

## تحلیل اثر هندسه دوربرگردانها در میزان تصادفات

### (مطالعه موردی: شهر سنندج)

سید شهاب حسینی نسب<sup>\*</sup>، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

رافع رحیمی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، شرکت ملی گاز ایران، همدان، ایران

<sup>\*</sup>پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.hasani@razi.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۴/۱۵ - پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۵

صفحه ۲۱۷-۲۲۶

#### چکیده

استفاده از دوربرگردانها به عنوان یکی از روشهای مدیریت دسترسی و تسهیل روانی حرکت به طور وسیعی در کشور ایران از اواخر سال ۸۲ گسترش یافت که در آن تقاطعات چراغ دار به دوربرگردان تبدیل شدند. دوربرگردان هایی که در شهر سنندج اجرا شده اند به طور عمده در معابر بزرگراهی دورن شهری قرار دارند. هدف از اجرای طرح، کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت روانی رانندگان بوده است. این پایان نامه به مطالعه تأثیر این دوربرگردانها بر ایمنی تردد می پردازد. در این تحقیق از روشهای آماری قدرتمند جهت تحلیل ایمنی استفاده شده و طی آن ده تقاطع چراغ دار در سنندج که به دوربرگردان تبدیل شده اند، مطالعه شده اند. نتایج این تحقیق در رابطه با هندسه دوربرگردانها نشان می دهد که به طور متوسط ۱۰ درصد افزایش عرض دوربرگردان باعث کاهش ۲/۲ درصدی تصادفات فوتی، ۴/۷ درصد تصادفات جرحی، ۴/۸۱ درصد تصادفات خسارتی و ۵/۱۸ درصد تصادفات کاهشی می گردد. همچنین افزایش ۱۰ درصدی فاصله از تقاطع، باعث کاهش ۰/۶ درصدی تعداد تصادفات فوتی، ۲/۷ درصد تصادفات جرحی، ۱/۸۱ درصد تصادفات خسارتی و ۲/۰۵ درصد تصادفات کاهشی می گردد. همچنین افزایش ۱۰ درصدی ترافیک متوسط روزانه، باعث افزایش ۱/۶۲ درصدی تصادفات فوتی، ۱/۵۴ درصد تصادفات جرحی، ۱/۹۵ درصد تصادفات خسارتی و ۲/۰۵ درصد تصادفات کاهشی می گردد. در نهایت پارامتر سرعت متوسط مسیر اصلی نیز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد افزایش ۱۰ درصدی سرعت باعث افزایش ناچیز و نزدیک به صفری برای تعداد تصادفات می گردد که از لحاظ آماری بی اهمیت است.

واژه های کلیدی: دوربرگردان، تقاطع چراغ دار، تحلیل ایمنی، بیزین تجربی، مدل سازی تصادفات

#### ۱- مقدمه

منطبق بر اصول برنامه ریزی حمل و نقل، قادر به تشریح وضع موجود و پیش بینی وضعیت آینده باشد، توجه به ایمنی در افق بلندمدت را ممکن می کند. استفاده از داده ها و اطلاعات موجود و جمع آوری شده، امکان تحلیل و ارزیابی کیفی و کمی عوامل مؤثر بر تصادفات فراهم آورده و می توان تأثیر تغییرات پیشنهادی در تسهیلات حمل و نقل را بر ایمنی ترافیک در افق بلندمدت بررسی کرد. دوربرگردانها

حمل و نقل، یکی از اجزای حیاتی زندگی امروزی است؛ یکی از مهمترین و اصلی ترین خصوصیات سیستم حمل و نقل ایمنی است. بروز تصادفات، همواره مهندسين ترافیک را به سوی بررسی راهکارهای کاهش تصادفات کشانده است. در این دیدگاه، مسأله ایمنی ترافیک در هر پروژه به طور مستقل مورد بررسی قرار گرفته و کاستی های مربوط شناسایی و رفع می شوند. استفاده از ابزارها و امکاناتی که

فاصله ۱۵۰ متری از مرکز تقاطع به هر رویکرد لحاظ شده است (Maze, 2004). گریب در مدلسازی تصادفات شریانی شهری در پیوندها و گره‌ها، نتیجه گرفت که مهمترین پارامتر در تصادف، حجم تردد است. همچنین با افزایش سرعت از ۵۰ به ۷۰ کیلومتر در ساعت، تصادف کاهش می‌یابد که به معنای ایمنی بیشتر در سرعت بالا نیست چرا که شدت تصادفات افزایش می‌یابد. همچنین خطوط یک خطه دارای تعداد تصادف بیشتری نسبت به خطوط ۲ و ۳ خطه هستند (Greibe, 2003). همان گونه که ملاحظه می‌شود ارزیابی ایمنی در این بین تا حدی مغفول مانده است. در تحلیل ایمنی می‌توان از دو رویکرد تحلیل داده‌های برخورد و تحلیل نقاط برخورد انجام گیرد. مدل سازی رابطه بین عوامل مؤثر بر تصادفات نیاز به یک چارچوب آماری دارد که طبیعت پراکنده تصادف را شامل شده و در عین حال توصیف کننده تأثیر عوامل مربوطه باشد. در این مقاله مدل‌های تعداد و نوع شدت تصادفات و ارتباط آن‌ها با خصوصیات و پارامترهای هندسی و ترافیکی ساخته شده است. در این مطالعات به منظور برازش مدل‌ها از اطلاعات شهر سنندج استفاده شده است.

## ۲- پیشینه تحقیق

مدل نمادی از واقعیت است. مدل‌ها درک چگونگی رفتار سیستم را میسر و از این نظر دارای ارزش و اهمیت هستند. مدل‌ها به دو دسته فیزیکی و انتزاعی تقسیم می‌شوند که مدل‌های ریاضی از دسته انتزاعی بوده و در اینجا مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین عواملی که در تعیین شکل ریاضی مدل نقش دارد، نوع متغیر وابسته توصیف‌شده در مدل است. مدل‌های مورد استفاده در مطالعات ایمنی شبکه حمل‌ونقل در یک تقسیم‌بندی، به دو دسته کلی شامل مدل‌های هم‌فزون و ناهم‌فزون تقسیم می‌شوند و این تقسیم‌بندی فارغ از شکل ریاضی مدل‌ها، به سطح هم‌فزونی داده‌ها وابسته است. شکل ریاضی مدل‌های استفاده‌شده در مطالعات ایمنی در تناظر با متغیر وابسته مورد بررسی در مدل تعیین می‌شوند، به طوری که برای توصیف و پیش‌بینی شمار تصادفات از مدل‌های شمارشی نظیر مدل‌های پواسون و دوجمله‌ای منفی استفاده

تسهیلات ترافیکی هستند که حرکت‌های کم اهمیت‌تر در تقاطعات و معابر به سمت آن‌ها هدایت می‌شوند تا عملکرد اصلی شریان‌ها، که جابجایی است ارتقا یابد. در کشورهای توسعه یافته، دوربرگردان جایگزین حرکت گردش به چپ و یا تبدیل تقاطع بی چراغ با حجم معبر فرعی کم می‌شود. استفاده از دوربرگردان‌ها به عنوان یکی از روش‌های مدیریت دسترسی و تسهیل روانی حرکت به طور وسیعی در ایران گسترش یافته است، و در موارد متعددی جایگزین تقاطعات چراغ دار شده‌اند. در این میان مشکلات ایمنی دوربرگردان چالشی مهم به ویژه در قیاس با ایمنی تقاطعات با محدودیت دسترسی چپگرد مستقیم است. به همین دلیل مطالعات متعددی در این خصوص صورت گرفته است. محققین برای تحقیق در کاهش تعداد تصادف در اثر یک اقدام از مدل پیش‌بینی برخورد و مطالعات قبل-بعد استفاده می‌کنند.

شیخ الاسلامی و عزیززاد در تحقیق خود در رابطه با تحلیل ایمنی دوربرگردان‌های اجرا شده در شهر تهران نتیجه گرفتند که طراحی هندسی دوربرگردان‌ها در ایمنی آنها بسیار مهم است، همچنین جهت ارزیابی ایمنی تبدیل تقاطع‌های چراغ دار (در دوره قبل) به دور برگردان (در دوره بعد) نیاز به مطالعات قبل - بعد است و همچنین در این تحقیق نتیجه گرفتند که تشریح آمار تصادف‌ها نشان داد که با افزایش سرعت در مسیر اصلی تصادف‌های جلو - عقب به دلیل تفاوت بیشتر سرعت مسیر اصلی و خصوصاً در باند سرعت، با سرعت‌های کم وسایل نقلیه‌ای که قصد دور زدن در بریدگی‌های دوربرگردان را دارند افزایش می‌یابد و نیز با افزایش سرعت در مسیر فرعی همگرا به مسیر اصلی، تصادف‌های جلو - عقب کاهش می‌یابند. هاگرت و مهلل در سال ۱۹۷۸ نشان دادند که بیش از ۵۰٪ تصادفات در تقاطعات رخ می‌دهد. ایشان از مدل پواسون برای ارتباط تعداد تصادف و متغیر حجم استفاده نمودند. جاک در سال ۱۹۹۳ نشان داد که سرعت بالاتر ریسک تصادف جرحی و فوتی را بالا می‌برد. گریمر و هال در سال ۱۹۸۶ در مطالعه تقاطعات ۳ راهه نشان دادند ۳۳٪ تصادفات جرحی در تقاطعات روی داده است (Persuad et al, 2001). مک کوی و بنسن در سال ۱۹۹۳ مدل دوجمله منفی را توسعه دادند. مطالعات آنها بر مبنای ۱۲۵ تقاطع ۴ راهه برون‌شهری در مینسوتا بوده است. در ساخت مدل تمام تصادفات تا

مکانهای مرجع به لحاظ هندسه، حجم و ترکیب تردد و سایر مشخصات مؤثر در ایمنی باید شبیه سایت‌های اقدامی بوده و تغییرات سالانه فاکتورهای مختلف برای تمامی سایت‌های مرجع مشابه می‌باشند (Thomas, 2001). با استفاده از روش بیزین تجربی بر اساس اطلاعات شهر سنندج مدل‌های غیر خطی ساخته شد که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد.

#### ۴- معرفی سایت‌های مورد مطالعه

با استفاده از اطلاعات زیر مربوط به ۱۰ دوربرگردان اجرا شده در نقاط مختلف شهر سنندج که اطلاعات هندسی و ترافیکی مربوط به آن‌ها در جدول ۱ و ۲ آمده است تحلیل‌ها انجام گرفت.

#### ۵- مدل سازی تصادفات در دوربرگردان‌ها

در ادامه به تشریح مدل سازی و نتایج حاصل از آن دورگردان‌ها و تخمین از پارامترهای هندسی و ترافیکی بر تصادفات با استفاده از مدل‌های توصیفی و پیش‌بینی برخوردار پرداخته می‌شود.

#### ۵-۱- جمع آوری داده‌های تصادفات

جهت ساخت مدل در دور برگردان و برای نمونه مورد مطالعه، داده‌های تصادفات در سالهای ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ از پلیس راهنمایی و رانندگی استخراج گردید.

می‌شود و جهت توصیف و پیش‌بینی شدت تصادفات و شدت جراحات ناشی از تصادفات از مدل‌های انتخاب گسسته استفاده می‌شود.

مدل‌های خطی تعمیم یافته برای ارتباط تصادفات با عوامل محیطی، هندسی، و ترافیک مناسب است. تحلیل آماری ابزاری قدرتمند در تعیین متغیرهای اثرگذار در تصادف است. از آنجا که تصادف متغیری گسسته، غیرمنفی و اتفاقی است بهترین توزیع متناسب با آن توزیع‌های گسسته شامل پواسون و دوجمله منفی است.

#### ۳- مطالعات قبل - بعد به روش بیزین تجربی

مهمترین مشکل خیلی از روش میل بازگشت به میانگین است که روش بیزین این مشکل را مرتفع می‌نماید. همچنین این روش تغییرات ترافیک از دوره قبل به دوره بعد را لحاظ می‌کند و از عدم قطعیت نتایج در مقابله با تغییرات حجم ترافیک می‌کاهد. همچنین جهت افزایش دقت کار خصوصاً در دوره زمانی کوتاه تحلیل و نیز ارزیابی سایت‌های دارای تصادف بالا، روش بیزین تجربی مؤثر است. این روش تعداد تصادف مورد انتظار در دوره بعد از اقدام که اجرا نشده باشد را پیش‌بینی می‌کند. روش پیش‌بینی شامل دو گام اساسی زیر است.

۱- تعیین پایه ای برای پیش‌بینی تصادفات در دوره قبل

۲- تعیین تغییر در پیش‌بینی‌های تصادف از دوره قبل به بعد با توجه به تغییر فاکتورهای ترافیک، آب و هوا و ...

فرضیات اساسی این روش: (Carson, 2004)

۱- تعداد تصادفات هر محل از توزیع پواسون پیروی می‌کند.

۲- متوسط جامعه را می‌توان با توزیع گاما تخمین زد.

۳- تغییرات سالانه فاکتورها برای تمام محل‌های مرجع مشابه است. در این روش از داده‌های برخوردار در مکان اقدام و تصادفات مورد انتظار در مکان‌های مرجع با ویژگی‌های مشابه استفاده تا تصادفات مورد انتظار در مکان جهت اقدام تخمین زده شود.

جدول ۱. اطلاعات هندسی مربوط به دوربرگردان‌ها (سازمان حمل و نقل و ترافیک سنندج)

علایم	تعداد خطوط		عرض		آدرس دوربرگردان‌ها
	خیابان	دوربرگردان	خیابان	دوربرگردان	
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۳	۱	۱۰	۱۲	خیابان جام جم به سمت میدان کوهنورد
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۳	۱	۱۰	۱۰	از میدان امام شافعی به سمت میدان کوهنورد
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۳	۱	۱۰	۱۰	بالتر از پل مردوخ بلوار کردستان
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۳	۱	۱۰	۸	بلوار کردستان نزدیک پل مردوخ
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۳	۱	۱۰	۱۸	بلوار کردستان به ۱۲ فروردین
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۴	۲	۱۵	۹	از میدان امام شافعی به پادگان
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۳	۱	۱۰	۸	بلوار ۲۸ دی
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۴	۲	۱۵	۱۳	از اکباتان به میدان فیض آباد
تابلو دور برگردان و سرعت گیر-سبب سنگین ممنوع	۳	۱	۱۱	۱۰	از ترمینال سقر به فیض آباد
تابلو دور برگردان و سرعت گیر	۴	۲	۱۴	۱۱	نرسیده به پل شالمان بلوار پاسداران

جدول ۲. اطلاعات ترافیکی مربوط به دوربرگردان‌ها (سازمان حمل و نقل و ترافیک سنندج)

نوع خودرو	تعداد خودرو در یک ساعت		آدرس دوربرگردان‌ها
	سرعت کیلومتر بر متر	ساعت	
۱۶۲ سواری - ۶ وانت	۵۰	۱۶۸	خیابان جام جم به سمت میدان کوهنورد
۴۲ سواری	۶۰	۴۲	از میدان امام شافعی به سمت میدان کوهنورد
۱۰۲ سواری - ۶ وانت	۶۰	۱۰۸	بالتر از پل مردوخ بلوار کردستان
۱۹۸ سواری - ۳۰ وانت - ۱۸ اتوبوس	۵۰	۲۴۶	بلوار کردستان نزدیک پل مردوخ
۵۵۲ سواری - ۱۲۰ وانت - ۱۲ سنگین	۶۰	۶۸۴	بلوار کردستان به ۱۲ فروردین
۳۱۲ سواری - ۱۲ وانت	۸۰	۳۲۴	از میدان امام شافعی به پادگان
۶۸۴ سواری - ۴۸ وانت - ۱۲ اتوبوس - ۱۲ موتور	۴۰	۷۶۸	بلوار ۲۸ دی
۱۰۲ سواری - ۱۲ وانت - ۶ سنگین	۷۰	۱۲۰	از اکباتان به میدان فیض آباد
۹۰ سواری - ۳۶ وانت - ۶ اتوبوس - ۲۴ سنگین	۶۰	۱۵۶	از ترمینال سقر به فیض آباد

جدول ۳. اطلاعات مربوط به آمار تصادفات دوربرگردان ها

مجموع تصادفات	تصادفات خسارتی	تصادفات جرحی	تصادفات فوتی	آدرس دوربرگردان ها
۵۵	۳۴	۱۸	۳	خیابان جام جم به سمت میدان کوهنورد
۴۲	۲۵	۱۵	۲	از میدان امام شافعی به سمت میدان کوهنورد
۵۱	۳۲	۱۷	۲	بلوار کردستان بالاتر از پل مردوخ
۴۷	۲۸	۱۶	۳	بلوار کردستان نزدیک پل مردوخ
۷۳	۴۵	۲۵	۳	بلوار کردستان به ۱۲ فروردین
۴۰	۲۵	۱۴	۱	از میدان امام شافعی به پادگان
۴۹	۳۲	۱۷	۰	بلوار ۲۸ دی
۵۰	۲۸	۲۰	۲	از اکباتان به میدان فیض آباد
۴۸	۳۲	۱۶	۰	از ترمینال سقر به فیض آباد
۵۲	۳۳	۱۸	۱	بلوار پاسداران نرسیده به پل شالمان

### ۲-۵- تعیین متغیرهای مدل

انتخاب متغیرها بر اساس قضاوت مهندسی، مطالعات پیشین و اندازه‌گیری اثر آنها با تحلیل آماری انجام می‌شود. پس ابتدا متغیرهای اثرگذار بر ایمنی شامل عوامل محیطی، هندسی و ترافیکی تعیین گردید. این متغیرها به شرح زیر می‌باشند. عرض خیابان ( $w$ )، فاصله محل دوربرگردان از تقاطع ( $d$ )، عرض دوربرگردان ( $u$ )، عرض میانه ( $X$ )، متوسط حجم ترافیک در مسیر اصلی ( $ADT_m$ ) و سرعت مسیر اصلی ( $V$ ) به عنوان متغیرهای مستقل شناسایی شدند. از میان نوع تصادفات نیز ۴ متغیر وابسته شامل تصادفات فوتی ( $y_1$ )، تصادفات جرحی ( $y_2$ )، تصادفات خسارتی ( $y_3$ ) و مجموع تصادفات انتخاب شدند.

### ۳-۵- ساخت مدل

برای ساخت مدل ها از نرم‌افزار MiniTab نسخه 16 استفاده شده است. مدل ها با استفاده از مستقل بودن متغیرهای مستقل از هم، اهمیت آماری متغیرها در مدل، و نتایج نکویی برازش ساخته شده اند. ابتدا توزیع پواسون

آزمون شده و در صورت زیاد بودن پراکندگی از توزیع دو جمله منفی استفاده شده است. روش تحلیل استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره می‌باشد که بر اساس آنالیز واریانس، ضرایب متغیرها تحلیل شده و معنی‌داری آنها سنجیده می‌شود. به منظور شناخت تأثیر هر یک از عوامل بر شدت تصادف، مدل‌های جداگانه‌ای برای تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی ساخته شد. و در نهایت نیز مدلی برای کل تصادفات برازش گردید. مدل سازی رابطه بین عوامل مؤثر بر تصادفات نیاز به یک چارچوب آماری دارد که طبیعت پراکنده تصادف را شامل شده و در عین حال توصیف کننده تأثیر عوامل مربوطه باشد. در این مقاله مدل های تعداد و نوع شدت تصادفات و ارتباط آنها با خصوصیات و پارامترهای هندسی و ترافیکی ساخته شده است که نتیجه آن آگاهی از اقدامات لازم در جهت کاهش تصادف خواهد بود. مدل های خطی تعمیم یافته برای ارتباط تصادفات با عوامل محیطی، هندسی، و ترافیک مناسب است. تحلیل آماری ابزاری قدرتمند در تعیین متغیرهای اثرگذار در تصادف است. با توجه به توضیحاتی که قبلاً داده شد از

### ۵-۳-۱- مدل تعداد تصادفات فوتی سالانه

ارتباط تعداد تصادفات فوتی با متغیر مستقل، با استفاده از مدل ساخته شده به صورت زیر است:

$$N = \frac{e^{2.41} \times d^{0.029} \times ADT_m^{0.056} \times e^{0.000018v+0.024u}}{10}$$

که در آن:

N: تعداد تصادفات فوتی در سال

d: فاصله دوربرگردان از تقاطع

ADTm: ترافیک متوسط روزانه

v: سرعت در مسیر اصلی

u: عرض دوربرگردان به متر می باشد.

جدول زیر پارامترهای آماری مدل فوق را نشان می دهد.

### جدول ۵. جدول آنالیز واریانس مدل تصادفات فوتی سالانه

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	19950	18452	8.07	0.021
Residual Error	5	30521	12453		
Total	9	26571	R-sq		82.12%

جدول آنالیز واریانس نشان دهنده میزان معنی داری مدل ساخته

شده است.

آنجایی که تصادف متغیری گسسته، غیرمنفی و اتفاقی است بهترین توزیع متناسب با آن توزیع های گسسته شامل پواسون و دو جمله منفی است. پس از تحقیق بر روی انواع مدل ها ی ایمنی استفاده شده در تحقیقات قبلی که در تقاطع ها به کار می رود فرم مدل استفاده شده در این مقاله به صورت رابطه زیر می باشد.

$$N = a \times d^b \times ADT_{major}^c \times e^{\sum v_j \times x_j}$$

که در آن:

a, b, c, v<sub>j</sub>: پارامترهای مدل

x<sub>j</sub>: متغیر مؤثر شامل عرض خیابان، عرض دوربرگردان (u)،

عرض میانه، متوسط حجم ترافیک در دوربرگردان (ADTu)

و سرعت مسیر اصلی (v)

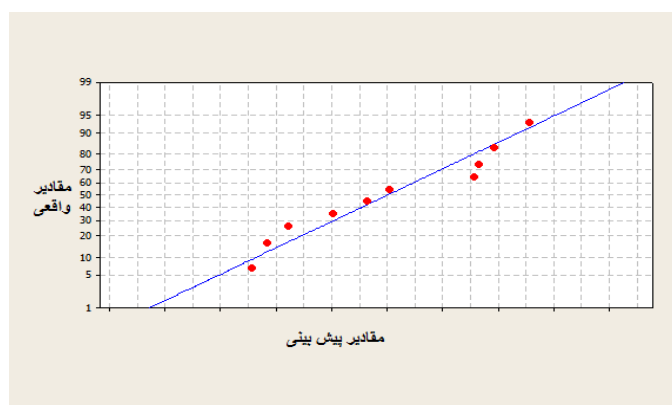
ADT: متوسط ترافیک روزانه

d: فاصله دوربرگردان از تقاطع

N: تعداد تصادفات مورد انتظار سالانه

### جدول ۴. جدول ضرایب مدل تصادفات فوتی سالانه

Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	2.41	0.8945	0.013
d	0.029	0.02845	0.099
ADT	0.056	0.0415	0.018
u	0.024	0.0841	0.024
v	0.000018	0.0214	0.076



شکل ۱. مقادیر محاسبه شده توسط مدل بر حسب مقادیر واقعی

d: فاصله دوربرگردان از تقاطع  
 ADT<sub>m</sub>: ترافیک متوسط روزانه  
 v: سرعت در مسیر اصلی  
 u: عرض دوربرگردان به متر می باشد.  
 جداول زیر پارامترهای آماری مدل را نشان می دهد.

۵-۳-۲- مدل تعداد تصادفات جرحی سالانه

ارتباط تعداد تصادفات جرحی با متغیر مستقل، با استفاده از مدل ساخته شده به صورت زیر است:

$$N = e^{1.65} \times d^{0.033} \times ADT_m^{0.072} \times e^{0.000055v+0.043u}$$

که در آن:

N: تعداد تصادف جرحی در سال

جدول ۷. جدول آنالیز واریانس مدل تصادفات جرحی سالانه

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	21458	24512	8.75	0.016
Residual Error	5	32452	10245	87.12%	
Total	9	23245	R-sq		

که در آن:

N: تعداد تصادف خسارتی در سال  
 d: فاصله دوربرگردان از تقاطع  
 ADT<sub>m</sub>: ترافیک متوسط روزانه  
 v: سرعت در مسیر اصلی  
 u: عرض دوربرگردان به متر می باشد.

جدول ۶. جدول ضرایب مدل تصادفات جرحی سالانه

Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	1.65	0.9214	0.025
d	0.033	0.04875	0.076
ADT	0.072	0.1245	0.085
u	0.043	0.0024	0.046
v	0.00055	0.0876	0.082

۵-۳-۳- مدل تعداد تصادفات خسارتی سالانه

ارتباط تعداد تصادفات خسارتی با متغیر مستقل، با استفاده از مدل ساخته شده به صورت زیر است:

$$N = e^{2.02} \times d^{0.053} \times ADT_m^{0.085} \times e^{0.00071v+0.048u}$$

جدول ۹. جدول آنالیز واریانس مدل تصادفات خسارتی سالانه

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	25415	27548	8.97	0.054
Residual Error	5	35412	14527	71.25%	
Total	9	16458	R-sq		

جدول ۸. جدول ضرایب مدل تصادفات خسارتی سالانه

Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	2.02	0.9821	0.076
d	0.053	0.1275	0.088
ADT	0.085	0.2458	0.041
u	0.048	0.0354	0.059
v	0.00071	0.1845	0.094

افزایش ۱۰ درصدی فاصله از تقاطع، باعث کاهش ۰/۶ درصدی تعداد تصادفات فوتی می‌گردد. این مقدار برای تعداد تصادفات جرحی در حدود ۲/۰۷ درصد، تصادفات خسارتی ۱/۸۱ درصد و برای مجموع تصادفات کاهشی به میزان ۲/۰۵ درصد خواهد داشت.

۳- پارامتر دیگری که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، ترافیک متوسط روزانه بود که اثر مستقیم بر تعداد تصادفات دارد به این ترتیب که افزایش ۱۰ درصدی ترافیک متوسط روزانه، باعث افزایش ۱/۶۲ درصدی تصادفات فوتی می‌گردد. برای تصادفات جرحی این میزان برابر ۱/۵۴ درصد، تصادفات خسارتی ۱/۹۵ درصد و تعداد مجموع تصادفات افزایشی به میزان ۲/۰۵ درصد را به دنبال خواهد داشت.

۴- در نهایت پارامتر سرعت متوسط مسیر اصلی نیز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد افزایش ۱۰ درصدی سرعت باعث افزایش ناچیز و نزدیک به صفری برای تعداد تصادفات می‌گردد که از لحاظ آماری بی اهمیت است.

جدول ۱۰. جدول ضرایب مدل تصادفات مجموع سالانه

Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	2.65	0.8742	0.078
d	0.043	0.08745	0.021
ADT	0.079	0.2987	0.1244
u	0.037	0.05421	0.018
v	0.00048	0.0125	0.054

جدول ۱۱. جدول آنالیز واریانس مدل تصادفات مجموع سالانه

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	25461	28745	8.29	0.019
Residual Error	5	37425	12548		84.99%
Total	9	28456	R-sq		

### ۵-۳-۴- مدل تعداد تصادفات مجموع سالانه

ارتباط تعداد تصادفات مجموع با متغیر مستقل، با استفاده از مدل ساخته شده به صورت زیر است:

$$N = e^{2.65} \times d^{0.043} \times ADT_m^{0.079} \times e^{0.00048v + 0.037u}$$

که در آن:

N: تعداد تصادفات مجموع در سال

d: فاصله دوربرگردان از تقاطع

ADT<sub>m</sub>: ترافیک متوسط روزانه

v: سرعت در مسیر اصلی

u: عرض دوربرگردان به متر می‌باشد.

### ۶- نتیجه گیری

در این مقاله جهت ارزیابی ایمنی دوربرگردان های اجرا شده در شهر سنندج، ضمن مطالعه دوربرگردان ها و خصوصیات طراحی آنها، به مطالعات ایمنی دوربرگردان ها و مدل سازی ایمنی پرداخته شد. با استفاده از روش رگرسیون خطی مدل های پیش بینی تعداد تصادفات به ترتیب فوتی، جرحی، خسارتی، و مجموع تصادفات ساخته شد و تحلیل گردید. در ادامه خلاصه نتایج آورده شده است:

۱- بررسی آماری تصادفات و نیز مدل سازی تعداد تصادفات در دوربرگردان های اجرا شده نشان می‌دهد که به طور متوسط ۱۰ درصد افزایش عرض دوربرگردان باعث کاهش ۲/۲ درصدی تصادفات فوتی می‌گردد. این مقدار برای تصادفات جرحی حدود ۴/۷ درصد، برای تصادفات خسارتی ۴/۸۱ و در خصوص مجموع تصادفات کاهشی در حدود ۵/۱۸ درصد را به دنبال خواهد داشت. لذا در مواردی که فضا اجازه می‌دهد باید عرض دوربرگردان را تا حد استاندارد بزرگتر در نظر گرفت.

۲- بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، پارامتر فاصله از تقاطع رابطه معکوس با تعداد تصادفات دارد.



## ۷-مراجع

- (۱۳۷۵)، "آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت راه و ترابری، نشریه ۱۶۱.
- (۱۳۷۱)، "نقاط‌های همسطح شهری"، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه ۱۴۵-۱.
- چوپانی، ر. (۱۳۸۵)، "ارزیابی عملکردی دوربرگردان‌های شهری"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت.
- دگنر، کدخدازاده، (مترجم) (۱۳۹۱)، "داده‌های تصادفات و ایمنی ترافیک"، نشریه راههای پیارک، ۳۳۵، شماره ۳۶.
- Hauer, (2008), "two tools for finding what function links the dependent variable to the explanatory variables", department of civil Eng., University of Toronto.
- Hauer, Harwood, Council, Griffith, (2012), "the empirical Bayes method for estimating safety: a tutorial." Transportation Research Record.
- Hauer, (2000), "Highway Median and Safety", interactive highway safety.
- Liu, Chen, Lu, (2009), "impact of the separation distances between driveway exits and downstream U-turn locations on the safety performance of right turns followed by U-turn", Transportation Research Board.
- Lu, Dissanyake, (2001), "safety evaluation of right turns followed by U-turns as an alternative to direct left turns", university of south Florida.
- Maze, Burchett, (2004), "Rural Expressway Intersection Synthesis of Practice and Crashes Analysis", Center for Transportation Research and Education, low State University, Final Report.
- NCHRP Report 524, (2004), "Safety of U-turns at un signalized median opening", Transportation Research Board.
- Boossche, Van den and Wets, (2003), "Macro Models in Traffic Safety and DRAG Family; Literature Review".
- Carson, (2004), "before-after crash analysis: a primer for using the empirical Bayes method", Montana state university.
- Council, (1980), "accident research manual", university of Carolina.
- Council, Stewart, (2009), "safety effects of the conversation of rural at two lane roadway to four lane roadway", FHWA.
- Gan, Shen, (2003), "development of crashes reduction factors: methods, problems, and research need", Transportation Research Board.
- Greibe, (2003), "accident prediction models for urban road", accident analysis and prevention.
- Harwood, Potts, (2005), "safety of U-turns at un signalized median opening-some research finding", Transportation Research Board.
- Harwood, Mason, Pietrucha, (2012), "cross-median collisions on Pennsylvania intersection and expressway", Transportation Research Board.

- Thomas, (2001), "effectiveness of intersection safety improvement using crash reduction factors and benefit cost ratios", Texas Transportation Institute.
- Vogt, Bared, (1998), "accident model, segment and intersection", publication NO.FHWA-98-133.
- Zhou, Lu, (2003), "optimal location of U-turn median openings on roadway", Transportation Research Record.
- Ziad, Sayed, (2003), "statistical issue in traffic accident modeling", Transportation Research Board.
- Organization for Economic Co-Operation and Development, (1997), "Road Safety Principles and Model: Review of Descriptive, Predictive, Risk and Accident Consequence Models".
- Pernia, Xie, Weng and Snyder, (2002), "development of models to quantify the impact of signalization on intersection crashes", Transportation Research Board.
- Persuade, retting, lord, (2011), "observation before-after study of the safety effect of U.S roundabout conversion using the empirical Bayes method", Transportation Research Board.
- Persuade, Lyon, (2007), "empirical Bayes before-after studies: lessons learned from two decades of experience and future directions", accident analysis and prevention.
- (2011), "safety and operational characteristic of two way left turn lane", Minestoa DOT.