



پیش بینی سرعت عملکردی قوسهای ترکیبی قائم و افقی در جاده های دو خطه برون شهری جهت بهینه سازی طرح هندسی مسیر

محمد سعید منجم^۱، شرمین هدایت^۲

۱- دانشکده عمران خواجه نصیرالدین طوسی، گروه راه و ترابری، monajjem@sina.kntu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، sh_hedayat@sina.kntu.ac.ir، ۰۹۱۲۲۱۲۴۹۶۷

خلاصه

با توجه به اینکه جاده های دو خطه برون شهری سهم بالایی از شبکه حمل و نقل کشورمان را به خود اختصاص داده اند؛ سازگاری طرح هندسی راه و انتظارات رانندگان در جهت کاهش خطای انسانی و در پی آن کاهش تصادفات در این راه ها از اهمیت ویژه برخوردار است. سرعت اولین پاسخ راننده به طرح هندسی جاده می باشد و به علت افزایش بار کاری رانندگان در گذر از قوس قائم کاو مستقر بر روی قوس افقی، انتخاب سرعت دشوار تر می گردد. طبق مطالعات انجام شده در راههای کشور، سرعت بیش از حد وسایل نقلیه عامل بروز ۲۵٪ تصادفات و ۳۰٪ تلفات در راهها، بوده است. بنا بر ضرورت موضوع، این تحقیق با مشاهدات میدانی و بررسی سرعت عملکردی رانندگان، پارامترهای هندسی که در سازگاری مسیر و انتخاب سرعت راننده تاثیر دارند را مشخص کرد. در عملیات میدانی این تحقیق ۱۲ مکان قوسهای کاو مستقر بر قوس افقی انتخاب و سرعت سنجی بیش از ۳۰۰۰ خودروی سواری توسط لیزر گان در سه نقطه شروع قوس افقی، میانه و پایان قوس انجام گرفت. پس از انجام تحقیقات دو نتیجه مهم معلوم گشت: ۱- با قرارگیری قوس قائم کاو بر روی قوس افقی، سرعت عملکردی رانندگان در میانه قوس افقی، به علت وجود قوس قائم و در پی آن فراختر بنظر آمدن قوس افقی، بیشتر از سرعت ورودیشان در ابتدای قوس بوده است و با گذر از سراسیمه قوس قائم در انتهای قوس افقی از سرعتشان کاسته شده است. ۲- با در نظر گرفتن اطلاعات سرعت سنجی و مشخصات طرح هندسی مسیر شامل شعاع قوس افقی، بریلندی، اختلاف جبری شیب و ... بوسیله رگرسیون چند متغیره، مناسبترین معادله از سرعت عملکردی با بیشترین ضریب تشخیص رگرسیون جهت پیش بینی سرعت عملکردی استخراج شد؛ که برای بهینه سازی طرح هندسی مسیر در نقاط حضور قوس ترکیبی قائم و افقی بکار خواهد رفت.

کلمات کلیدی: سرعت عملکردی ۸۵٪، سرعت سنجی، قوسهای ترکیبی قائم و افقی و دوربین سرعت سنج.

مقدمه

اخیرا طرح به صفر رساندن تلفات جاده ای در سوئد اجرا شده است؛ طبق این طرح نباید کسی کشته یا جراحات جدی ببیند. اگرچه پیشگیری صد در صد از تصادفات به علت اجتناب ناپذیر بودن خطای انسانی غیر ممکن است اما راه ها می بایست به گونه ای طراحی و ساخته شوند تا این اشتباهات منجر به مرگ، صدمات جزئی و معلولیت انسانها نگردد [۱].

با توجه به رخدادن ۶۱/۳٪ کل تصادفات کشورمان در جاده های کشور به این نتیجه می رسیم که تنها خطای انسانی ناشی از کم دقتی رانندگان باعث بروز تصادفات جاده ای با ۱۷۰۰۰ نفر فوتی در سال ۸۴ نبوده بلکه، عوامل دیگری مانند عدم سازگاری بین انتظارات راننده و طرح هندسی راه بر این رقم تاثیر دارد؛ که نشان دهنده ناتوانی راننده در کنترل وسیله نقلیه به علت عدم دید نا مناسب و سرعت بالای راننده عدم حفظ تعادل ماشین در قوسهای غیر منتظره با شعاع کم و ... شده است. سرعت وسایل نقلیه به عنوان یکی از مهمترین و اصلی ترین عواملی که راننده در انتخاب آن به راحتی دچار خطا می گردد، قلمداد می شود. طبق آمارهای بدست آمده در کشورمان سرعت غیر مجاز وسایل نقلیه عامل بروز ۲۵٪ تصادفات، ۳۰٪ تلفات و ۴۰٪ مجروحین ناشی از تصادفات در راهها، شناخته شده است. [۲] با بررسی عامل راه از چهار عامل^۳ تصادفات جاده ای معلوم شد تاثیر گذار ترین پارامتر در تصادفات وجود قوس است و ۷۰ درصد تصادفات مربوط به محل قوسهای افقی می باشد. [۳]

^۱ استاد یار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

^۳ منظور از چهار عامل، انسان، راه، وسیله و شرایط محیطی.



از آنجا که راههای دوخطه برون شهری، ۷۰ درصد جاده های ایران را تشکیل داده اند و با توجه به اینکه در ایران که حدود ۹۲٪ کل بار و ۹۴٪ کل مسافر کشور از طریق زیر بخش حمل و نقل جاده ای جابجا می شود [۴]؛ پس بررسی و بهبود سازگاری قوسهای ترکیبی قائم و افقی با سایر نقاط مسیر از لحاظ سرعت عملکردی راننده با انجام تحقیقات میدانی و بررسی مقالات معتبر و برای پیشبینی سرعت عملکردی ۸۵ درصدی بوسیله رگرسیون پارامترهای مستقل مانند شعاع قوس افقی، شیب قوس قائم و فاصله تقاطع قوس افقی با قوس قائم و... در جهت کاهش تصادفات جاده ای ضرورت دارد.

مقایسه بین سرعت طرح و سرعت عملکردی و بیان سازگاری در راه

در مطالعات اخیر FHWA که بر روی ۱۳۸ قوس افقی در پنج ایالت مختلف آمریکا انجام گرفته است، با اندازه گیری سرعت عملکردی ۸۵٪ رانندگان در میانه قوسها و محاسبه سرعت طراحی قوسها با استفاده از فرمول $R = \frac{V^2}{127(0.01e + f)}$ و با لحاظ پارامترهای هندسی مربوط به هر قوس معلوم گشت که

در قوسهایی که سرعت طراحی آن کوچکتر مساوی با ۸۰ کیلومتر در ساعت بود، سرعت ۸۵٪ درصدی رانندگان بیشتر از سرعت طراحی منتج از فرمول شده است. اما این روند برای قوسهایی با سرعت طرح بالای ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت روندی معکوس دارد [۵]. بنابراین تعریف سرعت طرح و عملکردی ضرورت دارد. نخستین بار به علت افزایش نرخ تصادفات در قوسهای افقی، شخصی به نام بارت^۵ در سال ۱۹۳۶ مفهوم سرعت طرح را پایه گذاری کرد. تا با ورود خودروهای پر سرعت، رانندگان بخصوص در هنگام عبور از قوسهای افقی دچار تصادف نگردند. در سال ۱۹۵۴، آشو به تعریفی از سرعت دست یافت که تا ۴۰ سال بعد یعنی سال ۱۹۹۴ تقریباً با برجا باقی ماند [۸]. بر اساس این تعریف:

• سرعت طرح پیشنهادی باید با توجه به مجموعه شرایط توپوگرافی، کاربریهای مجاور مسیر و همچنین طبقه بندی عملکردی راه از مقدار منطقی برخوردار باشد.

• در صورت امکان برای طراحی اجزای طرح، مقادیری بیشتر از مقدار سرعت طرح انتخابی لحاظ گردد.

• سرعت طرح انتخابی باید با سرعتی که رانندگان وسایل نقلیه خود را احتمالاً با آن سرعت حرکت خواهند داد، سازگاری خوبی داشته باشند. یعنی سرعت طرح انتخابی باید بیشتر نیازها و همچنین عادات تقریباً تمامی رانندگان را تحت پوشش قرار دهد پس، درصد زیادی از رانندگان را شامل گردد. دو دلیل مهم برای عدم اعتماد به اینکه سرعت راننده در حالت عادی گذر از مسیر همان سرعت طراحی جاده است؛ عبارتند از: (۱) در طرح جاده بر اساس سرعت طرح، مسیرهای افقی و قائم بطور جداگانه (پروفیل طولی و عرضی) طراحی می شوند. (۲) سرعت طرح برای طراحی قوسهای افقی و قائم به کار می رود و مسیرهای مستقیم منتهی به این قوسها را در نظر نمی گیرند. اگر مسیر مستقیم به اندازه کافی طولانی باشد، احتمال اینکه راننده در انتهای مسیر به سرعتی بیشتر از سرعت طرح قوس برسد، افزایش می یابد [۵].

طبق تعریف آییننامه تجهیزات و کنترل ترافیک^۶ سرعت ۸۵ درصدی وسایل نقلیه، سرعتی است که ۸۵ درصد رانندگان در آن سرعت یا کمتر به رانندگی می پردازند. سرعت عملکردی از نظر آیین نامه طرح هندسی بزرگراهها (AASHTO ۲۰۰۱) بدینگونه بیان می شود: سرعت عملکردی سرعتی است که مشاهده می شود رانندگان در آن سرعت و در شرایط جریان آزاد ترافیک، وسایل نقلیه خود را می رانند. غالباً ۸۵ امین درصد سرعت در منحنی توزیع سرعتهای رسم شده، بیانگر سرعت عملکردی با توجه به اجزای طرح و محل قرارگیری مسیر می باشد.

سابقه تحقیق

در مطالعات اخیر در زمینه سازگاری طرح هندسی راه دوخطه برون توسط کمیته تحقیقاتی TRB، شعاع قوس افقی به عنوان مهمترین عامل در پیش بینی سرعت در قوسهای ترکیبی قائم و افقی در نظر گرفته شده است. همانطور که در شکل (۱)^۷ دیده میشود خط برآزش بین شعاع قوسهای افقی ترکیبی با قوس قائم کاسه ای و سرعت عملکردی ۸۵٪ درصدی رانندگان با ضریب تشخیص $(R^2 = ۰.۹۲)$ در طی انجام ۲۵ آزمایش برقرار شده است و رابطه بین این دو پارامتر در معادله ۱ آورده شده است. که مشاهده می شود $۱/۲$ تنها متغیر مستقل رابطه می باشد. که در معادله (۱) r بر حسب (m)، V_{85} بر حسب (Km/h) است.

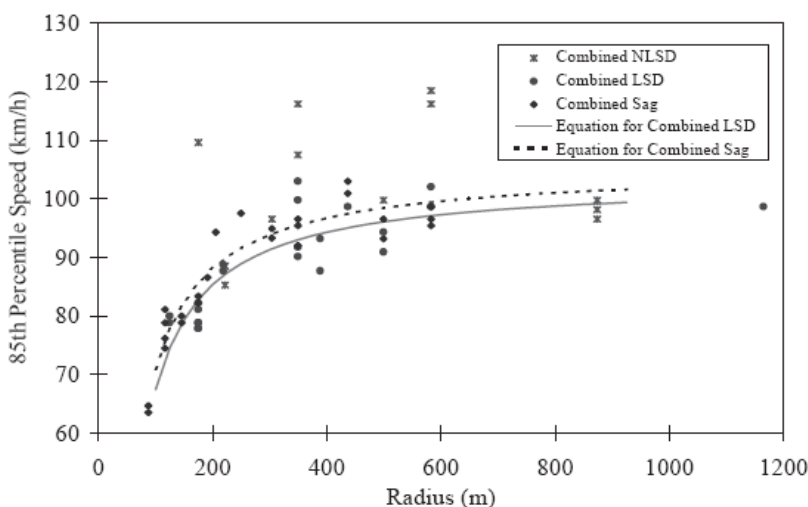
$$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{r} \quad (1)$$

^۴ با لحاظ برابندی موجود در میانه قوس و ضریب اصطکاک حداکثر آییننامه آشتو و شعاع هر قوس

^۵ Barnett, 1936

^۶ MUTCD 2000

^۷ Nonlimited Sight Distance (NLSD), Limited Sight Distance (LSD)



شکل ۱- رابطه بین شعاع r و سرعت عملکردی ۸۵٪ درصدی رانندگان را نشان میدهد. [۵]

در مطالعات دیگر توسط ایسلام و سنویراتنه^۸ در سه نقطه ابتدای قوس (PC) و میانه قوس قائم (MC) انتهای قوس (PT) که به ترتیب در زیر در معادلات ۲، ۳ و ۴ آورده شده؛ معلوم گشت که سرعت عملکردی ۸۵٪ رانندگان به درجه قوس مسیر بستگی دارد [۶].

$$V_{85} = 95.41 - 1.48D - 0.012 D^2 \quad R^2 = 0.99 \quad (2)$$

$$V_{85} = 103.03 - 2.41D - 0.029 D^2 \quad R^2 = 0.98 \quad (3)$$

که در معادلات بالا (D) درجه قوس می باشد.

در مطالعات دکتر فادن و الفتريدو^۹ معلوم گشت پارامترهای دیگری نیز در سرعت عملکردی رانندگان در قوس افقی دخیل بوده اند.

$$V_{85} = 41.62 - 1.29D + 0.0049Lc - 0.12\Delta + .95Vt \quad R^2 = 0.92 \quad (5)$$

که در آن Lc طول قوس افقی (متر)؛ Δ زاویه انحراف قوس (درجه) و V_{85} سرعت عملکردی ۸۵٪ درصدی رانندگان در مسیر مستقیم منتهی (کیلومتر) به قوس می باشد. [۶]

به کارگیری مدل‌های پیش‌بینی سرعت عملکردی در افزایش سازگاری طرح [۶]

یکی از مهمترین روشهایی که تاکنون جهت بهبود ایمنی راهها در سایر کشورها به کار رفته است، بررسی میزان سازگاری طرح است. در طرحهای سازگار، طرح هندسی هر یک از اجزای مسیر، مطابق با انتظارات راننده تهیه و اجرا شده است. در مجاورت اجزایی که به صورت سازگار با انتظارات رانندگان طرح شده اند، بروز خطا در رفتار رانندگان کمتر به چشم می خورد.

در ارتباط با بهبود سازگاری طرحها در بسیاری از کشورها استفاده از سرعت عملکردی به جای سرعت طرح و یا همراه با آن پیشنهاد شده است. روشی موثر برای اطمینان از سازگار بودن طرح، استفاده از سرعت عملکردی در ترسیم پروفیل سرعت در طول راه مورد نظر است؛ زیرا مدل‌های پروفیل سرعت جهت کشف ناسازگاریهای موجود در طول راه به کار گرفته می شوند. منظور از رسم پروفیل سرعت، ترسیم نموداری است که محور عرضی آن سرعت عملکردی رانندگان و محور طولی آن طول راه می باشد. بدین ترتیب نقاطی که در آن نقاط سرعت عملکردی وسایل نقلیه نسبت به اجزای متوالی قبلی آن نقاط

⁸ Islam & Seneviratene 1994

⁹ McFadden & Elefteriadou 1997



اختلاف چشمگیری داشته باشد، به عنوان نقاط ناسازگار طرح به شمار می روند. در شناسایی نقاط ناسازگار به خصوص در طرحهایی که هنوز اجرا نشده اند، اطلاع از مدل پیش بینی سرعت عملکردی وسایل نقلیه در هر یک از اجزای طرح، با توجه به شرایط تاثیرگذار محل الزامی است. سوئیس از نخستین ترین کشورهای اروپایی است که از سرعت عملکردی در تعیین سازگاری در طرح هندسی استفاده کرده است. لیکن این روش در کشور سوئیس تنها در مورد راه های بین شهری استفاده شده است. جهت تعیین اختلاف در سرعت عملکردی وسایل نقلیه، پروفیل سرعت از طریق پیش بینی عملکردی در قوسهای افقی، حداکثر سرعت عملکردی در بخش های مستقیم بین دو قوس و همچنین شتاب ورود وسایل نقلیه به قوسها و خروج از آنها در کل طول مسیر ترسیم می شود. سرعت عملکردی به کار رفته در کشور سوئیس، سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه است. پروفیل سرعت مورد استفاده نیز تنها براساس مسیر افقی محور مورد مطالعه ترسیم می شود. بدین ترتیب با توجه به استانداردهای موجود طرح هندسی در این کشور، هر پروفیل سرعت رسم شده در هر مورد، باید تمامی سه شرط زیر را ارضا کند تا طرح هندسی به عنوان طرح سازگار قلمداد گردد:

الف- حداکثر اختلاف سرعت در قوس افقی و بخش مستقیم ماقبل آن ۵ کیلومتر بر ساعت باشد.

ب- حداکثر اختلاف سرعت در دو قوس افقی متوالی بدون بخش مستقیم، ۱۰ کیلومتر بر ساعت باشد.

در طرحهایی که شرایط فوق الذکر نقض می شوند، محل طرح ناسازگار در مدل پروفیل سرعت تعیین می گردد. در صورتی که بررسی سازگاری مسیر در طرح اجرا شده مد نظر بوده باشد، سابقه تصادفات سه ساله در محل ناسازگاری در طرح بررسی می گردد. بدین ترتیب در صورتی که تعداد تصادفات رخ داده در محل ناسازگاری در طرح زیاد باشد، طرح موجود اصلاح یا دوباره طراحی می گردد [۵].

روش انجام تحقیق و گردآوری داده ها

جمع آوری اطلاعات

سرعت سنجی خودروها، بر پایه اصل سه بعدی قوسهای ترکیبی قائم و افقی راه دو خط برون شهری، در راههای محورهای کوهستانی دماوند-کیلان - ساران و تهران - چالوس انجام گرفته است. تمام مشاهدات در فاصله زمانی صبح تا عصر و شرایط آب و هوایی مناسب و بدون بارندگی انجام گرفت. در انتخاب مسیرها عوامل مختلفی از جمله اهمیت محور ارتباطی، تعداد تصادفات و تلفات ناشی از آن، در دسترس بودن نقشه های طرح هندسی وضع موجود مسیر و حجم مناسب عبوری وسایل نقلیه مورد توجه قرار گرفتند. اندازه فاصله دید در قوسهای قائم و افقی این مسیرها متفاوت بود؛ از دامنه اندازه فاصله دید کافی تا فاصله اندازه دید محدود، تغییرات وجود داشت. نهایتاً آنالیز داده ها با جمع آوری دو دسته اطلاعات شامل داده های طرح هندسی و داده های سرعت سنجی انجام گردید.

انتخاب مکان برهمه‌نی قوس افقی و قوس کاو

انتخاب جایگاه قرارگیری قوس قائم بر روی قوس افقی صرفاً محدود به قسمتهایی از مسیر گردید که دارای شرایط زیر بودند:

- عدم تاثیر تقاطع و نقاط مجاور بر روی آنها.
- عدم وجود موارد جنبی مانند نزدیکی به قوس تیز (با شعاع کمتر از شعاع آییننامه)، نزدیکی به مراکز پر رفت و آمد مانند مدارس، کارخانه و یا پارک تفریحی.
- سواره رو آسفالتی با عرض تقریبی ۶/۵ متر و شانه راه ۱/۵ متر
- شیبها همه کمتر از ۶٪
- سرعت طراحی مسیر کمتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت
- فاکتور پخش جهتی در دامنه ۵۰/۵۰ تا ۳۰/۷۰

عملیات سرعت سنجی

عملیات سرعت سنجی با استفاده از دستگاه سرعت سنج لیزری (STALKER-LIDAR) با خطای (۳/۲- تا ۱/۶+) کیلومتر بر ساعت و در شرایط ترافیک آزاد با حداقل سرفاصله زمانی ۵ ثانیه با خودروی جلویی و حداقل ۳ ثانیه با خودروی پشت سر انجام گرفت؛ تا جریان ترافیک بر روی سرعت سنجی اثر محسوسی نداشته باشد. اطلاعاتی که از نقشه های طرح هندسی استخراج شد عبارت بودند از شعاع قوس افقی، زاویه انحراف قوس افقی، طول قوس قائم و شیب آن، فاصله تقاطع قوس افقی با تقاطع قوس قائم در صورت وجود، عرض خطوط و شانه راه. هر مکان انتخاب شده برای سرعت سنجی به دو سایت

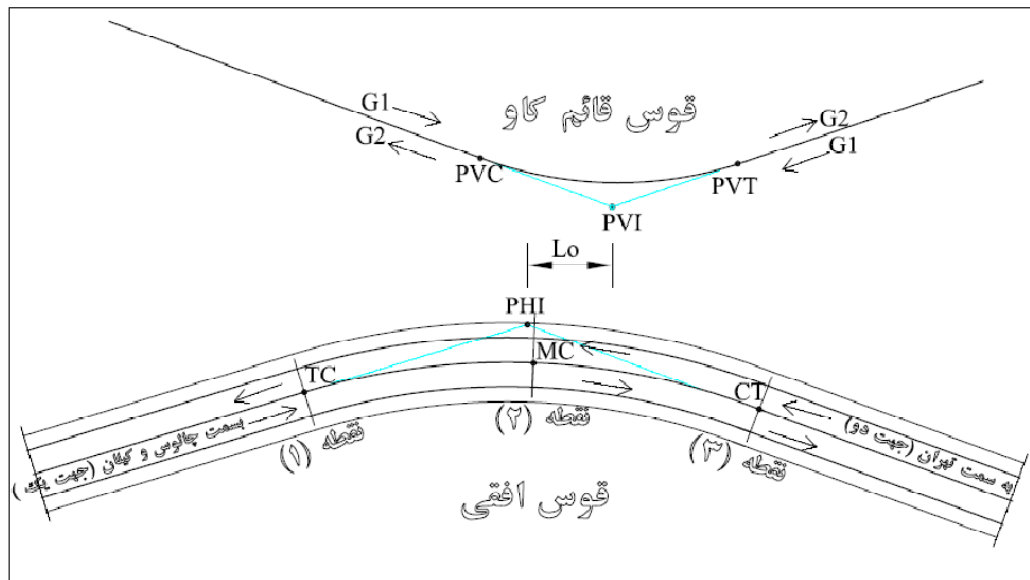


تقسیم شده که جهت یک، سایت یک و جهت دو، سایت دوم را نشان می دهند. در هر سایت، دوربین در سه نقطه برای سرعت سنجی وسایل نقلیه تنظیم شد. این نقاط در شکل ۲ نمایش داده شده اند، عبارتند از:

نقطه (۱): ابتدای ورود به قوس (TC)

نقطه (۲): میانه قوس (MC)

نقطه (۳): خروج از قوس و ورود به مسیر مستقیم (CT)



شکل ۲- نمایش مکان انتخابی قوسهای ترکیبی و قائم

سیس از تعیین نقاط، استقرار دوربین برای سرعت سنجی بسته به شرایط موجود در جاده از قبیل دید مناسب، رعایت ایمنی و فضا کافی در فاصله ای بیشتر از ۳۰ و کمتر از ۶۰ متر از این سه نقطه مذکور انجام شد تا در تمام آمار برداشت شده توسط دوربین، حالت خودروها نسبت به دوربین دور شونده باشد تا علاوه بر کاهش خطای دوربین، رانندگان کمتر متوجه حضور دوربین باشند. نحوه استقرار ناظر و زاویه هدف گیری به خودروها به گونه ای انتخاب شد که تا حد امکان مماس بر مسیر قوس باشد؛ تا اثر خطای کسینوسی سرعت سنج به کمترین مقدار خود کاهش پیدا کند. با احتساب تمام شرایط بالا در هر نقطه بیش از ۶۰ خودرو سرعت سنجی شدند.

معادلات رگرسیونی

برای تحلیل جامع آماری، بیش از ۳۰۰۰ برداشت از سرعت خودروهای سواری در نرم افزار Excel ثبت، و با نرم افزار SPSS تحلیل گردید. مشخصات معادلات رگرسیونی که در ادامه اشاره خواهد شد را می توان اینگونه ارزیابی کرد:

(۱) ضریب تشخیص بالا (R^2) از دامنه ۰/۸۲۰ تا ۰/۹۵۶ با سطح اطمینان ۰/۹۵

(۲) مدلهای ارایه شده دارای مفاهیم منطقی برای تاثیر هر یک از پارامترهای مستقل در جهت تخمین سرعت عملکردی رانندگان می باشند.

(۳) دانستن شرایط و فرضیات در نظر گرفته شده برای تدوین مدلهای، در استفاده از مدل رگرسیونی بسیار مهم است؛ عدم آگاهی کافی از آنها ممکن است نتایج مورد انتظار و مناسبی را بدست ندهد. مقادیر هندسی که با جایگذاری آنها در معادلات رگرسیونی، سرعت عملکردی معتبر با سطح اطمینان ۰/۹۵ دریافت می گردد؛ دارای دامنه مقادیر زیر هستند.

- شعاع قوس افقی از ۱۲۰ تا ۲۵۰ متر.
- طول قوس قائم از ۶۰ تا ۱۸۰ متر.
- برابندی ۲/۷ تا ۵/۳ درصد در مرکز قوس افقی
- اختلاف جبری شیبها حداکثر تا ۷ درصد



همانطور که در تحقیقات گذشته معلوم شد، شعاع قوس افقی موثرترین پارامتر در تخمین سرعت عملکردی رانندگان در میانه قوس افقی، می باشد. بنابراین سه مدل برای بیان رابطه بین سرعت و شعاع از جامعه آماری تحقیق استخراج شده است. در معادلات ۸، ۷، ۶، ۹ و ۱۰ که در زیر آورده شده اند شعاع قوس افقی بر حسب (m) می باشد.

$$V_{\%85} = 90.86 - \frac{4098}{r} \quad R^2 = 0.836 \quad (6)$$

در معادلات ۸، ۹ و ۱۰، سرعت عملکردی رانندگان در ابتدای ورودی از مسیر مستقیم به قوس، نقطه میانه قوس افقی و خروجی از قوس افقی ترکیبی با قوس کاسه ای را نشان میدهد.

همچنین پس از مرور مطالعات گذشته، بررسی عوامل موثر و انتخاب متغیرهای مدل، بررسی بانک داده ها و برازش آنها مدل زیر که ارتباط عناصر طرح هندسی و سرعت عملکردی رانندگان را با بیشترین ضریب تشخیص پیش بینی می کند، ارائه می گردد.

که در معادلات ۱۱، ۱۲ و ۱۳ بر حسب (m) طول قوس قائم بر حسب (m)، L_0 ، فاصله نقطه تقاطع قوس افقی با قوس قائم بر حسب (m)، G_1 و G_2 شیب قوس قائم بر حسب درصد (سراسیمی با علامت +، و سرازیری با علامت - لحاظ می گردد) و e بر بلندی بر حسب درصد میباشد.

نتایج

در روند مطالعات با توجه به جامعه آماری و رگرسیونهای انجام شده نتایج زیر بدست آمد .

- ♦ هر یک از ضرایب متغیرهای مستقل مدل دارای مفاهیم منطقی می باشند. در معادلات ۱۱، ۱۲ و ۱۳ با افزایش r سرعت عملکردی افزایش می یابد؛ زیرا راننده قوس را بزرگتر مشاهده می کند و با اطمینان به سرعت خود می افزاید. با افزایش L_0 ، سرعت افزایش یافته است زیرا راننده قوس قائم را فراختر مشاهده نموده است. ضریب مثبت e در معادلات حاکی از احساس ایستایی سرنشینان خودرو و پی آن افزایش سرعت آنها می باشد. ضریب منفی L_0 بیانگر کاهش سرعت عملکردی راننده، با افزایش این متغیر می باشد؛ زیرا هر اندازه که مکان مرکز قوس افقی، از نقطه تقاطع قوس قائم دور میشود راننده بیشتر احساس سر در گمی نموده و از سرعت خود کم می نماید.
- ♦ با توجه به آمارهای جمع آوری شده معلوم شد: با قرارگیری قوس قائم کاو بر روی قوس افقی، سرعت عملکردی رانندگان در میانه قوس افقی، به علت وجود قوس قائم و در پی آن فراختر بنظر آمدن قوس افقی، بیشتر از سرعت ورودیشان در ابتدای قوس بوده است و با گذر از سراسیمی قوس قائم در انتهای قوس افقی از سرعتشان کاسته شده است. این امر پتانسیل تصادف را در میانه قوس افقی افزایش می دهد بنابراین نصب تابلوی کاهش سرعت، شبرنگ در میانه راه، تعریض در قوس و برداشتن موانع دید از قبیل درختان ضروری بنظر می رسند.
- ♦ اگر در طراحی های راه های کوهستانی، با توجه به شرایط منطقه نتوانیم از ترکیب قوسهای قائم و افقی جلوگیری نماییم؛ برای اطمینان از سازگاری طرح توصیه میشود پس از رسم پروفیل سرعت در مسیر، در صورت مشاهده تغییر سرعت بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت، حتما با استفاده از تغییر مسیر یا افزایش شعاع تا جایکه تغییر سرعت تا ۵ (km/h) کاهش یابد، مسیر را اصلاح نماییم.

منابع

- [۱] دفتر تحقیقات کاربردی راهور "بررسی آماری تصادفات، فوت شدگان و مجروحین سوانح رانندگی"، دو ماهنامه علمی_ تخصصی راهور، فصل فرهنگ و آموزش، صفحه ۳۱-۴۶، سال سوم، شماره سیزدهم شهریور ۱۳۸۵
- [۲] معاونت حمل و نقل سازمان حمل و نقل پایانه-های کشور، "بررسی و ارزیابی برنامه-های مدیریت سرعت و برنامه مدیریت سرعت در ایران"، ۱۳۷۹.



- [۳] مهندسین مشاور اندیشه راهیان گسترش(ارگ)، (گزارش نهایی دستورالعمل مدیریت سرعت در راههای کشور)، پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری، شهریور ۸۴
- [۴] دفتر فن آوری اطلاعات، (گزارش توصیفی حمل و نقل جاده ای)، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، ۱۳۸۵
- [5] TRB Scientific Group, (Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two Lane Road Way), TRB, 2003.
- [6] Gibreel, G.M., Easa, S.M., and El-Dimeery, I.A. “ Prediction of Operation Speed on Three-Dimensional Highway Alignment”, ASCE, No 1 pp.21-30, January/February 2001.
- [7] William R. Mcshane & Elena S Prassas, (Traffic Engineering, Third edition), Prentice Hall, 2004
- [8] American Association of State Highway and Transportation Official, (A Policy on Geometric Design of Highway and Street), AASHTO, Washington, D.C, 2001