بسم‌الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی عمران

پیش‌بینی سرعت عملکردی قوس‌ها در جاده‌های دوخطه برون‌شهری

مسلم جباری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
در رشته
مهندسی عمران – راه و ترابری

استاد راهنما: دکتر علی منصور خاکی

دی‌ماه ۱۳۸۲

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که عاشقانه دوستشان دارم

سپاسگزاری

بدینوسیله از استاد ارجمند جناب آقای دکتر علی منصور خاکی که در انجام این پروژه از راهنمایی‌ها و نظریات ارزشمند ایشان بهره‌مند شدم، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

همچنین بر خود لازم می‌دانم که از پدر بزرگوارم آقای نوروزعلی جباری که در اندازه‌گیری سرعت به من کمک فراوانی کردند سپاسگزاری کنم. همچنین از دوست عزیزم مهندس محمود بهزادیان‌فر که در روش PCA از نظریات ایشان بهره‌مند شدم تشکر می‌کنم.

چکیده

بررسی تصادفات جاده‌ای نشان می‌دهد که ۵۰ تا ۶۰ درصد تصادفات منجر به مرگ در جاده‌های دوخطه برون‌شهری اتفاق می‌افتد و نیمی از این درصد در قوس‌ها به وقوع می‌پیوندد. بنابراین به این قسمت از شبکه جاده‌ها باید دقت و تاکید بیشتری شود. جاده به عنوان یکی از پارامترهای درگیر در امر ترابری نقش بسزایی در ایمنی دارد و در طراحی آن باید توجه خاصی مبذول شود. تا به امروز قریب ۷۵ سال می‌باشد که در طراحی جاده‌ها از سرعت طرح استفاده می‌شود. اما اخیرا نگرانی‌هایی در مورد استفاده از مقوله سرعت طرح مطرح شده است. این نگرانی‌ها و تحقیقات انجام شده در این مورد، ما را به سمت استفاده از سرعت عملکردی سوق می‌دهد. در روش سرعت عملکردی، سعی می‌کنیم رفتار راننده را پیش‌بینی کنیم تا طرح‌های انجام شده و طرح‌های جدید را مورد ارزیابی قرار دهیم. در این روش سرعت وسایل نقلیه را بر اساس مشخصات هندسی مسیر مدل می‌کنیم. در این پروژه، برای اندازه‌گیری سرعت‌ها، وسیله سرعت‌سنج کم‌هزینه و با دقت بالا ساخته شد و به کمک آن به اندازه‌گیری سرعت در طول تقریبا ۳۰ کیلومتر از جاده‌های دوخطه برون‌شهری استان کهگیلویه و بویراحمد پرداختیم. به کمک اندازه‌گیری‌های انجام شده و نتایج حاصل از تحقیق اداره بزرگراه آمریکا و مدل TWOPAS، روش رسم پروفیل سرعت عملکردی در جاده‌های دوخطه برون‌شهری ارائه شده است. با استفاده از این پروفیل سرعت و با توجه به تفاوت سرعت هر المان از جاده نسبت به المان ماقبل خود می‌توانیم جاده‌های دوخطه برون‌شهری را از لحاظ ایمنی تقسیم‌بندی کنیم. در ادامه به کمک روش تصمیم‌گیری چندمتغیره PCA و مدل‌های تصادفات ارائه شده در مورد جاده های دوخطه برون‌شهری، روشی برای رتبه‌بندی قطعات مختلف جاده‌های دوخطه برون‌شهری ارائه شده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- تعریف مسأله

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ ضرورت انجام پروژه ۲

۱-۳ هدف از انجام تحقیق ۶

۱-۴ خلاصه مطالب بحث شده در تحقیق ۸

۲- کاوش در متون

۲-۱ مقدمه ۱۰

۲-۲ ارزیابی ایمنی طرح هندسی ۱۰

۲-۲-۱ روش سرعت طرح ۱۱

۲-۲-۲ روش سرعت عملکردی ۱۴

۲-۳ روش طرح سازگار در کشور سوئیس ۱۵

۲-۴ روش طرح سازگار در کشور آلمان ۱۶

۲-۵ روش طرح سازگار در کشور استرالیا ۱۷

۲-۶ روش طرح سازگار ارائه شده توسط Leisch و Leisch ۱۷

۲-۷ تحقیقات Lamm و همکارانش به منظور حصول یک طرح سازگار ۱۸

۲-۸ تحقیقات Krammes و همکارانش به منظور حصول یک طرح سازگار ۱۹

۲-۹ طراحی سازگار در ترکیب افقی و قائم مسیر ۲۰

۲-۱۰ تخمین سرعت عملکردی ۲۱

۲-۱۰-۱ تخمین سرعت عملکردی مسیرهای افقی ۲۲
۲-۱۰-۱-۱ شعاع قوس افقی ۲۲
۲-۱۰-۱-۲ طول قوس افقی و زاویه تقاطع آن ۲۵
۲-۱۰-۱-۳ دِوِر ۲۶
۲-۱۰-۱-۴ مقطع عرضی ۲۶
۲-۱۰-۱-۵ قوس‌های اتصال ۲۷
۲-۱۰-۲ مسیرهای قائم ۲۹
۲-۱۰-۲-۱ قوس‌های قائم ۳۰
۲-۱۰-۲-۲ شیب‌ها ۳۳
۲-۱۰-۳ ترکیب مسیرهای افقی و قائم ۳۴
۲-۱۱ شتاب افزاینده و کاهنده ۳۷
۲-۱۲ استفاده از شاخص‌های مسیر به منظور پیش‌بینی سرعت عملکردی ۴۱
۲-۱۳ تاثیر شرایط جوی و روشنایی بر روی سرعت در جاده‌های برون‌شهری ۴۲
۲-۱۴ سرعت در شرایط جوی خشک ومرطوب ۴۳
۲-۱۵ سرعت در طول روز در مقایسه با شب ۴۴
۲-۱۵-۱ تحقیقات Guzman برای مطالعه سرعت در شب و روز ۴۵
۲-۱۶ خلاصه‌ای از تحقیقات بررسی شده ۴۷

۳- روش تحقیق

۳-۱ مقدمه ۵۰
۳-۲ جمع‌آوری اطلاعات ۵۱
۳-۳ فرضهای انجام شده ۵۳
۳-۴ عملکرد وسیله نقلیه در شیب‌ها ۵۴

۳-۵ مدل TWOPAS ۵۵
۳-۵-۱ معادلات عملکرد خودروهای سواری ۵۶
۳-۵-۲ معادلات عملکرد خودروهای تفریحی (RVها) ۶۴
۳-۵-۳ معادلات عملکرد خودرو برای کامیونها ۶۴
۳-۶ روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره ۶۸
۳-۶-۱ روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) ۶۹
۳-۶-۱-۱ محاسبه مؤلفه‌های اصلی ۷۱
۳-۶-۱-۲ خلاصه مراحل محاسبه مؤلفه‌های اصلی ۷۴
۳-۷ تعاریف استفاده شده در پایان‌نامه ۷۵
۳-۸ علائم اختصاری استفاده شده در پایان‌نامه ۷۹

۴- ارائه مدل پروفیل سرعت

۴-۱ مقدمه ۸۲
۴-۲ وسایل اندازه‌گیری سرعت ۸۳
۴-۳ ساخت وسیله اندازه‌گیری سرعت ۸۳
۴-۳-۱ مفاهیم اولیه صوت ۸۴
۴-۳-۲ روش اندازه‌گیری سرعت ۸۷
۴-۳-۳ روش محاسبه سرعت بوسیله نرم‌افزار Sonic Foundary Forge Sound ۹۰
۴-۳-۴ روابط اندازه‌گیری سرعت و شتاب وسیله نقلیه ۹۳
۴-۴ حذف بعضی از داده‌ها ۹۶
۴-۵ بررسی نرمال بودن داده‌ها ۹۷
۴-۶ ارائه مدل‌های پیش‌بینی سرعت عملکردی ۹۸
۴-۷ آزمون عدم برازش خطی بودن ۱۰۱
۴-۸ مقایسه سرعت عملکردی وسایل نقلیه در سرازیری و سرازیری ملایم ۱۰۵

۴-۹ پیش‌بینی سرعت عملکردی وسایل نقلیه سنگین ۱۰۷
۴-۱۰ پیش‌بینی سرعت عملکردی در شیب‌های تند ۱۰۸
۴-۱۱ پیش‌بینی سرعت عملکردی در قوس‌های قائم و ترکیب قوس‌های افقی و قائم ۱۰۹
۴-۱۲ سرعت مطلوب راننده ۱۱۰
۴-۱۳ پیش‌بینی سرعت عملکردی وسایل نقلیه در شیب ۱۱۳
۴-۱۴ شتاب وسایل نقلیه در قبل و بعد از المان‌های هندسی ۱۱۵
۴-۱۵ رسم پروفیل سرعت عملکردی ۱۲۳
۴-۱۶ مثال رسم پروفیل سرعت عملکردی ۱۲۴
۴-۱۷ ضریب ایمنی در جاده‌های دوخطه برون‌شهری ۱۲۶

۵- رتبه‌بندی جاده‌های دوخطه از لحاظ ایمنی

۵-۱ مقدمه ۱۳۱
۵-۲ استفاده از شاخص‌های مسیر در آلمان ۱۳۲
۵-۳ استفاده از شاخص‌های مسیر بوسیله Polus ۱۳۳
۵-۴ فواید استفاده از شاخص‌های مسیر به منظور بررسی سازگاری طرح ۱۳۳
۵-۵ متوسط شعاع ۱۳۵
۵-۶ بیشینه شعاع به کمینه شعاع ۱۳۶
۵-۷ متوسط طول مماس‌ها ۱۳۷
۵-۸ متوسط نرخ انحنای قائم ۱۳۸
۵-۹ نسبت شعاع قوس به متوسط شعاع قوس‌ها ۱۳۹
۵-۱۰ نسبت طول مماس به متوسط طول مماس‌ها ۱۴۰

۵-۱۱ استفاده از شاخص‌های مسیر به منظور بررسی ایمنی جاده‌های دوخطه ۱۴۰
۵-۱۲ رتبه‌بندی جاده‌های دوخطه از لحاظ ایمنی ۱۴۳
۵-۱۳ مثال رتبه‌بندی جاده‌های دوخطه برون‌شهری ۱۴۵
۵-۱۴ نتیجه‌گیری ۱۴۸
۵-۱۵ ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۵۳

پیوست-۱ (سرعت‌های بدست آمده از اندازه‌گیری سرعت) ۱۵۴

پیوست-۲ (مسیرهای استفاده شده در مثال رتبه‌بندی جاده‌های دوخطه برون‌شهری) ۱۵۹

منابع و مؤاخذ ۱۶۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ سرعتهای طرح برای شعاع‌های یکسان و e_{max}های مختلف ۱۳

جدول۲-۲ معادلات رگرسیون برای پیش‌بینی سرعت عملکردی در قوس‌های افقی در آمریکا ۲۴

جدول۲-۳ مدل‌های پیش‌بینی سرعت عملکردی ارائه شده توسط FHWA ۳۳

جدول ۳-۱ مشخصات عملکردی خودروهای سواری ۶۱

جدول۳-۲ شتاب‌ها و سرعت‌ها برای یک خودروی سواری با عملکرد متوسط، بر روی یک سربالایی ۵ درصد که در ادامه آن یک مسیر مسطح وجود دارد ۶۲

جدول ۳-۳ مراحل محاسبه شتاب و سرعت ۶۳

جدول ۳-۴ خصوصیات عملکردی RVها ۶۴

جدول ۳- ۵ خصوصیات عملکردی کامیون ۶۷

جدول ۴-۱ مشخصات قوس‌های افقی و V_{85} اندازه‌گیری شده برای آنها (در سرازیری‌ها) ۹۸

جدول ۴-۲ مشخصات قوس‌های افقی و V_{85} اندازه‌گیری شده برای آنها (در سربالایی) ۹۹

جدول ۴-۳ مدل‌های مختلف بر اساس شعاع قوس ۱۰۱

جدول۴-۴ خلاصه آزمون عدم برازش مدل رگرسیون خطی ۱۰۴

جدول۴-۵ آزمون عدم برازش مدل پیش بینی سرعت رگرسیون خطی در سرازیری ۱۰۵

جدول ۴-۶ سرعت عملکردی در قوس‌های قائم و ترکیب قوس‌های قائم و افق ۱۱۰

جدول ۴-۷ معادلات پیش‌بینی سرعت عملکردی برای وسایل نقلیه سبک ۱۱۱
جدول۴-۸ سرعتهای مطلوب راننده ۱۱۲
جدول ۴-۹ پروفیل طولی مسیر برای رسم پروفیل سرعت ۱۱۵
جدول ۴-۱۰ شتاب کاهنده و افزاینده در قوس‌ها ۱۱۷
جدول ۴-۱۱ کیفیت جاده‌های دوخطه برون‌شهری بر اساس مقدار کاهش سرعت ۱۳۰
جدول ۵-۱ تعداد تصادفات در طول سه سال ۱۴۶
جدول ۵-۲ ضرایب مؤلفه‌های اصلی ۱۴۷
جدول ۵-۳ مقادیر مؤلفه‌های اصلی برای هرکدام از مسیرها ۱۴۷
جدول ۵-۴ امتیاز مسیرها از طریق روش PCA ورتبه‌بندی آنها از لحاظ ایمنی ۱۴۸
جدول ۱-۱ پیوست داده‌های سرعت بدست آمده در اندازه‌گیری سرعت ۱۵۴
ادامه جدول ۱-۱ پیوست ۱۵۵
ادامه جدول ۱-۱ پیوست ۱۵۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ شتاب کاهنده در قوس‌های افقی ۴۰

شکل ۲-۲ شتاب افزاینده در قوس‌های افقی ۴۰

شکل۳-۱ مثالی از منحنی عملکردی خودروی سواری ۵۷

شکل ۴-۱ تغییرات فشار هوا بر اساس زمان ۸۴

شکل ۴-۲ شکل موج صدا در واقعیت ۸۵

شکل ۴-۳ چشمه صوت که موج‌هایی را در فضا منتشر می‌کند ۸۵

شکل ۴-۴ اندازه‌گیری سرعت در جاده ۸۸

شکل ۴-۵ وسیله اندازه‌گیری سرعت ۸۸

شکل ۴-۶ سنسورهای فشاری ۸۹

شکل۴-۷ شکل موج صداهای آژیر، ضبط شده در نرم‌افزار ForgeSound برای شش وسیله نقلیه ۹۱

شکل ۴-۸ شکل موج صداهای آژیر، ضبط شده در نرم‌افزار ForgeSound برای یک وسیله نقلیه ۹۲

شکل ۴-۹ شکل موج صدای یک آژیر، ضبط شده در نرم‌افزار ForgeSound ۹۲

شکل ۴-۱۰ شکل موج حاصل از قطع و وصل کلید واکمن ۹۳

شکل ۴-۱۱ نمودار سرعت-زمان در فاصله L برای یک وسیله نقلیه دو محوری ۹۴

شکل ۴-۱۲ V_{80} بر اساس شعاع (R) ۱۰۰

شکل ۴-۱۳ V_{80} بر اساس عکس شعاع $(\frac{1}{R})$ ۱۰۰

شکل ۴-۱۴ مدل بدست آمده وداده‌های استفاده شده در سرازیری ملایم $-۴٪ \leq G < ۰/۰٪$ ۱۰۲

شکل ۴-۱۵ مدل بدست آمده و داده‌های استفاده شده در سربالایی ملایم. $۰/۰ ٪ \leq G < +۴ ٪$ ۱۰۲

شکل ۴-۱۶ نمودار سرعت عملکردی در قوس‌های افقی با شیبهای $۰/۰٪ < G \leq +۴٪$ و $-۴٪ \leq G < ۰/۰٪$ ۱۰۶

شکل۴-۱۷ مقایسه مدل پیش‌بینی سرعت عملکردی ارائه شده با بعضی مدل‌های دیگر (قوس‌های افقی در شیب ۰ تا ۴ درصد) ۱۰۷

شکل ۴-۱۸ مقایسه سرعت عملکردی خودروهای سواری در شیب‌های ملایم و تند و شیب‌های مثبت و منفی ۱۰۹

شکل ۴-۱۹ پروفیل طولی برای رسم پروفیل سرعت عملکردی خودروی پیکان سواری (پلان این مسیر، مستقیم و بدون قوس افقی می‌باشد) ۱۱۴

شکل ۴-۲۰ پروفیل سرعت برای خودروی سواری پیکان، که در یک مسیر بدون قوس افقی (پروفیل طولی مسیر مطابق جدول ۴-۹ می‌باشد) ۱۱۴

شکل ٤-۲۱ شتاب کاهنده در قوس‌های افقی ۱۱۶

شکل ۴-۲۲ شتاب افزاینده در قوس‌های افقی ۱۱۶

شکل ۴-۲۳ اعمال شتاب افزاینده و کاهنده در شرایطی که $TL > TL_c$ ۱۲۰

شکل ۴-۲۴اعمال شتاب کاهنده و افزاینده در شرایطی که $TL_a < TL_c$ و $X_{fd} < TL_a$ ۱۲۰

شکل ۴-۲۵ اعمال شتاب کاهنده و افزاینده در شرایطی که $X_d = TL_a$ ۱۲۱

شکل ۴-۲۶ اعمال شتاب کاهنده و افزاینده در شرایطی که $TL_a < X_d$ ۱۲۱

شکل ۴-۲۷ اعمال شتاب کاهنده و افزاینده در شرایطی که $X_a < TL_a < TL_c$ ۱۲۲

شکل ۴-۲۸ اعمال شتاب کاهنده و افزاینده در شرایطی که $TL < X_d$ ۱۲۲

شکل ۴-۲۹ پلان و پروفیل طولی برای رسم پروفیل سرعت عملکردی ۱۲۵
شکل ۴-۳۰ پروفیل سرعت عملکردی- مسافت مسیر شکل ۴-۲۹، پیش از اعمال شتاب‌های کاهنده و افزاینده در قوس‌ها ۱۲۵
شکل ۴-۳۱ پروفیل سرعت عملکردی- مسافت مسیر شکل ۴-۲۹، بعد از اعمال شتاب‌های کاهنده و افزاینده در قوس‌ها ۱۲۶
شکل ۴-۳۲ مقدار تصادفات بر اساس کاهش سرعت، برای AADT برابر ۳۰۰۰vph و قوسی با طول ۱km، بر اساس مدل ارائه شده توسط FHWA ۱۲۹
شکل ۵-۱ تعداد تصادفاتی که در طول سه سال رخ می‌دهد بر اساس تفاوت سرعت در المان‌های متوالی و شاخص‌های مسیر ۱۴۳

فصل اول

تعریف مسأله

تعریف مسأله

۱-۱ مقدمه

بررسی تصادفات جاده‌ای نشان می‌دهد که تصادفات در قوس‌ها تمرکز بیشتری دارد و جاده‌های دوخطه برون‌شهری نیز بیشترین ریسک و شدت تصادفات را دارند، بطوریکه ۵۰ تا ۶۰ درصد تصادفات جاده‌ای در جاده‌های دوخطه برون‌شهری اتفاق می‌افتد و نیمی از این درصد در قوس‌ها به وقوع می‌پیوندد[۳۵]. بنابراین به این قسمت از شبکه جاده‌ها باید دقت و تأکید بیشتری شود و ضروری به نظر می‌رسد، روشی اتخاذ شود که به کمک آن بتوانیم رفتار راننده را پیش‌بینی کنیم تا طرح‌های انجام شده و طرح‌های جدید را مورد ارزیابی قرار دهیم.

جاده به عنوان یکی از پارامترهای درگیر در امر ترابری نقش بسزایی در ایمنی دارد و در طراحی آن باید دقت خاصی مبذول شود. در جاده‌ای که سازگار با انتظارات راننده می‌باشد، راننده اشتباه کمتری مرتکب شده و حرکت ایمن‌تری خواهد داشت، چنین طرحی را طرح سازگار می‌نامیم، یعنی طرحی که سازگار با انتظارات راننده باشد. در یک طرح ناسازگار، هنگامیکه جزیی از طرح انجام شده مطابق خواست و انتظار راننده نباشد، رانندگی نیاز به دقت بیشتری دارد، فشار بیشتری به راننده وارد می‌شود و مانورهای

حرکتی نامناسبی به راننده تحمیل می‌شود. در این شرایط امکان بروز اشتباه توسط راننده بیشتر خواهد بود و بدین ترتیب بروز تصادفات و ناامنی در جاده افزایش می‌یابد. بعد از استفاده از مقوله سرعت طرح توسط آمریکا در سال ۱۹۳۰، تا به امروز در بسیاری از کشورها در طراحی جاده‌ها از سرعت طرح استفاده شده است. در سال‌های اخیر نگرانی‌هایی در مورد استفاده از این روش طراحی بیان شده است. تحقیقات اخیر به منظور حل مشکلات بوجود آمده بواسطه استفاده از سرعت طرح، ما را به سمت استفاده از سرعت عملکردی سوق می‌دهد. هدف استفاده از سرعت عملکردی، انجام یک طرح سازگار با انتظارات راننده می‌باشد تا راننده در حین رانندگی اشتباه کمتری مرتکب شود.

۱-۲ ضرورت انجام پروژه

همانطور که بیان شد در سال‌های اخیر نگرانی‌هایی در مورد استفاده از سرعت طرح در طراحی جاده‌ها بوجود آمده است. مشکلات بوجود آمده بواسطه استفاده از مقوله سرعت طرح دلیل انجام این تحقیق می‌باشد. در ادامه، مشکلات بوجود آمده به دلیل استفاده از مقوله سرعت طرح، مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱- طراح سرعتی را به عنوان سرعت طرح انتخاب می‌کند و بر اساس آن مشخصات هندسی جاده را تعیین می‌کند. بعد از ساخت جاده و در هنگام بهره‌برداری از آن، این راننده می‌باشد که بر اساس انتظاری که مشخصات هندسی جاده برای او تعیین می‌کنند سرعت خود را انتخاب می‌کند.

به عنوان مثال در قوس قائم محدب با نرخ انحنای (K) برابر ۱۲، سرعت طرح ۵۰km/h می‌باشد[۱۰] و این سرعت بر پایه فرض حداقل فاصله دید توقف بدست

می‌آید. در صورتیکه بر اساس مدل ارائه شده توسط اداره بزرگراه آمریکا که بر پایه اندازه‌گیری‌های سرعت بدست آمده است، وسایل نقلیه در این قوس با سرعت۹۲/۶km/h حرکت می‌کنند[۴۷]. بنابراین در عمل سرعت در این قوس برابر سرعت طرح نمی‌باشد و سرعت طرح بیان شده نمی‌تواند بیانگر سرعت در واقعیت باشد و وسیله نقلیه در هنگام حرکت از این قوس فاصله دید کافی ندارد. بنابراین طرح انجام شده یک طرح غیر واقع‌بینانه می‌باشد که مقدمات بروز تصادفات و سوانح را فراهم می‌آورد.

۲- یکی از مشکلات اساسی سرعت طرح این می‌باشد که برای محاسبه مقادیر کمینه المان‌های جاده مورد استفاده قرار می‌گیرد. سرعت طرح، کمینه شعاع قوس و فاصله دید را محاسبه می‌کند. گرچه AASHTO مقادیر بزرگتری را پیشنهاد می‌کند، ولی این مقادیر با در نظر گرفتن توانایی‌های اقتصادی مهیا می‌شود[۱۰].

به عنوان مثال جاده‌ای را در نظر بگیرید که سرعت طرح آن ۹۰km/h می‌باشد و تنها یکی از قوس‌ها سرعت طرح ۹۰km/h دارد و سرعت طرح باقی قوس‌ها از این مقدار بیشتر است. به علت انتظاراتی که جاده به راننده القا می‌کند، راننده ممکن است این اجازه را به خود بدهد که با سرعتی بیش از سرعت طرح حرکت کند. این عامل می‌تواند باعث بروز تغییرات سرعت نامطلوبی در بین المان‌های جاده، بخصوص در قوس با سرعت طرح ۹۰km/h شود و بدین ترتیب احتمال بروز سوانح افزایش می‌یابد.

۳- سرعت طرح برای طرح قوس‌های افقی و قائم بکار می‌رود و مسیرهای منتهی به این قوس‌ها را در نظر نمی‌گیرد[۴۷]. اگر مسیر مستقیم به اندازه کافی طولانی باشد،

احتمال اینکه راننده در انتهای مسیر به سرعتی بیش از سرعت طرح قوس و سرعت لازم برای عبور از قوس برسد، افزایش می‌یابد.

۴- در طرح جاده بر اساس سرعت طرح، مسیرهای افقی و قائم بطور جداگانه طرح می‌شود. AASHTO تلاش می‌کند که از نقطه نظر دید راننده، تعریفی از ترکیب صحیح مسیرهای افقی و قائم ارائه دهد، به عنوان مثال یک قوس افقی نباید بعد از یک مسیر افقی طولانی قرار بگیرد و یا اینکه یک قوس افقی تند نباید در و یا بعد از انتهای یک قوس قائم مقعر قرار بگیرد[۱۰]. این مثال‌ها بارکاری راننده را افزایش می‌دهند و ممکن است باعث کاهش شدید سرعت و بروز تصادفات شود. برای بررسی مسیرهای با المان‌های ترکیبی، AASHTO روش‌های گرافیکی و یا طراحی‌های کامپیوتری را پیشنهاد می‌کند. هدف AASHTO حصول بهترین هماهنگی از نقطه نظر مفروضات انجام شده و نیز از نقطه نظر عملکرد و دید راننده می‌باشد.

روشی که یک راننده ترکیب مسیرهای افقی و قائم مسیر را تشخیص می‌دهد و از آن عبور می‌کند، ممکن است با روشی که طراح مورد ارزیابی قرار می‌دهد متفاوت باشد. از لحاظ سرعت عملکردی یکنواخت، استفاده از راهنمایی‌های AASHTO که در طراحی ترکیب افقی و قائم مسیر ارائه شده است ایمنی طرح را تضمین نمی‌کند[۴۷]. اصولا هر نوع تغییر سرعت در هنگام رانندگی بحرانی است و ترکیب قوس‌های افقی و قائم پیچیدگی رانندگی و بارکاری راننده را افزایش می‌دهد.

۵- مشکل دیگری که روش سرعت طرح دارد به دِوِر قوس‌های افقی مربوط می‌شود. با استفاده از مقدار نیروی گریز از مرکز در قوس‌های افقی و بر اساس بیشینه مقدار دِوِر، AASHTO جدولی را برای سرعت طرح، شعاع قوس و مقدار دِوِر ارائه