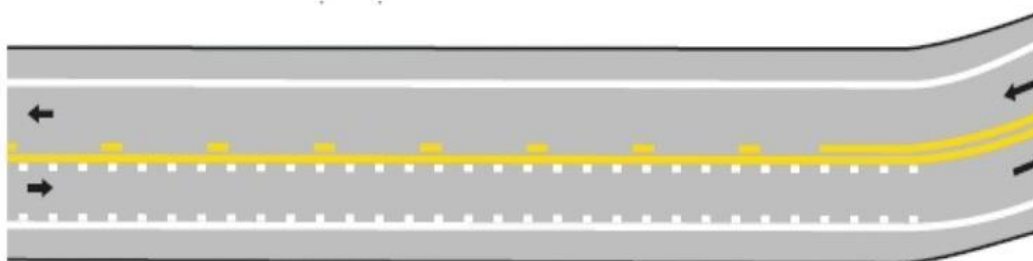


شکل ۱. چگونگی حرکت رانندگان در قوس

در این مقاله با مروری بر اقدامات ایمنی در قوس‌ها جهت کاهش آمار در تصادفات بررسی شد که می‌توان با استفاده از سامانه‌های ثبت تصادفات در نقاط قوس‌ها و محل‌های حادثه‌خیز نسبت به آمار و خسارات مالی و جسمانی جدی یا فوتی این محل‌ها را شناسایی کرد و به کاهش تصادفات این مناطق با مسئولین ذی‌ربط اقدامات لازم را انجام داد.



شکل ۲. ابعاد هر یک از المان های خط کشی محیطی عرضی



شکل ۳. نمونه ای از بکارگیری خط کشی محیطی عرضی در مسیر مستقیم به قوس افقی

۲. پژوهش های انجام گرفته شده مرتبط با ایمنی در قوس ها

۱.۲. تجزیه و تحلیل ایمنی جاده های پرخطر: مطالعه موردی در باجا کالیفرنیا، مکزیک^۱

هدف این تحقیق توسعه روشی مفید برای ارزیابی و شناسایی خطراتی است که باعث افزایش تصادفات توسط کاربران جاده می شود، با چشم انداز بهبود ایمنی از طریق اجرا و به کارگیری فنی استراتژی های عملیاتی مربوطه در مسیر صورت گرفت. ارتباط این پیشنهاد در این واقعیت نهفته است که موضوع حوادث تردد یک مشکل جهانی است. این پروژه در رشته کوه باجا کالیفرنیا، مکزیک، در بزرگراه سنتینلا روموروسا^۲ واقع شده است و داده های وضعیت تصادفی و سطح روسازی، عملکرد طراحی هندسی، تجزیه و تحلیل سیگنال ها ترافیک و دستگاه های ایمنی راه موجود در جاده را با استفاده از تکنیک های ژئودتیک^۳ ادغام می کند. نتایج بیانگر آن بود که این روش به تعیین مناطق خطر که باعث افزایش تصادفات می شوند و ایجاد یک طرح کاهش خطر برای حمایت از تصمیم گیری های آینده کمک می کند که عملکرد بهتری را برای کاربران جاده تضمین می کند (Montoya and et al., 2020).

۲.۲. برآورد عملکرد ایمنی منحنی های افقی در جاده های روستایی دو خطه دو طرفه

پیچ های افقی در جاده های روستایی دو طرفه دو بانده، مکان های حیاتی در جاده ها از بابت تامین ایمنی مورد توجه قرار می گیرند. پیش بینی دقیق عملکرد ایمنی در این مکان ها برای تخصیص صحیح منابع به عنوان بخشی از هر فرآیند مدیریت ایمنی حیاتی است. روش فعلی پیش بینی عملکرد ایمنی بر روی منحنی های افقی متکی بر استفاده از تابع عملکرد ایمنی (SPF)

1 Baja California, México
2 Centinela-La Rumorosa
3 geodetic

^۴ است که تنها با استفاده از بخش‌های مماس توسعه یافته و این مقدار را با استفاده از یک عامل اصلاح تصادف (CMF) ^۵ تنظیم می‌کند. با این حال، این فرآیند ذاتاً فرض می‌کند که عملکرد ایمنی در منحنی‌ها و بخش مماس با متغیرهای موجود در SPF، به ویژه حجم ترافیک و طول بخش، روابط عملکردی یکسانی دارند، حتی اگر تحقیقات خلاف آن را نشان دهد. هدف این مقاله بررسی سیستماتیک رابطه بین عملکرد ایمنی و حجم ترافیک در منحنی‌های افقی جاده‌های روستایی دو بانده و دو طرفه و مقایسه آن با عملکرد ایمنی مقاطع مماس معادل است. چارچوب امتیازهای تمایل نتایج بالقوه برای شبیه‌سازی یک آزمایش تصادفی استفاده می‌شود که به اطمینان از شباهت بین بخش مماس و منحنی در نظر گرفته شده کمک می‌کند، در حالی که از رگرسیون دو جمله‌ای منفی^۶ با اثرات مختلط برای کمی کردن عملکرد ایمنی استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد ایمنی در منحنی‌های افقی با توجه به حجم ترافیک و طول قطعه به طور قابل توجهی با مقاطع مماس متفاوت است. همچنین تفاوت‌های قابل توجهی در روابط بین سایر متغیرهای هندسی و جاده و عملکرد ایمنی روی مماس‌ها و منحنی‌ها مشاهده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که SPF خاص منحنی ممکن است برای این و سایر انواع جاده در نسخه بعدی راهنمای ایمنی بزرگراه مورد نیاز باشد (Gooch and et al., 2018).

۳.۲. تاثیر دید قوس بر روی تصمیم‌گیری توافقی (رانندگان) در منحنی

درصد بالایی از تصادفات جدی در پیچ‌های تند افقی به ویژه در جاده‌های روستایی دو بانده رخ می‌دهد. مجموعه رو به رشدی از ادبیات رفتار رانندگی در منحنی‌های افقی را بررسی کرده است، با اکثر تحقیقات مربوط به تأثیر شعاع منحنی بر سرعت و رفتار راننده، توافقی وجود دارد که افزایش درجات انحنای جاده منجر به عملکرد کمتر ایمن مذاکره در منحنی و در نتیجه تصادفات بیشتر می‌شود. با این حال، تعداد کمی از مطالعات، تأثیر دید محدود را بر روی مذاکره منحنی بیشتر بررسی کرده‌اند. این مقاله نتایج یک مطالعه شبیه‌ساز رانندگی را با هدف بررسی رفتار رانندگان در منحنی‌های افقی، از نظر سرعت و موقعیت جانبی، در رابطه با سطوح مختلف دید قوس منحنی گزارش می‌کند. یک جاده روستایی دو بانده در یک شبیه‌ساز رانندگی رومیزی طراحی و اجرا گردید و ۱۰ سناریو منحنی با پنج سطح دید مختلف (۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪) و دو شعاع منحنی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۳۰ راننده در آزمایش شرکت کردند. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که همانطور که انتظار می‌رود، تأثیر واضحی از شعاع بر سرعت راننده وجود دارد. با این حال، هنگامی که دید کاهش یافت، کاهش سرعت راننده تنها در پایین‌ترین سطح (۲۰٪ پیش‌نمایش) مشاهده شد. با این حال، این کاهش سرعت برای رانندگان کافی نبود تا بتوانند منحنی را بدون آسیب رساندن به موقعیت جانبی خود، طی کنند. رانندگان تمایل داشتند در منحنی دید ضعیف‌تر و شدیدتر سرعت خود را کاهش دهند و سپس باید با حرکت به سمت خط مرکزی برای صاف کردن منحنی، آن را جبران کنند. نتیجه‌گیری می‌شود که در حالی که رانندگان می‌توانند به اندازه کافی در پیچ‌هایی که دارای پیش‌نمای متوسط هستند، سازگار شوند، وقتی دید کمتر از آستانه (در این مورد ۲۰ درصد پیش‌نمایش) می‌شود، رانندگان نمی‌توانند (یا مایلند) سرعت خود را به طور مناسب کاهش دهند و در نتیجه خطر عبور از خط را دارند (Jamson and et al., 2015).

۴.۲. رابطه کاهش سرعت پیش‌بینی شده برای قوس افقی - پیچ‌ها و ایمنی در جاده‌های روستایی دو خطه

اسپانیا^۷

بر اساس مطالعات مختلف، کاهش سرعت به عنوان یکی از عوامل مهم در ایمنی راه‌ها در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل، چندین دستورالعمل برای حداکثر کاهش سرعت مطلوب از مماس‌ها به منحنی‌های افقی و برای حداکثر تفاوت بین

4 Safety Performance Function

5 Crash Modification Factor

6 Negative Binomial Regression

7 Spain

سرعت طراحی و عملکرد در منحنی های افقی توصیه شده است. مدل سازگاری طراحی مدل طراحی^۸ ایمنی بزرگراه^۹ (IHSDM) تحلیلی از رابطه بین کاهش سرعت و تصادفات برای منحنی های افقی در بزرگراه های روستایی دو خطه ایالات متحده^{۱۰} ارائه می دهد. این مقاله رابطه بین کاهش سرعت و تصادفات را برای منحنی های افقی در بزرگراه های روستایی دو خطه اسپانیا ارائه می دهد. مدلی برای استفاده از تحلیل رگرسیون برای پیش بینی خرابی ها ارائه شده است. نوردهی، طول منحنی و تفاوت در سرعت های ۸۵ (V85*) بین مماس های متوالی و منحنی های افقی و بین منحنی های متوالی استفاده می شود. ضرایب مدل با ضرایب به دست آمده برای بزرگراه های ایالات متحده متفاوت بود، اگرچه مقادیر معیارهای برازش مشابه بود. علاوه بر این، رابطه بین تصادفات و تفاوت در سرعت نیز تجزیه و تحلیل می شود، به جای در نظر گرفتن تفاوت سرعت به عنوان یک اختلاف سرعت که ۸۵ درصد از رانندگانی که تحت شرایط جریان آزاد حرکت می کنند (۸۵) تجاوز نمی کند (De Oña and et al., 2014).

۵.۲. رابطه بین طرح هندسی، سرعت سفر مشاهده شده در حوادث روستایی

سرعت عامل اصلی در تصادفات مرگبار و جدی در محیط روستایی است (۳۵٪ تصادفات مرگبار و ۲۸٪ تصادفات جدی در سال ۲۰۰۳). در چنین تصادفاتی، عموماً رانندگان به عنوانی توصیف می شوند که خیلی سریع برای شرایط خاص حرکت می کنند. براساس این فرض که رانندگان عمداً برای شرایط خیلی سریع حرکت نمی کنند، چه جنبه هایی از تراز جاده بر انتخاب سرعت رانندگان تأثیر می گذارد؟ این تحقیق با استفاده از داده های هندسه بزرگراه، سرعت و تصادف جمع آوری شده طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ در شش بخش جاده ۲۰ کیلومتری واقع در کانتربری^{۱۱} (SH73)، بلنهایم^{۱۲} (SH1)، وانگانوی^{۱۳} (SH3) و وانگری^{۱۴} (SH1)، رابطه بین شعاع منحنی را بررسی می کند. محیط سرعت قبلی و سرعت های مذاکره منحنی مشاهده شده توسط رانندگان و سرعت های آزاد مشاهده شده با سرعت «ایمن» مقایسه شد. که به عنوان تابعی از سرعت طراحی هر منحنی اندازه گیری می شود. رابطه بین سرعت و وقوع تصادف با مرتبط کردن تصادفات به تفاوت بین سرعت مشاهده شده و ایمن بررسی می شود. این مطالعه با استفاده از داده های جمع آوری شده در شش بخش بزرگراه ایالتی، رابطه بین هندسه جاده، سرعت سفر مشاهده شده و تصادفات را بررسی کرده است. داده ها شامل مشخصات سرعت برای نمونه ای از رانندگان جوان و عمدتاً مرد، داده های هندسه راه (شعاع انحنا و ریزش متقاطع روسازی) در فواصل ۱۰ متری به عنوان بخشی از نظارت سالانه اصطکاک روسازی (SCRIM) جمع آوری شده است و داده های خرابی مجموعه داده نهایی شامل ۴۸۸ منحنی بود که در مجموع ۸۹ تصادف آسیب ناشی از منحنی و ۱۲۸ تصادف غیر آسیبی مربوط به منحنی ثبت شده بود. نتایج بیانگر آن بود که بهترین مدل برای پیش بینی سرعت مذاکره یک منحنی خاص بر اساس شعاع منحنی و عبارتی است که محیط سرعت نزدیک اندازه گیری شده در ۵۰۰ متر قبلی را نشان می دهد. (Turner & Tate., 2009)

۶.۲. برس شتابی قائم وسیله نقلیه در قوس های قائم با استفاده از مدل دینامیک M-B^{۱۵}

قوس های قائم از اجزای اصلی جاده هستند که در طراحی قوس قائم، پارامترهایی مهم و اصلی از جمله مسافت دید، راحتی سرنشینان وسیله نقلیه، زهکشی آب های جاری روی جاده و زیبایی مسیر باید در نظر گرفته شوند. هدف اصل جهت بررسی شتاب قائم، از نرم افزارهای شبیه سازی دینامیک خودرو استفاده می شود. مسیرها، سرعت ها وسایل نقلیه طرح مورد استفاده در نرم افزار به نوعی انتخاب شده اند که حالت های مختلف قوس های قائم را در بر گیرند که به معرفی مدل های دینامیکی، نرم افزار

8 Design Consistency Module
9 Interactive Highway Safety Design Model
10 United States
11 Canterbury
12 Blenheim
13 Wanganui
14 Whangerei
15 Multi-Body

و متغیرهای استفاده شده به ترتیب پرداخته شده است. نتایج بیانگر آن بود که روابط طراحی طول قوس قائم بر اساس مدل جرم نقطه‌ای است با توجه به اینکه خودرو یک جسم چند بعدی است با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی دینامیک بر اساس مدل M-B شتاب قائم وسایل مختلف تحت سرعت‌ها و مسیرهای گوناگون مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت می‌توان بیان کرد که اختلاف شتاب قائم برآورد شده توسط دو مدل قابل ملاحظه است و می‌توان در طراحی قوس‌های قائم به این اختلاف و پاسخ‌های دینامیک حاصل از مدل M-B توجه جدی‌تری داشت (شیرینی و عبدی، ۱۳۹۹).

۷.۲. تأثیر عوامل انسانی بر کاهش ایمنی در قوس‌های افقی

تصادف جاده‌ای از عوامل مهم مرگ و میر در کشور ایران بوده و صدمات شدید جانی و مالی جامعه ما را به شدت مورد تهدید قرار می‌دهند ایمنی در تردد وسایل نقلیه یکی از اصولی‌ترین مبانی در مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل و نقل است که هدف اصلی در واقع یافتن راهی جهت چگونگی افزایش ایمنی و کاهش نرخ تصادفات با توجه به ارتباط بین عوامل انسانی و هندسه جاده می‌باشد. به طور کلی عوامل مؤثر بر تصادفات به گروه‌های خاصی تقسیم می‌شوند که از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان ویژگی مناسب راه، خصوصیات روسازی و همچنین جریان ترافیکی و عوامل انسانی به خصوصیات راننده، رفتار و حالت روحی راننده اشاره کرد. قوس‌های افقی از جمله نقاط بحرانی جاده‌هاست که در این نقاط عوامل متعددی باعث بروز تصادفات مختلف به خصوص واژگونی و سرخوردگی وسیله نقلیه می‌شود. نتیجه‌گیری می‌شود در جاده‌های دو طرفه مهم‌ترین مانع در فاصله دید معمولاً وسیله نقلیه ایست که راننده قصد سبقت گرفتن از آن را دارد و همچنین هر چه قوس افقی جاده تیزتر و شعاع قوس کمتر باشد، کیفیت رانندگی کاهش یافته و جا به جایی وسیله نقلیه در عرض خط و نیز تغییر ناگهانی سرعت رانندگان موجب افزایش تصادفات یک یا چند وسیله نقلیه می‌شود (عبدی و همکاران، ۱۳۹۵).

۸.۲. اصلاح خط‌کشی قوس‌های ترکیبی افقی و قائم به منظور افزایش درک رانندگان و کاهش پتانسیل

با توجه به مطالعات نشان داده شده که تشخیص میزان انحنای قوس‌های افقی که با یک قوس قائم ترکیب شده‌اند را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش سرعت در قوس‌های ترکیبی افقی و قائم باعث کاهش خطای دید می‌شود در شرایطی که قوس افقی با یک قوس قائم کاسه‌ای ترکیب شده باشد، میزان خطای دید رانندگان نسبت به حالت‌های مشابه دیگر بیشتر است. از هدف‌های مهم و اصلی ایمن سازی و اصلاح طرح هندسی نقاط حادثه خیز در مسیرهای اصلی می‌باشد. در این پژوهش مطالعه و بررسی تحقیقات گذشته روش جدیدی برگرفته از کشورهای موفق در بحث ایمنی راه، پیرامون افزایش ایمنی و کاهش سرعت در قوس‌های ترکیبی افقی و قائم الهام گرفته است. نتایج بیانگر آن بود که از راهکارهای اقتصادی که در کوتاه مدت می‌تواند باعث کاهش عوامل منجر به تصادف شود بهره‌گیری از خط‌کشی مسیر می‌باشد. جهت افزایش سطح هوشیاری و کاهش خطای دید بوجود آمده در قوس‌های ترکیبی افقی و قائم از خط‌کشی عرض محیطی بهره گرفته است (مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

۹.۲. طراحی مدل ارتقاء ایمنی راه برای قوس‌های افقی با استفاده از فاکتور فاصله دید

هدف از بررسی زمینه سازی و آگاهی به طراحان به رویکرد پیشگیرانه طراحی عناصر مقاطع راه است که به حداقل رساندن خطر و کاهش تصادف با فاصله دید ایمنی در قوس‌های افقی را ملاحظه قرار داده است. در بررسی تصادف جاده‌ای نشان می‌دهد که ۵۰ یا ۶۰ درصد تصادفات در راه‌های دو خطه بدون شهری اتفاق می‌افتد که نیمی از این تصادفات در قوس راه‌ها به وقوع می‌پیوندد. بنابراین ضروری است علاوه بر دقت در طراحی قوس‌های افقی در مرحله مطالعات راه‌های جدید با استفاده از روش‌های علمی یا قوس‌های واقع در راه‌های موجود را شناسایی قوس‌هایی با ریسک تصادفات زیاد و راه‌هایی برای کاهش اجتماعی تصادف پرداخت شود. نتیجه مورد بحث با افزایش فاصله دید از میزان تصادفات کاسته شده لذا در محورهایی که بخشی از کوه‌ها در فاصله دید قرار دارند می‌توان با ترانشه برداری فاصله دید را گسترش داد بخصوص در جاده دو خطه کوهستانی بیشتر مورد استفاده است (آقامحمدی و عبدی، ۱۳۹۳).

۱۰.۲. بررسی پارامترهای مؤثر بر ایمنی وسیله نقلیه در قوس‌های افقی ترکیب شده با امتداد قائم

افزایش ایمنی قوس‌های افقی بخصوص در مسیرهای کوهستانی به دلیل احتمال ترکیب قوس‌های افقی مسیر با قوس قائم، دو چندان خواهد شد. یکی از مهم‌ترین خطراتی که وسیله نقلیه را هنگام گردش در قوس‌ها تهدید می‌کند خطر واژگونی وسیله نقلیه است مهم‌ترین عامل وقوع پدیده واژگونی وارد شدن شتاب جانبی بیش از حد تحمل وسیله نقلیه است. نتایج بیانگر آن بود که ترکیب قوس‌های افقی با امتداد قائم مسیر شرایط بحرانی‌تری را برای ایمنی وسیله نقلیه هنگام چرخش ایجاد می‌کند. همچنین مهم‌ترین معیارهای بررسی ایمنی وسیله نقلیه در هنگام عبور از قوس برآورد مقاومت وسیله نقلیه در برابر سرخوردگی و واژگونی است (توسلی و عبدی، ۱۳۹۳).

۳. نتایج و بحث

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در قوس‌های افقی و پیچ راهکارهای زیادی مد نظر است تا ایمنی کافی برای استفاده کنندگان از راه‌ها صورت گیرد که اعم از استفاده کردن از نرم‌افزارهای موجود و بهینه‌سازی قوس‌ها و پیچ‌ها تا دید رانندگان برای قدرت تصمیم‌گیری و فاصله زمانی کافی برای عکس‌العمل موجود توسط راننده ایجاد گردد بهترین راه حل موجود برای قدرت دید بهتر در پیچ‌ها و قوس‌ها باز کردن قدرت دید توسط برداشتن ترانسه‌های موجود در قوس‌ها می‌دانند که تأثیر بسزایی در دید رانندگان در راه دارد. لذا با توجه به اینکه می‌توان خط‌کشی در راه‌های موجود را به خصوص در پیچ‌ها و قوس‌ها به صورت هشدار دهنده به خصوص در هنگام راه دارد را می‌توان انجام داد در غیر اینصورت باید قبل از طراحی مسیر طراحان با بهترین وضع موجود از راه به طراحی قوس‌ها که دید بهتری برای راننده ایجاد کند به عمل آورند و ایمنی وسیله نقلیه در هنگام عبور از قوس در برابر پدیده سرخوردگی و واژگونی پدید آورد. اهم نتایج حاصل از این مطالعه به شرح زیر است:

۱. ارائه طرح کاهش خطر برای حمایت از تصمیم‌گیری‌های آینده کمک می‌کند که عملکرد بهتری را برای کاربران جاده تضمین می‌کند.
۲. با توجه به اینکه عملکرد ایمنی در منحنی‌های افقی با توجه به حجم ترافیک و طول قطعه به طور قابل توجهی با مقاطع مماس متفاوت است و از طرفی تفاوت‌های قابل توجهی در روابط بین سایر متغیرهای هندسی و جاده و عملکرد ایمنی روی مماس‌ها و منحنی‌ها مشاهده می‌شود در نتیجه ارائه پیش‌بینی عملکرد ایمنی مانند تابع عملکردی SPF خاص منحنی می‌تواند بصورت راهنمای ایمنی بزرگراه مورد استفاده قرار بگیرد.
۳. زمانیکه که رانندگان می‌توانند به اندازه کافی در پیچ‌هایی که دارای پیش‌نمای متوسط هستند، سازگار شوند، وقتی دید کمتر از آستانه (در این مورد ۲۰ درصد پیش‌نمایش) می‌شود، رانندگان نمی‌توانند (یا مایلند) سرعت خود را به طور مناسب کاهش دهند و در نتیجه خطر عبور از خط را دارند.
۴. بهترین مدل برای پیش‌بینی سرعت مذاکره یک منحنی خاص بر اساس شعاع منحنی و عبارتی است که محیط سرعت نزدیک اندازه‌گیری شده در ۵۰۰ متر قبلی را نشان می‌دهد، مؤثر است.
۵. در جاده‌های دو طرفه مهم‌ترین مانع در فاصله دید معمولاً وسیله نقلیه ایست که راننده قصد سبقت گرفتن از آن را دارد و همچنین هر چه قوس افقی جاده تیزتر و شعاع قوس کمتر باشد، کیفیت رانندگی کاهش یافته و جا به جایی وسیله نقلیه در عرض خط و نیز تغییر ناگهانی سرعت رانندگان موجب افزایش تصادفات یک یا چند وسیله نقلیه می‌شود.
۶. یکی از راهکارهای اقتصادی که در کوتاه مدت می‌تواند باعث کاهش عوامل منجر به تصادف شود بهره‌گیری از خط‌کشی مسیر می‌باشد. جهت افزایش سطح هوشیاری و کاهش خطای دید بوجود آمده در قوس‌های ترکیبی افقی و قائم از خط‌کشی عرض محیطی بهره گرفته است.

۷. با افزایش فاصله دید از میزان تصادفات کاسته شده لذا در محورهایی که بخشی از کوهها در فاصله دید قرار دارند می توان با ترانشه برداری فاصله دید را گسترش داد بخصوص در جاده دو خطه کوهستانی بیشتر مورد استفاده است.
۸. ترکیب قوس های افقی با امتداد قائم مسیر شرایط بحرانی تری را برای ایمنی وسیله نقلیه هنگام چرخش ایجاد می کند. همچنین مهمترین معیارهای بررسی ایمنی وسیله نقلیه در هنگام عبور از قوس برآورد مقاومت وسیله نقلیه در برابر سرخوردگی و واژگونی است که باید مورد توجه قرار بگیرد.

منابع

- Abdi, A., Javadi, S., Moghim, S.H. (2016). The effect of human factors on the reduction of safety in horizontal arches. Second International Conference in New Research on Civil, Architectural & Urban management. Persian.
- Aghamohammadi, P., Abdi, A. (2014). Designing a road safety upgrade model for horizontal arches using the visibility distance factor, 8th National Congress of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Babol 07 and 08 May. Persian.
- Angelia H. (2006). "Speed Management Techniques for Collectors and Arterials", TRB Circular E-C019: Urban Street Symposium.
- De Oña, J., Garach, L., Calvo, F., & García-Muñoz, T. (2014). Relationship between predicted speed reduction on horizontal curves and safety on two-lane rural roads in Spain. Journal of transportation engineering, 140(3), 04013015.
- Federal Highway Administration, Manual on Uniform Traffic Control Devices, FHWA Publications, 2015.
- Gooch, J. P., Gayah, V. V., & Donnell, E. T. (2017). Safety Performance Estimation of Horizontal Curves on Two Lane, Two Way Rural Roads.
- Jamson, S. L., Benetou, D., & Tate, F. (2015). The impact of arc visibility on curve negotiation. Advances in Transportation Studies, 37, 79-92.
- Kallebasti, T.B., Abdi, A. (2015). Investigation of parameters affecting vehicle safety in horizontal curves combined with vertical extension, the first national conference on civil engineering, urban planning and sustainable development, Tehran 06 February 2015. Persian.
- Montoya-Alcaraz, M., Mungaray-Moctezuma, A., Calderón-Ramírez, J., García, L., & Martínez-Lazcano, C. (2020). Road safety analysis of high-risk roads: case study in baja California, México. Safety, 6(4), 45.
- Moghaddam, B.B., Mollasgahi, H. (2016). Correction of horizontal and vertical combined arc markings to increase driver perception and reduce the potential for accidents. Persian.
- Shirini, B., Kordani, A. A. (2020). Investigation of vertical acceleration of vehicles in vertical arches using dynamic model, Transportation Infrastructure Engineering, Fifth Year, Twenty-One Consecutive. Persian.
- Turner, S., & Tate, F. N. (2009). Relationship between road geometry, observed travel speed and rural accidents. NZ Transport Agency.