

## تحلیل ایمنی دوربرگردانهای اجرا شده در شهر تهران

عبدالرضا شیخ‌الاسلامی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

لیلا عزیزی\*، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-mail: l\_azizi@civileng.iust.ac.ir

دریافت: ۱۳۸۹/۰۳/۰۹ - پذیرش: ۱۳۸۹/۰۶/۰۳

### چکیده

استفاده از دوربرگردانها به عنوان یکی از روش‌های مدیریت دسترسی و تسهیل روانی حرکت، از اواخر سال ۱۳۸۲، به طور وسیعی در شهر تهران و گسترش یافت که در آن تقاطعهای چراغدار به دوربرگردان تبدیل شدند. دوربرگردانهایی که در سطح تهران اجرا شده‌اند به طور عمده در معابر بزرگراهی درون شهری قرار دارند. هدف از اجرای طرح، کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت روانی رانندگان بوده است. این مقاله به مطالعه تأثیر این دوربرگردانها بر ایمنی تردد می‌پردازد. برای تحلیل ایمنی دوربرگردانهای اجرا شده، از روش‌های آماری قدرتمند برای تحلیل و مدلسازی تعداد و نحوه تصادفها در ارتباط با پارامترهای هندسی و ترافیکی استفاده شده و طی آن ۶ نمونه جهت ارزیابی ایمنی مطالعه شده‌اند، نتایج در رابطه با هندسه دوربرگردانها نشان می‌دهد که به طور متوسط، ۱۰٪ افزایش در عرض بازشدگی شعاع جزیره پروانه و فاصله از تقاطع (طول تداخل) به ترتیب سبب ۱۲/۶، ۳۷/۶ و ۲/۳۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو-پهلوی می‌شود و ۱۰٪ افزایش در عرض خط منجر به ۲۰ درصد کاهش در تعداد تصادفهای اصلی، تصادفهای جلو-عقب به دلیل تفاوت بیشتر سرعت مسیر اصلی و خصوصاً در خط سرعت، با سرعت‌های کم وسایل نقلیه‌ای که قصد دورزدن در بریدگی دوربرگردان را دارند افزایش می‌یابد و نیز با افزایش سرعت در مسیر فرعی همگرا به مسیر اصلی، تصادفهای جلو-عقب کاهش می‌یابند. همچنین تصادفهای با افزایش حجم ترافیک در مسیر اصلی و نیز حجم ترافیک دور

واژه‌های کلیدی: دوربرگردان، مدلسازی تصادف، تحلیل ایمنی

### ۱. مقدمه

تحلیل ایمنی دور برگردانهای اجرا شده در شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۴ است که طی آن حرکات مستقیم رو و چپگرد خیابان فرعی از تقاطع چراغدار ممنوع شده و فقط حرکات مستقیم رو خیابان اصلی، اجازه عبور از تقاطع را دارند. به این ترتیب عملاً چراغ راهنمایی از تقاطع حذف می‌شود.

### ۲. مطالعه دوربرگردانها

امروزه استفاده از دوربرگردانها به طور روزافزونی در حال گسترش است. به این ترتیب، دسترسی‌ها در طول خیابان محدود شده و فقط از طریق بریدگی‌هایی انجام می‌شود که به منظور عبور جریان در میانه تعبیه شده است.

دوربرگردانها تسهیلات ترافیکی هستند که به طور عمده، حرکتی که دارای اهمیت کمتری در تقاطعها و معابر هستند به سمت آنها هدایت می‌شوند تا عملکرد اصلی بزرگراه که جابجایی است ارتقاء یابد. دوربرگردانها طی دهه‌های متمادی بکار گرفته شده‌اند و سهولت بکارگیری آنها و روانی ترافیک در مسیر اصلی، سبب توجه ویژه به آنها شده است. در کشورهای توسعه یافته، دوربرگردان به جای گزینه گردش به چپ مستقیم در تقاطعها در نظر گرفته می‌شود و مطالعات بسیاری در این مورد صورت گرفته است. در رابطه با تبدیل تقاطع چراغدار به دوربرگردان که در ایران انجام شده است، ارزیابی ایمنی مجهول مانده است. آنچه در این مقاله مورد توجه قرار خواهد گرفت،

افزایش حجم ترافیک، بریدگی‌ها سبب افزایش در تعداد تصادف خواهند شد [NCHRP 524, 2004].

هرجا که خطوط ذخیره در بریدگی‌ها تعبیه شده، تصادفها کاهش یافته‌اند. ریچاردسون<sup>۳</sup> گزارش داد که میزان تصادف با اضافه کردن خط چپگرد به ترتیب تا ۳۸٪ و ۷۶٪ در تقاطعهای چراغدار و بدون چراغ کاهش می‌یابد [Dissanayake and Lu, 2003].

کاسترونوو و همکاران [Costronovo (et. al.), 1995] تأثیر ایمنی جایگزینی بریدگی جهتی با غیر جهتی (عادی) را در بزرگراه جدا شده با میانه بررسی و گزارش کردند که این مهم، ۵۰٪ از تصادفها را کاهش می‌دهد. به طور کلی بریدگی‌های جهت‌دار نسبت به عادی، در جایی که همه نوع گردش مجاز است، ظرفیت بیشتری را با میزان تصادف کمتر انتقال می‌دهند.

هاروود و همکاران [Harwood (et. al.), 2002] در تحقیقات خود در راههای شهری، نشان دادند که لگاریتم طبیعی تعداد تصادف با  $0.165$  برابر عرض میانه ارتباط دارد.

وگت و بارد [Vogt and Bared, 1998] در سال ۱۹۹۸ با استفاده از داده‌های مینه‌سوتا در دوره تحلیل ۳ ساله، ضریب رابطه عرض خط با تعداد تصادفهای سالانه در هر مایل را  $e^{-0.085}$  اعلام کردند، به عبارتی، با افزایش عرض خط، تصادفها کاهش می‌یابند.

در مطالعات لیو و چن [Liu and Chen, 2008] در بررسی تأثیر فاصله دوربرگردان از تقاطع (L)، اهمیت این فاصله با ضریب  $L^{-0.3545}$  ارایه شده است. به عبارتی با افزایش طول تداخل، تعداد تصادفها کاهش می‌یابد.

### ۳. مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم یافته و ماهیت آماری تصادفها

مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم یافته، توسعه یافته مدل‌های رگرسیون خطی کلاسیک اند که در آنها فرض می‌شود متغیر وابسته، پیوسته است و از توزیع نرمال پیروی می‌کند که این فرض برای داده‌های تصادف مناسب نیست، چرا که تصادف، واقعه‌ای غیر منفی، اتفاقی و گسسته است. مدل‌های گسسته شامل رگرسیون پواسون و دو جمله‌ای منفی هستند که در این مقاله از آنها استفاده خواهد شد.

هدف از یک مدل آماری، یافتن رابطه بین تابع پیش‌بینی تعداد تصادفها در محدوده مورد مطالعه و پارامترهای وابسته به آن  $\lambda$  است. به طور کلی برای  $n$  محدوده

در یک روش، کلیه حرکات چپگرد مستقیم در تقاطع ممنوع شده و به بالادست و پایین دست جریان منتقل می‌شود، اما حرکات مستقیم رو اجازه عبور از تقاطع را دارند. در روش دیگر عبور حرکات مستقیم رو و چپگرد خیابان فرعی از تقاطع ممنوع می‌شود و فقط حرکات مستقیم رو خیابان اصلی، اجازه عبور از تقاطع را دارند. به این ترتیب عملاً چراغ راهنمایی از تقاطع حذف خواهد شد. این نوع دوربرگردان که در تهران در چند سال اخیر بکار گرفته شده، موضوع این مقاله است.

محل ایجاد دوربرگردانها بر ایمنی و کارایی آنها تأثیر مستقیم دارد و توصیه‌هایی در خصوص طراحی هندسی دوربرگردانها شامل فاصله از تقاطع، بریدگی میانه، شعاع گردش، تورفتگی، خطوط چپگرد و مقاطع تغییر خط توسط پژوهشگران ارایه شده است که در اینجا از بیان آنها صرف‌نظر می‌شود [شیخ‌الاسلامی و عزیزی، ۱۳۸۸].

مقایسه ایمنی در روش‌های غیرمعمول مانند دوربرگردانها با روش‌های مرسوم طرح‌های ترافیکی عموماً با مقایسه تعداد نقاط برخورد و چگونگی آنها انجام می‌شود. همچنین سابقه و نوع تصادفها در مدت اجرای طرح نیز مدنظر قرار می‌گیرد.

به طور کلی متغیرهای وابسته به تصادفها که در عملکرد ایمنی دوربرگردانها مورد بررسی قرار می‌گیرند شامل عرض میانه، طول بریدگی، تعداد بریدگی، سرعت، متوسط حجم ترافیک روزانه در مسیر اصلی و حجم دورزننده، شاخص نقاط دسترسی، وجود انباره، فاصله از تقاطع، طول تداخل (تغییر خط) و تعداد خطوطاند. با توجه به اینکه تنها در ایران از این گونه دوربرگردان استفاده شده است، در ادامه مقاله به برخی مطالعات پژوهشگران در موارد مرتبط پرداخته می‌شود تا حساسیت نسبت به برخی عوامل مؤثر بر ایمنی مشخص شود.

خو<sup>۱</sup> در مطالعه اجرای دوربرگردان در تقاطعهای بدون چراغ در دوره ۳ ساله در راههای ۶ خطه، تأثیر آن در کاهش نرخ کل تعداد تصادفها را ۲۶٪ اعلام کرد [Hummer and Carter, 2005]. دیسانایاک و لو [Dissanayake and Lu, 2003] نرخ تصادف در تقاطع با روش تئوری تداخل در گردش به چپ مستقیم و گردش به راست با دوربرگردان را مقایسه کردند. نتیجه مطالعات آنها، کاهش ۴۶٪ در تصادفها، در نتیجه استفاده از گردش به راست با دوربرگردان بود.

کربینز<sup>۲</sup> و همکارانش روابط بین حجم ترافیک و هندسه و سایر متغیرها را در تصادفهای بریدگی‌ها بررسی و نشان دادند که با

پراکنندگی زیاد هستند. بنابراین، در این شرایط از توزیع دو جمله‌ای منفی استفاده می‌شود. مدل دو جمله‌ای منفی فرض می‌کند که تعداد تصادفها از توزیع پواسون-گاما پیروی می‌کند. احتمال این که قطعه  $i$  تعریف شده با مجموعه معینی از متغیرهای پیش‌بینی کننده  $x_{iq}, Y_i$  تصادف را تجربه کند، می‌تواند به صورت رابطه ۵ بیان شود [Uky.edu].

$$P(Y_i = y_i) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{k})}{y_i! \Gamma(\frac{1}{k})} \left( \frac{k\mu_i}{1+k\mu_i} \right)^{y_i} \left( \frac{1}{1+k\mu_i} \right)^{k-1}, i=1,2,3,\dots,n \quad (5)$$

میانگین و واریانس توزیع دو جمله‌ای منفی داده‌های تصادف به صورت روابط ۶ و ۷ بیان می‌شود:

$$E(Y_i) = \mu_i \quad (6)$$

(۷) پارامتر پراکنندگی ( $K > 0$ )  $\text{var}(Y_i) = \mu_i + k\mu_i^2$  = واریانس اگر UK، پارامتر پراکنندگی، صفر شود آنگاه توزیع دو جمله‌ای منفی به توزیع پواسون میل می‌کند. همچنین در صورتی که مقدار  $k$  منفی شود (واریانس کوچک‌تر از متوسط<sup>۸</sup>)، نشانگر نامناسب بودن مدل دو جمله‌ای منفی بوده و بایستی مدل پواسون برقرار شود. مقدار بیشتر  $k$  از عدد یک نشانگر پراکنندگی بیش از حد است [Lord and Persaud, 2004].

### ۳-۱- نکویی برازش

زیاد<sup>۷</sup> و سید و سایر پژوهشگران در تصمیم‌گیری در استفاده از پواسون یا دو جمله‌ای منفی از پارامتر پراکنندگی (رابطه ۸) استفاده کرده‌اند [Ziad, and Sayed, 2003].

$$\sigma_d = \frac{\text{pearson } \chi^2}{n - p = df} \quad (8)$$

که در آن:

$\sigma_d$  = پارامتر پراکنندگی،  $n$  = تعداد مشاهدات،  $p$  = تعداد پارامترهای مدل که بایستی تخمین زده شود و  $n-p=df$  درجه آزادی است. در صورتی که  $\sigma_d > 1$ ، به عبارتی واریانس بزرگ‌تر از متوسط، استفاده از توزیع دو جمله‌ای منفی توصیه می‌شود. همچنین از دوینانس<sup>۷</sup>  $G^2$  نیز برای آزمون پراکنندگی استفاده می‌شود که به صورت دو برابر لگاریتم نسبت درستنمایی مدل موجود به مدل استاندارد تعریف می‌شود.

نکویی برازش برای مدل‌های خطی تعمیم یافته، بین مقادیر مشاهده شده  $yi$  و برازش شده  $\mu_i$  با روش‌هایی انجام می‌گیرد که نلدر، مربع کای پیرسون و SD<sup>۸</sup> را ارایه کرد. [Wood, 2002].

مورد بررسی در ساخت مدل، در ارتباط با هر یک  $i=1,2,\dots,n$ ، یک مجموعه شامل  $q$  پارامتر که توصیف کننده طرح هندسی، کنترل ترافیک، حجم ترافیک و دیگر خصوصیات وابسته به آن است اختصاص داده می‌شود. رابطه بین تعداد تصادفهای مورد انتظار در قطعه  $i$  و  $q$  پارامترها یعنی  $x_i$  می‌تواند به شکل یک مدل خطی تعمیم یافته به فرم رابطه ۱ باشد. اگر تخمین‌گر خطی تابعی خطی از متغیرها باشد، لگاریتم متغیر وابسته (تعداد تصادف مورد انتظار) به صورت تابعی خطی<sup>۹</sup> از متغیرهای مستقل است.

$$\log(\mu) = \text{intercept} + b_1 * x_1 + \dots + b_m * x_m \quad (1)$$

اگر تخمین‌گر خطی، تابعی لگاریتمی از متغیرها باشد، آنگاه مدل پیش‌بینی به صورت زیر است:

$$\mu_i = \beta_0 x_{i1}^{\beta_1} \dots x_{iq}^{\beta_q} \quad (2)$$

که در این رابطه ضرایب رگرسیون یعنی  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_q$  از طریق اطلاعات و آمار محاسبه می‌شوند [Lord and Persaud, 2004]. روش مناسب برای به دست آوردن ضرایب رگرسیون به فرض انجام شده درباره توزیع متغیر وابسته است. با توجه به خصوصیات مربوط به هر یک از این مدل‌ها و تطابق این مدل‌ها با خصوصیات داده‌های آماری مورد نظر، مدل مناسب انتخاب می‌شود. مدل پواسون می‌تواند وقوع پیشامدهای گسسته و کمیاب را به خوبی مدل کند. رابطه بین تعداد تصادفهای مورد انتظار  $\mu_i$  در قطعه  $i$  و  $q$  پارامتر یعنی  $x_{iq}$ ، در این مدل به شکل زیر است:

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j x_{ij} \quad (3)$$

در این مدل فرض می‌شود که تعداد تصادفها در مدل، از توزیع پواسون با میانگین  $\mu_i$  پیروی می‌کند. آنگاه احتمال اینکه قطعه  $i$  با مجموعه‌ای معین از متغیرهای پیش‌بینی کننده  $x_{iq}, Y_i$  تصادف در یک دوره زمانی مشخص را تجربه کند، به صورت رابطه ۴ بیان می‌شود.

$$p(Y_i = y_i, \mu_i) = \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu}}{y_i!}, i=1,2,3,\dots,n, \mu > 0 \quad (4)$$

محدودیت این مدل آن است که واریانس و میانگین توزیع با هم برابرند. با فرض توزیع پواسون، ضرایب رگرسیون یعنی  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_q$  به وسیله روش درستنمایی بیشینه، شبه درستنمایی یا روش کمترین مربعات محاسبه می‌شوند [Uky.edu]. با فرض اینکه مدل پواسون برای مدلسازی تصادفها استفاده شود و واریانس یا پراکنندگی داده‌ها از میانگین برآورد شده توزیع داده‌های تصادفها تجاوز کند، در این حالت گفته می‌شود که داده‌ها دارای

کلیه حرکات چیگرد و نیز حرکات مستقیم رو خیابان فرعی از تقاطع چراغدار ممنوع شده و فقط حرکات مستقیم رو خیابان اصلی، اجازه عبور از تقاطع را دارند. به این ترتیب عملاً چراغ راهنمایی از تقاطع حذف می‌شود.

پس از مراجعه به سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، تقاطعهای چراغدار که در چند سال اخیر (بین ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴) به دوربرگردان تبدیل شده‌اند، شناسایی شدند. با مشاوره با سازمان مربوطه، تقاطعهای ۴ راهه چراغدار که وضعیت مناسبی برای مطالعه دارند انتخاب و با توجه به زمان تبدیل تقاطع به دوربرگردان، اقدام به جمع‌آوری داده‌های تصادف در مکان‌های انتخابی شد که با توجه به موجود و در دسترس بودن اطلاعات تصادف، در نهایت ۶ تقاطع تبدیل شده برای مطالعه انتخاب شد و برای سایر، امکان مطالعه، به علت ناقص بودن اطلاعات میسر نشد (جدول ۱).

مکان‌های مورد مطالعه، مستقل از اثرگیری از تقاطعهای چراغدار اطراف هستند. این دوربرگردانها در بزرگراههای ۳ و ۴ خطه واقع شده‌اند که راههای شریانی اصلی را قطع می‌کنند، در طول بزرگراه نیز پارک کردن ممنوع است. گوشه‌های تقاطع در خیابان‌های شریانی اصلی منتهی به این بزرگراهها دارای جزایر گردش به راست با شعاع مناسب است که سبب تسهیل ورود و خروج از معبر فرعی می‌شود. همچنین اجرای تمام این دوربرگردانها یکسان بوده است که با توجه به عرض خیابان و تملک اراضی، مشخصات هندسی اجرا شده آنها مورد به مورد متفاوت از یکدیگر است. با توجه به عدم ثبت دوربرگردان در سیستم رایانه‌ای و امحاء کروکی سال‌های قبل، برای مطالعه وضعیت "بعد" از کروکی‌های موجود سال ۸۶ استفاده شد. به این ترتیب اطلاعات جامع تصادفها از کروکی‌های پلیس راهنمایی و رانندگی برداشت شد. در طول دوره تحلیل، تغییرات شناخته شده‌ای که منجر به تغییرات در گزارش تصادفها شود روی نداده است.

با اخذ اطلاعات حجم از شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران و شرکت کنترل ترافیک جهت اطلاعات در سال ۱۳۸۶ و بازدیدهای میدانی برای وضع موجود (۱۳۸۶)، اطلاعات ترافیکی تهیه شد. اطلاعات ترافیکی مربوط به ساعت اوج ماه آبان بوده که با توجه به الگوی توزیع ترافیک ساعتی و تجربیات به دست آمده، متوسط ترافیک روزانه در ماههای مختلف سال تخمین زده شد. اطلاعات هندسی نیز از سازمان حمل و نقل به دست آمد. برای مطالعه وضع موجود و مدلسازی تصادفها از تعداد تصادف ماهانه استفاده شد.

آماره مربع کای پی‌رسون به صورت رابطه ۹ محاسبه می‌شود.

$$pearson\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \mu_i}{\sigma_i} \right)^2 \quad (9)$$

که در آن:

$y_i$ : تعداد تصادفها مشاهده شده در قطعه  $i$ ،  $\mu_i$ : تعداد تصادف مورد انتظار در قطعه  $i$  و  $\sigma_i$ : خطای تخمین برای قطعه  $i$  است. نلدر و مک کلاگ<sup>۹</sup> برای مدل دوجمله‌ای منفی و مدل پواسون SD را محاسبه کرده‌اند که برای مدل پواسون به صورت رابطه ۱۰ است. [Wood, 2002]

$$SD = 2 \sum_{i=1}^n y_i \ln \left( \frac{y_i}{\mu_i} \right) \quad (10)$$

از آنجایی که با فرض توزیع نرمال برای داده‌های تصادف، آماره‌های مربع کای پی‌رسون و SD بایستی برابر با توزیع مربع کای با  $n-p=df$  درجه آزادی باشد، بنابراین اگر مقادیر مربع کای پی‌رسون و SD برابر با درجه آزادی باشد به عبارتی  $\frac{SD}{df} \cong 1$  و  $\frac{pearson\chi^2}{df} \cong 1$ ، آنگاه مدل خوب برآزش شده است. در صورتی که مقادیر فوق بیشتر یا کمتر از عدد ۱ باشند آنگاه به ترتیب نشان دهنده بیش یا کم پیش‌بینی هستند [CLA].

رسم تجمعی باقیمانده‌ها جهت اعتبار سنجی مدل‌های خطی تعمیم یافته و آزمون باقیمانده‌ها پس از رگرسیون مناسب است. طی آن می‌توان تشخیص داد که آیا فرم مدل انتخاب شده، برآزش مناسبی با متغیرها در محدوده داده‌های معرفی شده داشته یا خیر و نیز اهمیت متغیر برای ماندن در مدل را نیز می‌توان آزمون نمود. در صورتی که ابتدا و انتهای نمودار صفر و یا نزدیک صفر باشد و نیز حول محور افقی صفر نوسان داشته باشد، مدل مناسب است. اگر نمودار رسم شده از محدوده داده‌ها تجاوز کند، نمایانگر آن است که مدل بر داده‌ها در آن محدوده به طور مناسب برآزش نشده است. کمبود نوسان کافی در اطراف صفر نیز نشان دهنده بیش یا کم پیش‌بینی مدل در محدوده داده‌هاست [Hauer, Council and Mohammedshah, 2004]. اساس و محاسبات محدوده مورد نظر که با  $\pm 2\sigma$  نشان داده شده است توسط هاور [Hauer, 2008] به تفصیل توضیح داده شده است.

#### ۴. مطالعه موردی

دوربرگردانهایی که در سطح تهران اجرا شده‌اند، به طور عمده در معابر بزرگراهی درون شهری قرار گرفته‌اند. در شکل ۱ طرح شماتیک دور برگردان‌های تهران نشان داده شده است که در آن

جدول ۱. دوربرگردانهای مورد مطالعه

ردیف	محل اجرای دوربرگردان	تاریخ تبدیل (تصویب نقشه ها)	منطقه
۱	چمران- جنوب گیشا	۸۳/۹/۱	۲
۲	چمران- شمال گیشا	۸۳/۹/۱	۲
۳	ستاری - جنوب فردوس	۸۲/۱۲/۱۷	۵
۴	ستاری - شمال فردوس	۸۲/۱۲/۱۷	۵
۵	باقری- جنوب رسالت	۸۳/۷/۱۱	۸
۶	باقری- جنوب گلبرگ	۸۳/۷/۱۱	۸
۷	باقری- شمال گلبرگ	۸۳/۷/۱۱	۸
۸	بعثت- غرب رجایی	۸۳/۸/۳	۱۶
۹	تندگویان- شمال میثاق	۸۳/۷/۲۰	۱۹
۱۰	تندگویان- جنوب میثاق	۸۳/۷/۲	۱۹

تصادفهای جلو- عقب بیشترین انواع تصادف را به خود اختصاص می‌دهند که با کاهش سرعت یا توقف نقلیه جلویی، روی می‌دهند و بسته به سرعت نقلیه، شدت آن متفاوت است. نقلیه‌ای که از مسیر فرعی به مسیر اصلی گردش به راست می‌کند، به دلیل تفاوت سرعت با وسیله نقلیه عبوری در مسیر اصلی، منجر به تصادف جلو- عقب می‌شود. تصادفهای جلو- پهلو، از تصادف جلو- عقب شدیدتر است. تصادفهای گردش به چپ و راست، به ویژه در حوزه دوربرگردان از این نوع است. تصادفهای پهلو- پهلو بیشتر در تغییر خطها روی می‌دهند.

بررسی تصادفها (مستندات کروکی) در محدوده جزیره پروانه، نشان می‌دهد که وقوع تصادفها در این محدوده، به اشکال و علل زیر است:

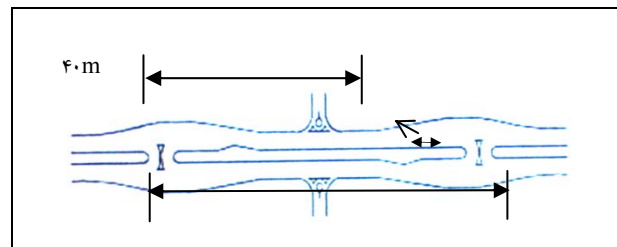
۱- پهلو- پهلو: به دلیل عرض بازشدگی ناکافی، در هنگام چرخش همزمان دو نقلیه در طول شعاع جزیره پروانه و عدم رعایت حق تقدم، به صورت پهلو- پهلو با یکدیگر برخورد می‌کنند.

۲- جلو- پهلو: به دلیل شعاع گردش ناکافی، نقلیه دورزننده در پایان تکمیل مانور خود به وسیله نقلیه مستقیم رو در خط مقابل برخورد می‌کند.

۳- برخورد به جزیره (شی ثابت): به دلیل شعاع گردش ناکافی رخ می‌دهد.

بررسی تصادفها در محدوده فرعی تا دوربرگردان بالا و پایین نشان می‌دهد که در مکانهایی که فاصله بازشدگی دوربرگردان از مسیر فرعی (فاصله از تقاطع) کوتاه است، رانندگان فضای کافی

طول قطعه مورد مطالعه بر نرخ برخورد مؤثر است و بنابراین انتخاب طول قطعه نامناسب منجر به تحلیل نادرست می‌شود. در شکل ۱ طول قطعه مورد مطالعه نشان داده شده است. در نظر گرفتن مسافتی از طرفین برای افزایش دقت تحلیل و حذف خطا حاصل از مسافت‌های تخمینی گزارش تصادفها پلیس است. در پیوست مقاله، مشخصات هندسی و ترافیکی و تعداد تصادفها در دوربرگردانهای مورد مطالعه آورده شده است.

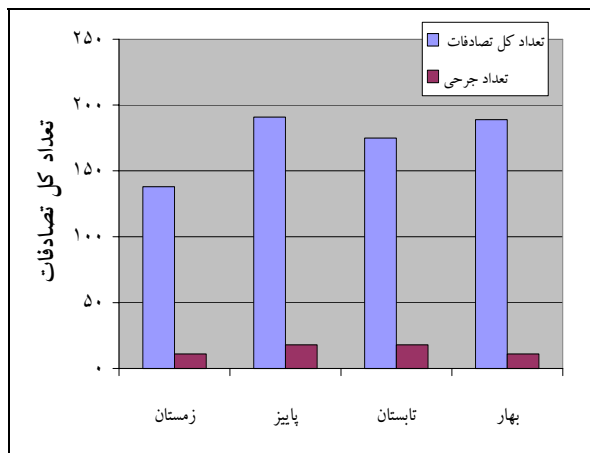


شکل ۱. طرح شماتیک دوربرگردانهای اجرا شده و طول قطعه مورد مطالعه

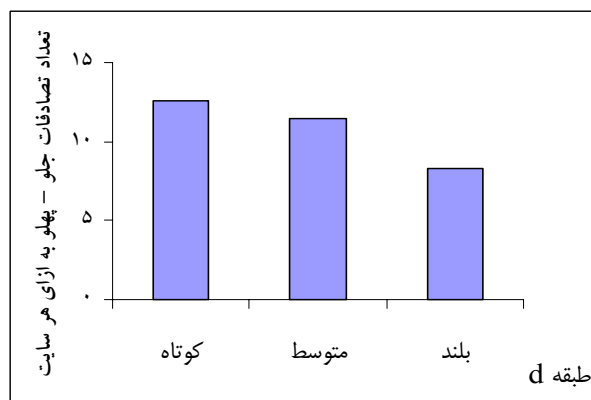
#### ۴-۱ تشریح آمار و اطلاعات تصادفها

در این بخش بانک اطلاعاتی تصادفها و کروکی‌ها در ارایه راهکارهای مناسب، تحلیل می‌شود. در شکل ۲ تعداد کل و شدت تصادفها در فصول سال در نمونه‌ها نشان داده شده است. بیشترین تصادفها، مربوط به فصل پاییز است، اما تفاوت تصادفها در ۴ فصل در سطح اطمینان ۵٪ معنادار نیست که در بخش مدلسازی با توجه به پارامتر فصل از مدل حذف شده است.

است تصادفهای پهلو- پهلو نیز با طول تداخل ارتباط و شعاع گردش نیز با تصادفهای جلو- پهلو مرتبط است. بیشترین شعاع گردش و عرض میانه وسیع در دوربرگردان چمران- شمال کوی نصر است که مشاهده می‌شود برخورد به شی ثابت و جلو- پهلو نسبت به سایر نمونه‌ها کمتر و بالعکس، کمترین شعاع گردش در دوربرگردان بعثت- غرب رجایی است که مشاهده می‌شود بیشترین آمار تصادف جلو- پهلو را به خود اختصاص داده است.



شکل ۲. تعداد کل و شدت تصادفها در فصول سال در تقاطع‌های تبدیل شده به دوربرگردان



شکل ۳. نمودار میله‌ای تصادفهای جلو- پهلو براساس فاصله از تقاطع (d)

#### ۴-۲ مدل‌سازی تصادفها در دوربرگردانهای مورد مطالعه

مدل، اساساً نمادی از واقعیت است. مدلها درک چگونگی رفتار سیستم را میسر و از این منظر دارای ارزش و اهمیت هستند. مدل‌سازی رابطه بین عوامل مؤثر در تصادفها نیاز به یک چارچوب آماری دارد که طبیعت پراکنده تصادف را شامل شده و در عین حال توصیف کننده تأثیر عوامل مربوطه باشد. در ادامه به تشریح مدل‌سازی و نتایج حاصل از آن در مطالعه دوربرگردانها و تخمین

برای مانور تغییر خط به خط داخلی برای انجام دور زدن نداشته و باید زمان انتظار بیشتری در خط فرعی تا یافتن سرفاصله مناسب بگذرانند که تمایل به انتخاب سرفاصله کوچک را افزایش می‌دهد. استفاده از سرفاصله کوچک سبب افزایش تصادفهای جلو به پهلو و جلو به عقب بین وسیله نقلیه در حال گردش به راست و وسیله نقلیه عبوری در مسیر اصلی می‌شود. البته اگر حجم ترافیک مسیر اصلی پایین باشد یافتن سرفاصله راحت‌تر خواهد بود و مشکلات کمتری در نتیجه کمبود فاصله از تقاطع به وجود خواهد آمد، اما تمام دوربرگردانها در مسیرهای اصلی با ترافیک سنگین ساخته شده‌اند. همچنین در فواصل کوتاه، تغییر مسیر ناگهانی و برخوردهای جلو- پهلو بیشتر است. در فواصل بسیار بلند نیز تصادفهای جلو- عقب بیشتر است. افزایش فاصله دوربرگردان باعث می‌شود تا از تراکم نقاط برخورد در فضای تغییر خط کاسته شود و رانندگان در طول بیشتری مانورهای تعویض خط خود را انجام دهند.

این اقدام سبب افزایش سرعت خودروهای تغییر خط دهنده و بدون تغییر خط می‌شود. همچنین در صورت اطلاع نداشتن از موقعیت راه، بعضی رانندگان برای ورود به خط کاهش سرعت گردش به چپ تغییر خط ناگهانی انجام داده و ناگهان با بازشوی دوربرگردان مواجه می‌شوند، برای جلوگیری از مواجه شدن با این مانورها، باید برای نشان دادن مکان دوربرگردان در محلی که گردش به چپ ممنوع است علائمی نصب شوند.

بررسی آماری تصادفهای دوربرگردانها نشان می‌دهد که اگرچه فاصله تداخل شمالی گلبرگ بیش از جنوب گلبرگ و جنوب رسالت است، اما تصادفهای جلو- پهلو در شمالی گلبرگ بیشتر است که به دلیل حجم ترافیک مسیر فرعی و حجم ترافیک گردشی سنگین‌تر است. همچنین مقایسه دوربرگردان شمالی و جنوبی چمران که دارای فاصله تداخل بلند هستند نشان می‌دهد تصادفهای جلو- عقب در مقطع بیشتر بوده و نیز بیشترین حجم ترافیک در مسیر اصلی و فرعی مربوط به بزرگراه چمران است، همچنین بزرگراه چمران ۳ خطه و سایر بزرگراهها ۴ خطه هستند. در بزرگراههای ۴ خطه، امکان تداخل بیشتر از ۳ خطه است و لیکن فضای مانور بیشتری در ۴ خطه‌ها موجود است. نمودار میله‌ای تصادفهای جلو- پهلو براساس فاصله از تقاطع (d) در دسته‌های کوتاه ( $d < 300$ )، متوسط ( $300 < d < 500$ ) و بلند ( $d > 500$ ) در شکل ۳ نشان داده شده است. در طول تداخل کوتاه‌تر، تعداد تصادفهای جلو- پهلو بیشتر است. البته لازم به ذکر

نحوه تصادفها، متغیرهای بکاررفته نیز به همین صورت انتخاب شدند که با توجه به ماهیت تصادف منطقی بوده و تفسیر خواهند شد. یک دلیل دیگر نیز از حذف آن متغیرها، واریانس کوچک آنها در سایت‌های انتخابی بوده است. به عنوان مثال، عرض میانه در محدوده ذکر شده از ۶ متر تا ۱۲/۸ متر و با واریانس ۳/۶، به عنوان متغیر با اهمیت در مدل‌ها انتخاب نشد.

لیکن شعاع گردش و عرض بازشدگی اثرگذار است. در ادامه، در مدلسازی تصادف، با توجه به اهمیت متغیر در مدل و نتایج نکویی برازش، بهترین مدل و متغیرهای بکار رفته در آن را خواهیم دید که طی آن متغیرهای بی‌اهمیت حذف شده‌اند.

#### ۴-۲-۲ ساخت مدل

پس از تحقیق بر انواع مدل‌های ایمنی توسعه یافته در تقاطعات و در پیوندها و نیز بررسی مدل‌ها، فرم مدل استفاده شده در این مطالعه به صورت رابطه ۱۱ است.

$$N = \alpha * d^\beta * ADT_{major}^b * e^{\sum v_j * x_j} \quad (11)$$

که در آن:

$x_j$ : متغیر مؤثر شامل، شعاع گردش، سرعت متوسط، عرض خط، تعداد خط در مسیر اصلی و درصد ترافیکی از جاده اصلی که در ساعت اوج گردش دوربرگردان می‌نماید،  $d$ : فاصله دوربرگردان از مسیر فرعی (تقاطع) و  $ADT_{major}$ : متوسط ترافیک روزانه ماهانه در مسیر اصلی هستند.

متوسط حجم تردد دوربرگردانها از ۱۱۱۲ تا ۱۰۲۰۰ وسیله نقلیه در روز متفاوت بوده و نوسان دارد که این میزان، نشان دهنده ۲/۷ تا ۴۴/۹ درصد از حجم ترافیک راه اصلی است. متوسط ترافیک روزانه در مسیر اصلی، جمع دو جهت است، زیرا ۲ جهت ترافیک تفاوتی در هندسه نداشته و تصادفهای دو جهت به طور معناداری متفاوت نیستند.

تخمین پارامترها به روش حداکثر درستنمایی انجام شد. برای ساخت مدل از نرم افزار قدرتمند SAS استفاده شده است. [Liu, 2007] مدل‌ها با استفاده از مستقل بودن متغیرهای مستقل از یکدیگر، اهمیت آماری متغیر در مدل (p-value) و نتایج نکویی برازش ساخته شده‌اند. ابتدا توزیع پواسون آزمون شده و در صورت بیش پراکندگی از توزیع دو جمله منفی استفاده شده است.

اثر پارامترهای ترافیکی و هندسه بر تصادفها، با استفاده از مدل‌های توصیفی و پیش‌بینی برخورد پرداخته می‌شود.

#### ۴-۲-۱ تعیین متغیرهای مدل

انتخاب متغیرها بر اساس قضاوت مهندسی، مطالعات پیشین و اندازه‌گیری اثر آنها با تحلیل‌های آماری انجام می‌شود. پس ابتدا متغیرهای اثرگذار بر ایمنی شامل عوامل محیطی، هندسی و ترافیکی تعیین شد. این متغیرها شامل ۱۴ پارامتر مستقل به این شرح هستند:

تعداد خطوط در مسیر اصلی (۳ و ۴ خط)، شعاع جزیره پروانه (Radi)، فاصله محل دوربرگردان از تقاطع (d)، عرض بازشدگی (x)، عرض میانه (mw)، عرض خیابان (rw)، فصل (۴ فصل)، متوسط حجم ترافیک روزانه در ماه در مسیر اصلی (ADTmajor)، متوسط حجم ترافیک روزانه در ماه برای وسایل نقلیه دورزننده در دوربرگردان (UADT)، متوسط حجم ترافیک روزانه در ماه از مسیر فرعی (جریان همگرا) (ADTminor)، متوسط حجم ترافیک روزانه در ماه به مسیر فرعی (جریان واگرا) (ADT1)، درصدی از ترافیک مسیر اصلی که در ساعت اوج گردش دوربرگردان می‌کنند (ADT2)، سرعت متوسط وزنی در مسیر اصلی و فرعی (Vmajor and Vminor)، خلاصه اطلاعات متغیرهای نمونه مورد مطالعه در پیوست مقاله آمده است. همچنین از ۳ متغیر وابسته (متغیر پاسخ) شامل تعداد کل تصادف در ماه (y1)، تعداد تصادفهای جلو-عقب در ماه (y2)، تعداد تصادفهای جلو-پهلوی در ماه (y3) برای بررسی اثر هر پارامتر مستقل در آنها و تحلیل بهتر تصادفها استفاده شده است.

همبستگی پیرسون متغیرها در پیوست مقاله نشان داده شده است. متغیرها نباید همبستگی خوبی با یکدیگر داشته باشند. نتیجه همبستگی پیرسون متغیرها نشان می‌دهد که عرض خط با عرض بازشدگی و سرعت متوسط در مسیر فرعی دارای همبستگی زیاد بوده و نیز عرض بازشدگی با سرعت متوسط در مسیر فرعی نیز این چنین است. باید اذعان کرد که برخی متغیرهای دیگر در ساخت مدل مورد توجه بوده‌اند، مانند حجم همگرا از مسیر فرعی، حجم واگرا به مسیر فرعی، متغیرهای گسسته مانند فصل و تعداد خطوط و...، که با اضافه کردن آنها به مدل، سبب افزایش سطح اهمیت مقدار  $\chi^2$  در مدل نمی‌شدند و در نتیجه، این متغیرها بی‌اهمیت محسوب شدند. همچنین با توجه به مدلسازی در دسته

۴-۲-۱ مدل تعداد کل تصادفهای ماهانه

ارتباط تعداد تصادفهای کل ماهانه با متغیر مستقل، متوسط حجم ترافیک روزانه در ماه در مسیر اصلی  $ADT_{major}$  (واحد: ۱۰۰۰۰) (نقلیه در روز)، با توزیع دو جمله منفی به صورت رابطه ۱۲ است که در آن پارامتر پراکندگی ۰/۲۷ است.

$$N = e^{-1.3793} * ADT_{major}^{1.81} \quad (12)$$

مدل تعداد کل تصادفها با وارد ساختن متغیرهای مؤثر، به صورت رابطه ۱۳ به دست آمد.

$$N_{total} = \alpha * d^{\beta} * ADT_{major}^b * e^{v_1 * ADT_2 + v_2 * Rw} \quad (13)$$

که در آن:

$N_{total}$ : تعداد کل تصادفهای ماهانه در قطعه (محدوده دوربرگردان تعریف شده در شکل ۱) (ماه)،  $\alpha, b, \beta, v_j$ : پارامترهای مدل،  $d$ : فاصله دوربرگردان از تقاطع (متر)  $ADT_{major}$ : متوسط ترافیک روزانه ماهانه در مسیر اصلی (جمع دو جهت) در واحد ۱۰۰۰۰ نقلیه در روز،  $Rw$ : عرض خط (متر) و  $ADT_2$ : درصدی از ترافیک مسیر اصلی که در ساعت اوج گردش دوربرگردان می‌کنند. (وسیله نقلیه در روز) هستند. در جدول ۲، پارامترهای مدل نشان داده شده است که توزیع پواسون بوده و با به دست آوردن پارامترهای مدل، مدل نهایی به صورت رابطه ۱۴ به دست می‌آید. نکویی برازش نیز به صورت جدول ۳ و قابل قبول است.

$$N_{total} = e^{-3.7656} * d^{0.5284} * ADT_{major}^{2.152} * e^{ADT_2 * 0.0212 - 0.1470 * Rw} \quad (14)$$

با استفاده از مدل پیش‌بینی و مقادیر مورد انتظار و مقایسه با مقادیر واقعی، باقیمانده‌ها مشخص می‌شوند. نمودار مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی به صورت شکل ۴ و نشان‌دهنده مناسب بودن مدل است. رسم باقیمانده‌های تجمعی برای تابع و برای متغیر  $ADT_{major}$  که در شکل ۵ آمده است نشانگر مناسب بودن مدل و برازش مناسب بر داده‌هاست. مشاهده می‌شود نمودار، حول محور صفر نوسان داشته و در محدوده قابل قبول است.

۴-۲-۲ مدل تعداد تصادفهای جلو- عقب (ماهانه)

مدل ساخته شده به صورت رابطه ۱۵، است.

$$N_{rear-end} = \alpha * d^{\beta} * ADT_{major}^b * e^{v_1 * V_{major} + v_2 * V_{minor}} \quad (15)$$

که در آن:

$N_{rear-end}$ : تعداد کل تصادفهای جلو- عقب در قطعه (محدوده دوربرگردان) (ماه)،  $\alpha, b, \beta, v_j$ : پارامترهای مدل،  $d$ : فاصله از تقاطع (متر)،  $ADT_{major}$ : متوسط ترافیک روزانه ماهانه در مسیر اصلی (جمع دو جهت) در واحد ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه در روز،  $V_{major}$ : متوسط سرعت در مسیر اصلی (کیلومتر بر ساعت) و  $V_{minor}$ : متوسط سرعت در مسیر فرعی (کیلومتر بر ساعت) (سرعت همگرا) هستند.

پارامترهای مدل که به صورت جدول ۴ حاصل شده است، توزیع پواسون است.

مقدار  $Pr > ChiSq$  در سطح ۹۵٪ اطمینان قابل قبول است.

بنابراین مدل تعداد کل تصادفهای ماهانه جلو- عقب در دوربرگردانها به صورت رابطه ۱۶ خواهد بود.

(۱۶)

$$N_{rear-end} = e^{-10.3042} * d^{0.6260} * ADT_{major}^{2.0799} * e^{0.0198 * V_{major} - 0.0361 * V_{minor}}$$

نکویی برازش نیز به صورت جدول ۵ است که قابل قبول است. تحلیل باقیمانده‌ها نیز نشان می‌دهد که میانگین آنها صفر، مستقل از هم و نرمال است. رسم باقیمانده‌های تجمعی برای تابع و برای متغیر  $ADT_{major}$  که در شکل ۶ آمده است، نشانگر مناسب بودن مدل و برازش مناسب بر داده‌هاست.

۴-۲-۳ مدل تعداد تصادفهای جلو- پهلو (ماهانه)

مدل ساخته شده به صورت رابطه ۱۷ است.

$$N_{angle} = \alpha * d^{\beta} * ADT_{major}^b * e^{v_1 * ADT_2 + v_2 * Radi + v_3 * X} \quad (17)$$

که در آن:

$N_{angle}$ : تعداد کل تصادفهای جلو- پهلو در قطعه (محدوده دوربرگردان) (ماه)،  $\alpha, b, \beta, v_j$ : پارامترهای مدل،  $ADT_{major}$ : متوسط ترافیک روزانه ماهانه در مسیر اصلی (جمع دو جهت)،  $ADT_2$ : درصدی از ترافیک مسیر اصلی که در ساعات اوج گردش دوربرگردان می‌کنند. (وسیله نقلیه در روز)،  $X$ : عرض بازشدگی (متر) و  $Radi$ : شعاع جزیره پروانه (متر) هستند.

پارامترهای مدل ۱۷ به صورت جدول ۶ حاصل شده است. توزیع پواسون و تابع لگاریتمی است.

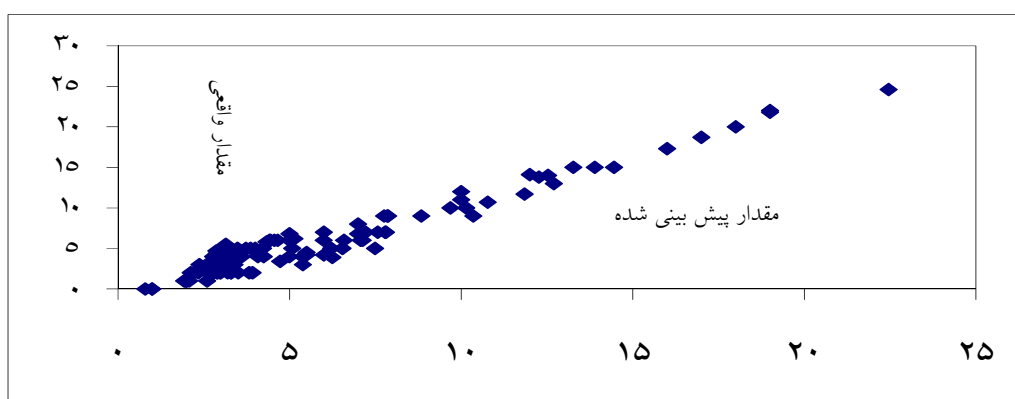


جدول ۲. پارامترهای مدل ۱۳، تعداد تصادفهای ماهانه کل

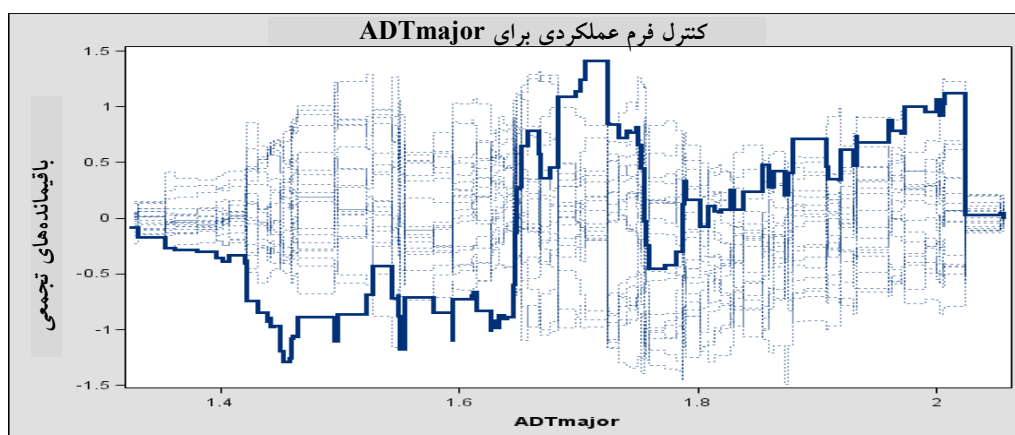
پارامتر	مبلغ پیرسون-چی	مربع چی	حدود اطمینان ۹۵٪ والد	اشتباه استاندارد	برآورد
توقف	۰/۰۰۰۱	۱۵	-۱/۸۶	۰/۹۷۲۳	-۳/۷۶۵۶
d	<۰/۰۰۰۱	۳۰/۷۶	۰/۷۱۵۱	۰/۰۹۵۳	۰/۵۲۴۸
ADT	<۰/۰۰۰۱	۹۶/۷۱	۲/۵۸۰۹	۰/۲۱۸۸	۲/۱۵۲
ADT2	<۰/۰۰۰۱	۲۴/۷۸	۰/۰۲۹۶	۰/۰۰۴۳	۰/۰۲۱۲
rw	<۰/۰۰۰۱	۲۲/۴	-۰/۰۸۶۱	۰/۰۳۱۱	-۰/۱۴۷
مقیاس			۱	۱	۱

جدول ۳. نکویی برازش

DF	Value	Value/DF	معیار
۱۱۵	۱۱۳/۸۱۱۲	۰/۹۸۹۷	انحراف
۱۱۵	۱۱۳/۸۱۱۲	۰/۹۸۹۷	انحراف مقیاس شده
۱۱۵	۱۱۰/۲۵۰۳	۰/۹۵۸۷	مربع پیرسون-چی
۱۱۵	۱۱۰/۲۵۰۳	۰/۹۵۸۷	پیرسون مقیاس شده $\chi^2$
	۶۶۱/۴۲۷۹		احتمال سرعت



شکل ۴. نمودار مقادیر مدل و مقادیر واقعی در پیش‌بینی تعداد کل تصادف [مؤلف]



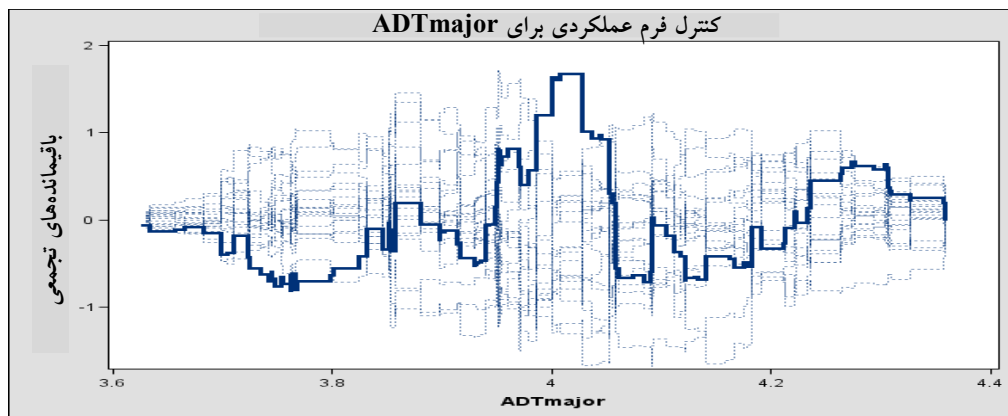
شکل ۵. نمودار باقیمانده‌های تجمعی تعداد کل تصادفهای ماهانه در برابر  $ADT_{major}$

جدول ۴. پارامترهای مدل ۱۵، تعداد تصادفهای ماهانه جلو- عقب

پارامتر	پیرسون-چی	مربع چی	حدود اطمینان ۹۵٪ والد	اشتباه استاندارد	برآورد
توقف	<۰/۰۰۰۱	۴۴/۵۶	-۷/۲۷۸۹	۱/۵۴۳۶	-۱۰/۳۰۴۲
ADTmajor	<۰/۰۰۰۱	۵۳/۳۴	۲/۶۳۸۱	۰/۲۴۴۸	۲/۰۷۹۹
d	<۰/۰۰۰۱	۲۳/۳۶	۰/۹۹۸۷	۰/۱۲۹۵	۰/۶۲۶
Vmajor	۰/۰۳۵۲	۴/۰۱	۰/۰۳۹۱	۰/۰۰۹۹	۰/۰۱۹۸
Vminor	<۰/۰۰۰۱	۳۴/۰۶	-۰/۰۲۴۰	۰/۰۰۶۲	-۰/۰۳۶۱
مقیاس			۱	۱	۱

جدول ۵. نکویی برازش مدل ۱۶

معیارهای نکویی برازش			معیار
DF	Value	Value/DF	
۱۱۵	۱۴۹/۲۲۴۶	۱/۱۹۷۶	انحراف
۱۱۵	۱۴۹/۲۲۴۶	۱/۱۹۷۶	انحراف مقیاس شده
۱۱۵	۱۳۹/۴۷۶۵	۱/۱۱۲۸	مربع پیرسون-چی
۱۱۵	۱۳۹/۴۷۶۵	۱/۱۱۲۸	پیرسون مقیاس شده $\chi^2$
	۲۴۴/۸۳۲۱		احتمال سرعت



شکل ۶. نمودار باقیمانده‌های تجمعی مدل تعداد تصادفهای ماهانه جلو- عقب در برابر  $ADT_{major}$

جدول ۶. پارامترهای مدل ۱۷ تعداد تصادفهای ماهانه جلو- پهلو

پارامتر	پیرسون - چی	مربع چی	حدود اطمینان ۹۵٪ والد	اشتباه استاندارد	تخمین
توقف	۰/۰۲۱۲	۵/۳۱	-۱/۹۹۱۰	۵/۷۸۱۱	-۱۳/۳۲۱۷
d	۰/۰۱۱۱	۶/۴۵	-۰/۱۳۱۲	۰/۲۲۵۹	-۰/۵۷۴۰
ADTmajor	۰/۰۰۰۱	۱۴/۹۷	۲/۷۹۰۲	۰/۹۱۳۸	۱/۸۵۲۰
ADT2	۰/۰۰۵۸	۷/۶	۰/۰۶۲۰	۰/۰۱۳۱	۰/۰۳۶۲
Radi	۰/۰۰۴۶	۸/۰۴	-۰/۰۷۹۴	۰/۰۹۰۷	-۰/۲۵۷۲
x	۰/۰۲۹۸	۴/۷۲	-۰/۰۰۹۴	۰/۰۴۴۲	-۰/۰۹۶۱
مقیاس			۰/۸۷۳۷	۰/۰۰۰۰	۰/۸۷۳۷

مقیاس: ریشه مربع پیرسون - چی / DF

$$N_{rear-end} = e^{-10.3042} * 396^{0.6260} * 75.210^{2.0799} * e^{0.0198*46.2-0.0361*57.8} = 3.5$$

$$N_{angle} = e^{-13.32171} * 396^{-0.5740} * 75210^{1.852} * e^{0.0362*19.54-0.257*10-0.0961*16} = 1.89$$

مقایسه نتایج حاصل از پیش بینی تصادف و تعداد واقعی، حاکی از اعتبار بالای مدل‌ها در پیش‌بینی تصادفها هستند.

#### ۴-۲-۴ نتایج حاصل از مدلسازی ایمنی دوربرگردانها

مدلسازی تعداد کل و نحوه تصادفهای ماهانه در دوربرگردانها نشان می‌دهد که به طور متوسط، ۱۰٪ افزایش در عرض بازشدگی ۱۲/۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو-پهلوی، ۱۰٪ افزایش در شعاع جزیره پروانه ۳۷/۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو-پهلوی، ۱۰٪ افزایش در فاصله از تقاطع (طول تداخل) ۲/۳۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو-پهلوی، ۱۰٪ افزایش در عرض خط ۲۰ درصد کاهش در تعداد تصادفهای کل را منجر می‌شوند. همچنین تصادفها با افزایش حجم ترافیک در مسیر اصلی و نیز حجم ترافیک دورزننده، افزایش می‌یابند.

همچنین با افزایش سرعت در مسیر اصلی، تصادفهای جلو-عقب افزایش می‌یابند و نیز با افزایش سرعت در مسیر فرعی همگرا به مسیر اصلی، تصادفهای جلو-عقب کاهش می‌یابند.

نتایج حاصل از ضرایب مدلها نشان می‌دهند که بایستی به مشخصات هندسی دوربرگردانها توجه بیشتری شود، هرچند که تمام آنها با توجه به آنکه در محیط شهری بوده و مشکلات اجرایی به لحاظ تملک اراضی و عرض رفوژ میانی موجود و... وجود داشته سبب شده تا به صورت مورد به مورد، طراحی و اجرا شوند. مدل‌های تصادف فوق، ابزاری جهت اثر گذاری کمی هر یک از پارامترها بر ایمنی است. تصمیم‌گیران می‌توانند حد بحرانی هر متغیر را با توجه به معیار تعداد تصادف بحرانی تعیین کنند.

به عنوان مثال، در صورتی که حد بحرانی تعداد تصادف کل ماهانه ۲ و جلو-پهلوی، صفر باشد، آنگاه در یک بزرگراه ۴ خطه با حجم مسیر اصلی ۴۲۱۷۷ نقلیه در روز و درصد وسایل دورزننده ۱۴/۲٪؛ فاصله دوربرگردان از تقاطع با حل معادله  $2 = e^{-3.7656} * d^{0.5284} * 4.2177^{2.152} * e^{14.2*0.0212-0.1470*14}$  به دست می‌آید. با حل معادله، فاصله از تقاطع ۳۶۸ متر به دست می‌آید. همچنین در صورتی که فاصله بازشدگی ۱۴ متر و شعاع جزیره پروانه ۱۲ متر باشد آنگاه

مقدار  $Pr > ChiSq$  در سطح ۹۵٪ اطمینان قابل قبول است. بنابراین مدل تعداد کل تصادفهای ماهانه در دوربرگردانها به صورت رابطه ۱۸ خواهد بود.

$$N_{angle} = e^{-13.32171} * d^{-0.5740} * ADT_{major}^{1.852} * e^{0.0362*ADT^2-0.257*Rad-0.0961*x} \quad (18)$$

نکویی برازش نیز به صورت جدول ۷ است که قابل قبول است. رسم باقیمانده‌های تجمعی برای تابع و برای متغیر  $ADT_{major}$  در شکل ۷ آمده است و نشانگر مناسب بودن مدل و برازش مناسب بر داده‌ها است.

#### ۴-۲-۴ اعتبار سنجی مدلها

اعتبارسنجی مدلها با بکارگیری اطلاعات جدید(زمانی) یا مکان جدید (مکانی) و نیز خود مدل صورت می‌گیرد. معمولاً چون از جامعه آماری، نمونه‌گیری می‌شود اعتبارسنجی به طور جدی مطرح می‌شود. در این مقاله جامعه آماری شامل کل نمونه‌هاست زیرا سایر دوربرگردانها یا حذف شده‌اند یا تغییراتی داشته‌اند و مناسب آمارگیری نبودند.

نتایج حاصل از مدل‌های ساخته شده و معیارهای نکویی برازش آنها و تحلیل باقیمانده‌ها نشان می‌دهد مدلها در سطح ۹۵٪ قابل اطمینان بوده و از قطعیت بالایی در پیش‌بینی تصادف برخوردارند. همچنین از داده‌های جدید برای ارزیابی مدلها می‌توان استفاده کرد که با توجه به امحاء کروکی‌ها و دردسترس بودن فقط یکسال از آن و عدم ثبت دوربرگردانها در اطلاعات رایانه‌ای پلیس و نیاز به استخراج اطلاعات از کروکی‌ها، در زمان جمع‌آوری داده و در دوره زمانی صدور مجوز جهت استخراج داده‌های تصادف از پلیس راهنمایی رانندگی، تنها داده یک‌ماه از سال جدید (اردیبهشت ماه ۸۷) و برای یکی از نمونه‌ها یعنی بعثت - غرب رجایی ثبت شد که در ساخت مدل استفاده نشد و در ادامه جهت اعتبارسنجی مدلها استفاده شده است.

خلاصه اطلاعات برای این دوربرگردان به صورت جدول ۸ است. محاسبه تعداد تصادف کل، جلو-عقب و جلو-پهلوی با استفاده از روابط ۱۴، ۱۶ و ۱۸ برای دوربرگردان بعثت - غرب رجایی به صورت زیرند:

$$N_{total} = e^{-3.7656} * 396^{0.5284} * 7.5210^{2.152} * e^{19.54*0.0212-0.1470*14} = 8.11$$

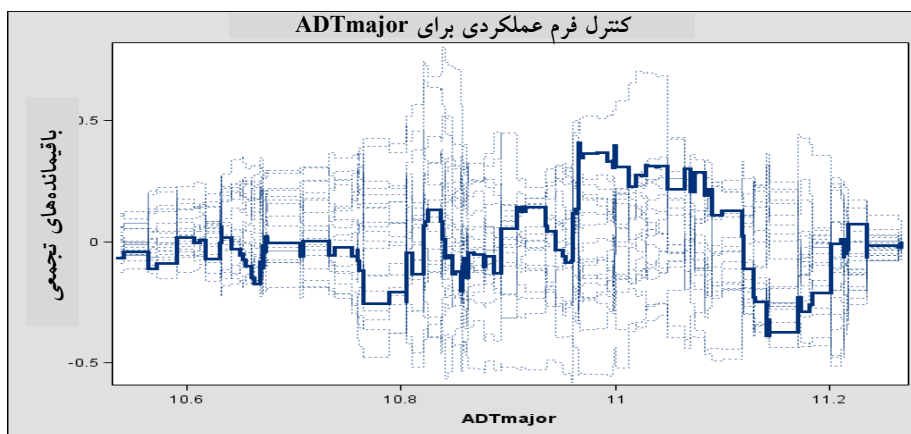
نظر کفایت می‌کند و البته می‌تواند بیش از این یعنی تا ۵۰۰ متر نیز باشد که در آن صورت تعداد تصادف کل مورد انتظار ماهانه ۲/۳۶ و برای تعداد تصادف کل جلو-پهلو مورد انتظار ماهانه ۰/۲۹ خواهد بود که با حد بحرانی در نظر گرفته مطابقت دارد.

$$0 = e^{-13.32171 * d^{-0.5740}} * 42177^{1.852} * e^{0.0362 * 14.2 - 0.257 * 12 - 0.0961 * 14}$$

فاصله از تقاطع بسیار بلند می‌شود. اگر فاصله از تقاطع را همان ۳۶۸ متر در نظر بگیریم، آنگاه تعداد تصادف مورد انتظار جلو-پهلو ۰/۳۵ است. بنابراین، این فاصله برای مسیر مثال مورد

جدول ۷. نکویی برازش مدل ۱۸

معیارهای نکویی برازش			
DF	Value	Value/DF	معیار
۱۱۴	۱۰۰/۸۷۸۸	۰/۸۸۴۹	انحراف
۱۱۴	۱۳۲/۱۲۰۷	۱/۱۵۹۰	انحراف مقیاس شده
۱۱۴	۸۷/۰۴۳	۰/۷۶۳۵	مربع پیرسون - چی
۱۱۴	۱۱۴	۱	پیرسون مقیاس شده $\chi^2$
	-۱۴۱/۲۴۸۴		احتمال سرعت



شکل ۷. نمودار باقیمانده‌های تجمعی مدل تعداد تصادفهای ماهانه جلو-پهلو در برابر ADTmajor

جدول ۸. خلاصه اطلاعات دوربرگردان بعثت - غرب رجایی (اردیبهشت ۸۷)

d(m)	rw(m)	X(m)	Radi(m)	ADT2	$ADT_{major}$ (vpd)	$V_{major}$ (km/h)	$V_{minor}$ (km/h)
۳۹۶	۱۴	۱۶	۱۰	۱۹/۵۴	۷۵۲۱۰	۴۶/۲	۵۷/۸
تعداد کل تصادف	جلو-عقب	جلو-پهلو	پهلو-پهلو	برخورد به شی ثابت			
۸	۳	۲	۲	۱			

## ۵. نتیجه گیری

شده است. بنابراین نتیجه می شود طراحی هندسی دوربرگردانها در ایمنی آنها بسیار مهم است. همچنین جهت ارزیابی ایمنی تبدیل تقاطعهای چراغدار (در دوره قبل) به دوربرگردان (در دوره بعد) نیاز به مطالعات قبل- بعد است. در مدلسازی تصادف، به مدلسازی شدت تصادفها و تصادفهای پهلو- پهلو و شیء ثابت (برخورد به جزیره) پرداخته نشد، زیرا که تعداد نمونه ها کم بوده و در مجموع ماههای مختلف سال دارای تعداد تصادف صفر زیاد بوده که نیاز به روش دیگر و نرم افزار SAS با نسخه ها ۹/۲ بود. مدل های این مقاله با نرم افزار SAS با نسخه ۹/۱ ساخته شده اند. در پایان لازم به ذکر است که احداث دوربرگردانهای جدید نیاز به مطالعات جامع ترافیکی و تعیین مشخصات هندسی مناسب و تأمین نیازهای اجرایی به لحاظ تملک اراضی دارد. به طور کلی برای تقاطعهای بدون چراغ، با مطالعه سرعت و حجم ترافیک عبوری و گردشی مناسب تر است.

## ۶. پانویسها

1. Xu
2. Cribbins
3. Richardson
4. Logarithm link function
5. Under dispersion
6. Ziad
7. Deviance
8. Scaled Deviance
9. Nelder and McCullagh

## ۷. مراجع

- عزیزی، لیلا (۱۳۸۸) "تحلیل و ارزیابی ایمنی دوربرگردانهای اجرا شده در شهر تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران، تهران، ایران.

- Costronovo, S., Dorothy, P.W., Scheuer, Mc. and Maleck, T.L. (1995) "The operational and safety aspects of the Michigan design for divided highway", Volume 1, Michigan State University, College of Engineering.

- Dissanayake, S. and Lu, J. (2003) "Access management techniques to improve traffic operation and safety: A case study of a full Vs. Directional median opening", Transportation Research Symposium by Iowa State University, 23p.

- Hummer, J. and Carter, D. (2005) "Operational and safety effects of U-turns at signalized intersections", Thesis of MSC, 111p, North Carolina, paper published in Transportation Research Record, pp.11-18.

بررسی مطالعات پیشین در دنیا در خصوص دوربرگردانها نشان می دهد که دور برگردان در دیگر کشورها به این صورت که در تقاطعهای چراغدار در شهر تهران به انجام رسیده، اجرا نشده است، اما مطالعات آنها در خصوص پارامترهای مؤثر در ایمنی دوربرگردانها و مدل های آماری توسعه یافته در تحقیق حاضر مفید است. بنابراین با استفاده از مدل های آماری بر نمونه های مورد مطالعه که اطلاعات تصادف آنها در دست بود، اقدام به تحلیل ایمنی آنها در ترکیب با پارامترهای هندسی و ترافیکی شد. مدلسازی تعداد کل و نحوه تصادفهای ماهانه در دوربرگردانها نشان می دهد که به طور متوسط، ۱۰٪ افزایش در عرض بازشدگی، ۱۲/۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو- پهلو، ۱۰٪ افزایش در شعاع جزیره پروانه ۳۷/۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو- پهلو، ۱۰٪ افزایش در فاصله از تقاطع (طول تداخل) ۲/۳۶ درصد کاهش در تعداد تصادفهای جلو- پهلو، ۱۰٪ به ٪ افزایش در عرض خط و ۲۰ درصد کاهش در تعداد تصادفهای کل منجر می شوند. همچنین تصادفها با افزایش حجم ترافیک در مسیر اصلی و نیز حجم ترافیک دورزننده، افزایش می یابند. 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 سرعت های کم وسایل نقلیه ای که قصد دور زدن در بریدگی دوربرگردان را دارند افزایش می یابند (دور برگردانهای چمران- گیشا) و نیز با افزایش سرعت در مسیر فرعی همگرا به مسیر اصلی، تصادفهای جلو- عقب کاهش می یابد. بیشترین تعداد تصادفهای جلو- پهلو مربوط به رسالت- باقری است که دارای طول تداخل کوتاه است، علاوه بر آن تصادفهای جلو- پهلو در نتیجه شعاع گردش کم و وارد شدن وسایل نقلیه در خط مقابل در تکمیل مانور دوربرگردان نیز مشاهده می شود که نمونه ای از آن دور برگردان بعثت- غرب رجایی است. دوربرگردان فوق، با وجود آنکه دارای طول تداخل مناسب است، اما دارای شعاع گردش کم و عرض بازشدگی بالاست، که سبب سردرگمی رانندگان در حق تقدم عبور در صف بندی پهلو به پهلو برای انجام مانور دوربرگردان شده و منجر به افزایش تصادفهای جلو- پهلو و پهلو- پهلو می شود. این دور برگردان دارای شدت تصادف بیشتری نسبت به سایر دور برگردانها نیز هست. به طور کلی طراحی مورد به مورد دوربرگردانهای اجرا شده سبب تفاوت در دسته بندی نحوه برخورد

safety performance of urban road transportation networks", Accident Analysis and Prevention, pp.609-620.

- NCHRP Report 524 (2004), "Safety of U-turns at unsignalized median openings", TRB, USA, 142p.

- "Poisson and negative binomial regression", www.uky.edu.

- "Statistical analysis software (SAS) ", CLA Academic Technology Services, www.ats.ucla.edu. and www.sas.com.

- Vogt, A. and Bared, J.G. (1998) "Accident model, segment and intersection", Publication NO. FHWA-RD-98-133, 127p.

- Wood, G.R. (2002) "Generalized linear accident models and goodness of fit testing", Accident Analysis and Prevention, pp.417-427.

- Ziad, T. Sayed (2003) "Statistical issue in traffic accident modeling", Transportation Research Board, p. 27

- Hauer, E., Council, F.M. and Mohammedshah, Y. (2004) "Safety models for urban four-lane undivided road segments", Transportation Research Record, 1897, pp. 96-105.

- Hauer, E. (2008) "Two tools for finding what function links the dependent variable to the explanatory variables", Department of Civil Engineering, University of Toronto, Canada, 18p.

- Harwood, D. and Mason, Pietrucha (2002) "Cross-median collisions on Pennsylvania intersections and expressways", Transportation Research Board, pp.91-99.

- Liu, P., Chen and Lu (2008) "Impact of the separation distances between driveway exits and downstream U-turn locations on the safety performance of right-turns followed by U-turns", Transportation Research Board, 19p.

- Liu, W. (2007) "Improving credit scoring by generalized additive model", SAS Global Forum, 9p.

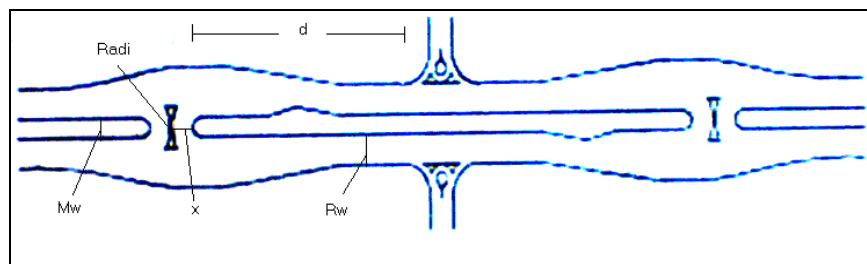
- Lord, D. and Persaud, B.N. (2004) "Estimating the

خلاصه اطلاعات متغیرها در مدل‌سازی تصادف دوربرگردان‌ها

متغیر	متوسط	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
y1	۵/۷۷	۴/۶۸	۰	۲۲
y2	۳/۶۵	۳/۶۹	۰	۱۷
y3	۰/۹۶	۰/۹۱۶	۰	۴
ADTmajor	۵۵۶۳۲/۸۴	۱۰۸۸۳/۸۷	۳۷۵۸۸/۹۴	۷۸۱۵
ADTminor	۱۰۷۸۶/۷۵	۴۶۴۱/۶۳	۴۲۴۰/۲۸	۲۳۳۰۰
d	۳۹۹/۴	۲۱۲/۱۲	۱۷۸	۷۹۰
Radi	۱۲/۴	۱/۳۲	۱۰	۱۵
x	۱۲/۳۲	۲/۵۸	۹	۱۶
ADT1	۲۷/۳۹	۱۳/۷۲	۲/۳۶	۶۷/۱۹۶
ADT2	۱۹/۴۱	۹/۳۱	۲/۷۲	۴۴/۹۳
Vmajor	۵۰/۰۷	۵/۴۲	۳۶/۷۶	۶۲/۷۹
Vminor	۴۵/۲	۱۱/۱۴	۲۳/۸۸	۶۸/۱۶
rw	۱۲/۴۴	۱/۴۲	۱۰	۱۴
mw	۷/۹۹	۱/۹۲	۶	۱۲/۸

مشخصات هندسی دوربرگردانهای مورد مطالعه

تعداد تصادفهای کل سال	عرض خیابان (rw)	عرض میانه (mw)	عرض بازشدگی (x)	فاصله از تقاطع (d)	شعاع جزیره پروانه (Radi)	تعداد خط اصلی	مکان
۱۶۹	۱۰	۹	۹	۷۹۰	۱۱/۵	۳	چمران - جنوب گیشا
۱۳۲	۱۰	۱۲/۸	۹	۵۷۴	۱۵	۳	چمران - شمال گیشا
۶۶	۱۲	۸	۹/۶	۲۶۰	۱۲	۴	ستاری - جنوب فردوس
۶۲	۱۲	۸	۹/۶	۲۶۰	۱۲	۴	ستاری - شمال فردوس
۲۴	۱۲/۸	۸/۵	۱۳/۵	۱۷۸	۱۳/۵	۴	باقری - جنوب رسالت
۳۳	۱۲/۸	۷/۶	۱۵	۲۳۰	۱۱/۵	۴	باقری - جنوب گلبرگ
۲۵	۱۲/۸	۸	۱۳/۵	۳۶۰	۱۳/۵	۴	باقری - شمال گلبرگ
۸۶	۱۴	۶	۱۶	۳۹۶	۱۰	۴	بعثت - غرب رجایی
۳۸	۱۴	۶	۱۴	۷۳۲	۱۲	۴	تندگویان - شمال میثاق
۵۸	۱۴	۶	۱۴	۲۱۴	۱۳	۴	تندگویان - جنوب میثاق



نمایش مشخصات هندسی بر نمای شماتیک دوربرگردان‌ها

مشخصات متغیرهای ترافیکی (آبان ماه ۸۶)

مکان	متوسط حجم ترافیک روزانه از مسیر فرعی به اصلی (جریان همگرا)	متوسط حجم ترافیک روزانه در مسیر اصلی	متوسط حجم ترافیک روزانه دورزننده	درصدی از ترافیک اصلی که دور می‌زنند	درصدی از ترافیک مسیر اصلی که وگرا می‌شوند	سرعت در مسیر اصلی (km/h)	سرعت در مسیر فرعی (km/h)
چمران - شمال گیشا	۱۲۳۵۰	۵۳۸۰۰	۸۹۴۰	۴۱/۹	۲۲/۶۴	۵۶/۱	۳۵
چمران - جنوب گیشا	۲۱۹۵۰	۷۸۱۵۰	۱۰۲۰۰	۱۸/۷	۶۷/۲	۵۰	۳۰
ستاری - شمال فردوسی	۱۰۷۴۰	۵۹۳۹۰	۳۹۵۰	۱۴	۱۹/۶۹	۴۷/۹۵	۳۵/۴
ستاری - جنوب فردوسی	۱۱۹۴۰	۶۲۱۸۰	۲۹۰۰	۳/۱	۳۲/۶۳	۵۰/۶۵	۴۷/۳
باقری - جنوب رسالت	۱۵۸۰۰	۵۸۰۵۰	۶۰۰۰	۱۵/۲	۳۱/۳۷	۴۲	۵۶/۸
باقری - شمال گلبرگ	۱۰۰۰۰	۵۳۰۵۰	۴۷۵۰	۱۹/۸	۲۲/۱۸	۵۹/۳۵	۴۵/۲
باقری - جنوب گلبرگ	۷۲۵۰	۴۳۰۰۰	۹۰۰۰	۲۹/۶	۳۲/۷۹	۵۰/۲	۵۷/۲
بعثت - غرب رجایی	۴۵۴۰	۷۴۳۶۰	۸۱۰۰	۱۹/۳	۲۹/۳۷	۴۷/۵	۵۸/۳
تندگویان - جنوب میثاق	۸۲۴۰	۶۱۲۱۷۰	۷۱۹۰	۲۳/۷	۲۶/۵۶	۵۱/۷۵	۴۶/۳
تندگویان - شمال میثاق	۷۱۰۰	۵۳۲۷۰	۴۳۴۰	۱۴/۴	۲/۷۷	۵۷/۳۵	۴۷



تعداد تصادفهای ماهانه در سال ۸۶

مکان	تعداد	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
چمران-جنوب گیسا	تعداد جرحی	۰	۱	۲	۰	۳	۱	۲	۲	۱	۰	۲	۰	۱۴
	تعداد کل	۱۳	۲۰	۱۸	۱۲	۲۱	۱۵	۱۶	۲۲	۱۰	۹	۹	۴	۱۶۹
چمران-شمال گیسا (مقابل خیابان جواد فاضل)	تعداد جرحی	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۶
	تعداد کل	۱۲	۱۵	۲۲	۱۱	۱۵	۱۰	۱۲	۱۵	۶	۵	۶	۳	۱۳۲
ستاری -جنوب فردوس	تعداد جرحی	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۴
	تعداد کل	۳	۸	۶	۴	۶	۴	۴	۶	۷	۵	۸	۵	۶۶
ستاری -شمال فردوس	تعداد جرحی	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۴
	تعداد کل	۳	۶	۵	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۵	۸	۵	۶۲
باقری-شمال گلبرگ	تعداد جرحی	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲
	تعداد کل	۴	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۰	۰	۴	۲۵
باقری-جنوب گلبرگ	تعداد جرحی	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴
	تعداد کل	۲	۳	۳	۱	۶	۱	۶	۳	۲	۱	۲	۳	۳۳
باقری-جنوب رسالت	تعداد جرحی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
	تعداد کل	۱	۲	۱	۲	۴	۳	۳	۱	۲	۰	۳	۲	۲۴
بعثت-غرب رجایی	تعداد جرحی	۲	۲	۰	۱	۳	۱	۱	۳	۰	۱	۰	۲	۱۶
	تعداد کل	۷	۷	۶	۷	۹	۹	۹	۹	۵	۵	۷	۹	۸۶
تندگویان-شمال میثاق	تعداد جرحی	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۲
	تعداد کل	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۲	۵	۶	۳	۳	۳۸
تندگویان-جنوب میثاق	تعداد جرحی	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۲	۰	۱	۰	۶
	تعداد کل	۶	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۷	۹	۸	۴	۷	۵۸

ضریب همبستگی متغیرها در مدلسازی تصادف دوربرگردانها

$N = 120$  و ضریب همبستگی پیرسون

$\text{Prob} > |r| \text{ under } H_0: \text{Rho} = 0$

	y1	y2	y3	ADTmajor	ADTminor	d	Radi	x	ADT1	ADT2	Vmajor	Vminor	rw	mw
y1	1/..... <./.....	./9106 <./.....	./3213 <./.....	./4087 <./.....	./4280 <./.....	./5102 <./.....	-./0307 <./.....	-./5031 <./.....	./5034 <./.....	./2345 <./.....	-./0835 <./.....	-./4902 <./.....	-./6032 <./.....	./4107 <./.....
y2	./9106 <./.....	1/.....	./0362 <./.....	./2929 <./.....	./4985 <./.....	./5885 <./.....	-./0003 <./.....	-./5304 <./.....	./5202 <./.....	./2016 <./.....	-./1414 <./.....	-./5699 <./.....	-./6433 <./.....	./4284 <./.....
y3	./3213 <./.....	./0362 <./.....	1/.....	./3947 <./.....	-./0291 <./.....	-./1386 <./.....	-./2278 <./.....	./0031 <./.....	./1838 <./.....	-./0341 <./.....	./0003 <./.....	./0985 <./.....	./0294 <./.....	-./0908 <./.....
ADTmajor	./4087 <./.....	./2929 <./.....	./3947 <./.....	1/.....	./3730 <./.....	-./0904 <./.....	-./3313 <./.....	-./0677 <./.....	./5341 <./.....	-./3320 <./.....	-./2709 <./.....	./1882 <./.....	-./0582 <./.....	-./0770 <./.....
ADTminor	./4280 <./.....	./4985 <./.....	-./0291 <./.....	./3730 <./.....	1/.....	./2317 <./.....	./2881 <./.....	-./6164 <./.....	./6905 <./.....	-./1477 <./.....	-./3218 <./.....	-./3663 <./.....	-./6033 <./.....	./4882 <./.....
d	./5102 <./.....	./5885 <./.....	-./1386 <./.....	-./0904 <./.....	./2317 <./.....	1/.....	-./0562 <./.....	-./3031 <./.....	./0667 <./.....	./0903 <./.....	./1062 <./.....	-./0578 <./.....	-./3975 <./.....	./2227 <./.....
Radi	-./0307 <./.....	-./0003 <./.....	-./2278 <./.....	-./3313 <./.....	./2881 <./.....	-./0562 <./.....	1/.....	-./3476 <./.....	-./2309 <./.....	./4609 <./.....	./3062 <./.....	-./2241 <./.....	-./3625 <./.....	./6706 <./.....
x	-./5031 <./.....	-./5304 <./.....	./0031 <./.....	-./0677 <./.....	-./6164 <./.....	-./3031 <./.....	-./3476 <./.....	1/.....	-./2908 <./.....	./1013 <./.....	./2002 <./.....	./7936 <./.....	./8644 <./.....	-./6895 <./.....
ADT1	./5034 <./.....	./5202 <./.....	./1838 <./.....	./5341 <./.....	./6905 <./.....	./0667 <./.....	-./2309 <./.....	-./2908 <./.....	1/.....	-./0703 <./.....	-./5024 <./.....	-./1082 <./.....	-./5162 <./.....	./2194 <./.....
ADT2	./2345 <./.....	./2016 <./.....	-./0341 <./.....	-./3320 <./.....	-./1477 <./.....	./0903 <./.....	./4609 <./.....	./1013 <./.....	-./0703 <./.....	1/.....	./2095 <./.....	-./0729 <./.....	-./2338 <./.....	./5043 <./.....
Vmajor	-./0835 <./.....	-./1414 <./.....	./0003 <./.....	-./2709 <./.....	-./3218 <./.....	./1062 <./.....	./3062 <./.....	./2002 <./.....	-./5024 <./.....	./2095 <./.....	1/.....	./1236 <./.....	./2647 <./.....	-./0611 <./.....
Vminor	-./4902 <./.....	-./5699 <./.....	./0985 <./.....	./1882 <./.....	-./3663 <./.....	-./0578 <./.....	-./2241 <./.....	./7936 <./.....	-./1082 <./.....	-./0729 <./.....	./1236 <./.....	1/.....	./7204 <./.....	-./4966 <./.....
rw	-./6032 <./.....	-./6433 <./.....	./0294 <./.....	-./0582 <./.....	-./6033 <./.....	-./3975 <./.....	-./3625 <./.....	./8644 <./.....	-./5162 <./.....	-./2338 <./.....	./2647 <./.....	./7204 <./.....	1/.....	-./8698 <./.....
mw	./4107 <./.....	./4284 <./.....	-./0908 <./.....	-./0770 <./.....	./4882 <./.....	./2227 <./.....	./6706 <./.....	-./6895 <./.....	./2194 <./.....	./5043 <./.....	-./0611 <./.....	-./4966 <./.....	-./8698 <./.....	1/.....