

## ارزیابی اثر تراکم دسترسی‌ها بر میزان تصادف‌ها در جاده‌های اصلی برون شهری

حمید بهبهانی\*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

مهدی بابائی، کارشناس ارشد (دانش آموخته)، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

سیدرضا زمانی ثانی، کارشناس ارشد (دانش آموخته) دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

E-mail: behbahani@iust.ac.ir

دریافت: ۱۳۸۸/۰۲/۱۷ - پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۰

### چکیده

امروزه روند رو به رشد تصادف‌ها در راه‌ها و تلفات و خسارتهای ناشی از این گونه حوادث باعث ضایع شدن و اتلاف سرمایه‌های کشور می‌شوند. بنابراین سرمایه‌گذاری صحیح و شناخت هر یک از عوامل سه گانه تصادف (راه، راننده و وسیله نقلیه)، بررسی اصولی مشکلات این عوامل و بیان راه‌های کاربردی می‌تواند تا حد زیادی از بروز این گونه حوادث بکاهد. یکی از معضلات اساسی شبکه راه‌های کشور وجود دسترسی‌های فراوان به راه‌های اصلی است؛ به نحوی که این دسترسی‌ها که معمولاً فاقد شرایط لازم طراحی، عملکردی و کنترلی هستند به صورت مکانهای تصادف‌خیز درآمده‌اند. هدف از این تحقیق تعیین میزان تأثیر تراکم دسترسی‌های حاشیه‌ای بر نرخ تصادف‌ها در راه‌های کشور است. برای این منظور با معرفی پارامترهای دخیل در تصادف‌ها، تحلیل آماری توصیفی و مدل‌های آماری رگرسیونی ارائه می‌شوند تا نوع ارتباط میان نرخ تصادف‌های جاده‌ای و عوامل اصلی وقوع آن از جمله تراکم دسترسی‌ها در جاده‌های کشور مشخص شود. از مهم‌ترین نتایج تحقیق، این است که با افزایش و کاهش تراکم دسترسی‌ها، نرخ تصادف‌ها نیز با نسبتی افزایش یا کاهش می‌یابد. زمانی که تراکم دسترسی‌ها اندک است، رشد نرخ تصادف‌ها همراه با افزایش تراکم دسترسی‌ها روندی ملایم دارد، اما هنگامی که تراکم دسترسی‌ها از حدی بیشتر می‌شود، نرخ تصادف‌ها رشد قابل شوندی پیدا می‌کند. بنابراین علاوه بر تراکم دسترسی، عوامل مهم دیگری نیز در وقوع تصادف‌ها به ویژه در راه‌های با شمار زیاد دسترسی، نقش دارند.

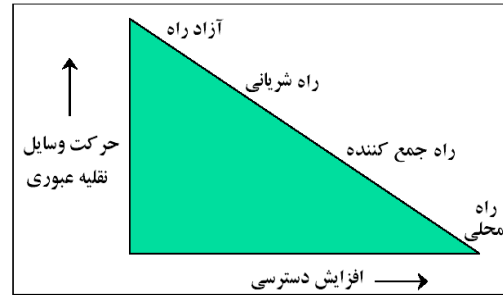
واژه‌های کلیدی: نقاط دسترسی، نرخ تصادف‌ها، تراکم دسترسی، راه اصلی برون شهری

### ۱. مقدمه

نتیجه تردد و ایمنی حرکت در راه‌ها را به مخاطره می‌اندازند. تأسیسات، املاک، مجموعه‌های مسکونی، مراکز فعالیت صنعتی، کشاورزی و ... که در حاشیه راه قرار می‌گیرند، با توجه به این که پیش از ساخته شدن راه وجود داشته‌اند و همچنین در مواردی که احداث راه زمینه پیدایش آنها را فراهم کرده باشد، به استفاده از راه و بنابراین ورود و خروج از آن نیاز دارند. همچنین در مناطق شهری و مناطق نزدیک به شهرها، رشد اقتصادی سریع باعث افزایش تقاضای ایجاد نقاط دسترسی در طول راه‌ها شده است که معمولاً منجر به کاهش ایمنی و ظرفیت راه‌ها می‌شود. بنابراین امکان دسترسی و قابلیت حرکت ۱ یا ظرفیت و ایمنی راه اغلب نیاز به هماهنگی دارد [۲]. در شکل (۱) رابطه بین دسترسی

با بررسی آمار مختلف تصادف‌های کشور به این نتیجه به دست می‌آید که وجود دسترسی‌های نامناسب و احداث نقاط دسترسی غیر اصولی، باعث وقوع تصادف‌های متعدد در راه‌های کشور می‌شود. آمار، این گونه بیان می‌کنند که حدود ۳۷ درصد از تصادف‌های برون شهری کشور در محل تقاطع‌های هم سطح رخ داده‌اند [۱] که بیشترین درصد تصادف‌ها در بررسی وضعیت معابر را شامل می‌شود. نبود ضوابط، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مناسب در کشور برای طراحی و احداث دسترسی‌های حاشیه‌ای از یک سو، فقدان مقررات مناسب به منظور مدیریت و کنترل دسترسی از دیگر سو باعث شده است که کاربری‌های مختلف، دسترسی‌های بسیار زیادی را به راه‌های اصلی ایجاد کنند که در

و قابلیت حرکت بر اساس راهنمای مدیریت دسترسی ایالت Iowa آمریکا ارایه شده است [۳]. با توجه به این شکلها هرچه شمار دسترسی به یک راه افزایش یابد، قابلیت حرکت آن راه کاهش خواهد یافت.



شکل ۱. رابطه بین میزان دسترسی‌ها و قابلیت حرکت در انواع راه [۳]

نظر به مطالب فوق، با بررسی و ارزیابی عوامل مؤثر در تصادف‌های برون شهری به ویژه دسترسی‌های حاشیه‌ای، شناسایی نابسامانی‌های مربوط به این عوامل و بیان راه‌حل‌های کاربردی می‌توان تا حد زیادی شمار تصادف‌ها، شدت آنها، خسارت‌ها و مرگ و میرهای ناشی از این گونه حوادث را کاهش داد.

## ۲. تحقیقات انجام شده

اکنون چند دهه است که در ارتباط با تراکم دسترسی و تصادفها در راههای برون شهری و خیابانهای شهری تحقیقاتی چند انجام می‌شود. [۲]. فی و همکارانش<sup>۲</sup> (۱۹۷۰) [۴] با تحلیل یک بانک اطلاعاتی گسترده ثابت کردند که ۱۰ برابر شدن تراکم دسترسی، نرخ تصادفها را دو برابر می‌کند. اداره راه ایالت کلرادو<sup>۳</sup> آمریکا (۱۹۸۵) [۵] مزایای حاصل از کنترل دسترسی‌ها در شریانی‌های شهری را نشان داد. همچنین بهبود ایمنی با افزایش فاصله دسترسی‌ها به وسیله مطالعه ایالت ویسکانسین<sup>۴</sup> آمریکا (۱۹۸۶) [۶] که بر روی راهها صورت گرفت، مشخص شد. لانگ و موریسون<sup>۵</sup> (۱۹۹۳) [۷] بیش از ۴۰۰ مایل (۶۴۰ کیلومتر) از مسیرهای شهری را در ایالت فلوریدای<sup>۶</sup> آمریکا تحلیل کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش دسترسی مسیرها در مایل (کیلومتر)، نرخ تصادفها نیز افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای بر روی راههای شریانی دو خطه در ایالت بریتیش کلمبیای<sup>۷</sup> کانادا (۱۹۹۴) [۸] سعی شد اثر نوع دسترسی، تراکم دسترسی، حجم ترافیک و طرح هندسی راه بر ایمنی تعیین شود. این تحلیل نشان داد که همه نوع

دسترسی مشخصاً با تصادفها ارتباط دارند، با این وجود، ارتباط بین تراکم دسترسی‌ها و نرخ تصادفها چیز ساده‌ای نیست (حداقل برای راههایی که در این مطالعه بکار رفته بودند). از این میان، نتایج دیگری توسط همین محققان (جیان<sup>۸</sup>، عبدالوهاب<sup>۹</sup> و...) [۸] به صورت زیر به دست آمده است:

- به نظر می‌رسد که تقاطع‌های راههای عمومی بیشترین تأثیر را در نرخ یا تکرار تصادفها داشته باشند. به طور متوسط، یک راه عمومی تأثیری معادل ۱۰ برابر یک مسیر اختصاصی دارد.
  - با افزایش تراکم دسترسی‌ها (خواه ورودی مسیر عمومی، تجاری یا دسترسی‌های اختصاصی)، تقریباً یک روند خطی در افزایش نرخ تصادفها وجود دارد.
  - افزایش نرخ تصادفها مرتبط با افزایش تراکم دسترسی‌ها در سرعتهای بالاتر، بیشتر از سرعتهای پایین‌تر است.
  - یک دسترسی تجاری اثری حدود یک و نیم برابر اثر یک تقاطع راه عمومی بر روی نرخ تصادفها دارد.
- در جایی که دسترسی‌های اختصاصی بر روی قوسهای افقی واقع شده‌اند، نرخ تصادفها با افزایش درجه قوس افزایش می‌یابد [۹].
- اما از سویی دیگر در ارتباط با وضعیت کشور، از تجزیه و تحلیل آمار تصادفها به این نتیجه می‌رسیم که عامل اصلی حدود ۲۲ درصد از تصادفها در راهها را نقص راه تشکیل می‌دهد و از این میان عوامل مرتبط با دسترسی‌ها مانند تقاطعها، مناطق مسکونی و اشغال حریم، از عوامل اولیه و مهم جاده در بروز تصادفها است [۱۰]. در داخل کشور تاکنون مطالعات جامعی در خصوص تأثیر دسترسی‌ها روی ایمنی و میزان تصادفها صورت نگرفته است و بنابراین اهمیت این مطالعه با توجه به موارد یاد شده ضروری به نظر می‌رسد.

## ۳. روش تحقیق

با مطالعه تحقیقات انجام شده در سایر کشورها پیرامون موضوع تحقیق مشخص می‌شود که در بررسی عوامل مؤثر بر تصادفها جاده‌ای، علاوه بر تراکم دسترسی شماری از پارامترهای مهم و اساسی دیگر نیز می‌بایست در نظر گرفته شوند؛ زیرا با آنکه دسترسی‌های حاشیه‌ای عامل مهمی در وقوع تصادفها هستند، عوامل متعدد دیگری نیز در این امر نقش دارند که در سه گروه عوامل انسانی، جاده‌ای و محیطی و عوامل مربوط به وسیله نقلیه

## ۵. تعیین و تعریف مقاطع مورد مطالعه و جمع‌آوری

### اطلاعات مورد نیاز

همان طور که ذکر شد طبق مطالعات انجام شده در سایر کشورها عوامل اصلی مؤثر در نرخ تصادف‌ها، میانگین تردد روزانه، تعداد خطوط، وجود شانه، وجود میانه، سرعت وسایل نقلیه و تراکم دسترسی‌ها است. اما با بررسی تحقیقات انجام گرفته در این حوزه مشخص می‌شود که در این میان تنها تراکم دسترسی‌ها، متوسط تردد روزانه و سرعت وسایل نقلیه دارای بیشترین تاثیر در نرخ تصادف‌ها هستند و نقش عوامل دیگر از قبیل تعداد خطوط، وجود شانه و میانه به میزان سه عامل فوق نیست. بنابراین از آنجاکه انواع گوناگونی از راه‌های برون شهری مانند آزاد راه، راه اصلی، فرعی و... با خصوصیات فیزیکی و عملکردی مختلف در کشور وجود دارد، برای رسیدن به نتایج منطقی و قابل استناد، می‌بایست تنها به سه متغیر اصلی ذکر شده بسنده کرد و مقاطع مورد مطالعه در این تحقیق، از محورهایی با درجه اهمیت و خصوصیات عملکردی و فیزیکی یکسان از لحاظ شانه، عرض مسیر، جدا شده یا نشده و.. انتخاب شوند.

بنابراین با توجه به این که شمار زیادی از محورهای کشور از نوع راه اصلی دو خطه جدا نشده است، سهم زیادی از تصادف‌های جاده‌ای در این گونه راه‌ها رخ میدهد و اینکه عموماً کاربری‌های حاشیه‌ای و دسترسی‌ها در این گونه راه‌ها زیاد و عامل بسیاری از تصادف‌ها هستند، مقاطع پنج کیلومتری از محورهای مختلفی از راه‌های اصلی دو خطه جدا نشده، در این تحقیق بررسی شده‌اند که علت در نظر گرفتن مقاطع پنج کیلومتری، وجود آمار تصادف‌های با حداقل فاصله پنج کیلومتر در کشور بوده است.

محورهای مورد مطالعه عبارتند از:

- محور قزوین- لوشان در استان قزوین به طول ۵ کیلومتر
  - محور قدیم قم- تهران در استان قم به طول ۵۰ کیلومتر
  - محور قزوین- آبیگ در استان قزوین به طول ۴۵ کیلومتر
  - محور ساوه- سلفچگان در استان قم به طول ۳۰ کیلومتر
  - محور کرج- چالوس در استان مازندران به طول ۱۰ کیلومتر
  - محور قدیم خرمدره- زنجان در استان زنجان به طول ۱۰ کیلومتر
  - محور بم براوات- رستم آباد در استان کرمان به طول ۱۰ کیلومتر
- اطلاعات مورد نیاز مدل برای هر مقطع شامل شمار تصادف‌های سالانه، شمار دسترسی‌های حاشیه‌ای، آمار حجم وسایل نقلیه و

مطرح می‌شوند. براساس بررسی‌های انجام شده، متغیرهای اصلی مؤثر در نرخ تصادف‌های جاده‌ای عبارتند از: میانگین تردد روزانه (ADT)، شمار خطوط، وجود شانه، وجود میانه، سرعت وسایل نقلیه و تراکم دسترسی‌ها.

در ادامه، ابتدا به معرفی شماری از این پارامترها که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند پرداخته می‌شود، سپس مقاطع مورد مطالعه جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در آنها از جمله آمار تصادف‌ها، شمار دسترسی، آمار حجم و.. تعریف می‌شوند. در نهایت برای رسیدن به اهداف اولیه و با توجه به مطالب و اطلاعات به دست آمده؛ تحلیل آماری توصیفی و مدل‌های آماری رگرسیونی ارائه می‌شوند تا نوع ارتباط میان نرخ تصادف‌های جاده‌ای و عوامل اصلی وقوع آن از جمله تراکم دسترسی‌ها در جاده‌های کشور مشخص شود.

## ۴. تعریف پارامترهای اصلی

### ۴-۱ تراکم دسترسی

تعداد نقاط دسترسی بر واحد کیلومتر در یک مقطع مورد مطالعه که مطابق با رابطه (۱) از تقسیم شمار نقاط دسترسی بر طول مقطع به دست می‌آید [۱۱]. این پارامتر معیار مهمی در فاصله میان دسترسی‌ها است. (۱)

که در آن:  $AD = N/L$  تراکم دسترسی بر واحد کیلومتر،  $N =$  شمار نقاط دسترسی و  $L =$  طول مقطع به کیلومتر است.

### ۴-۲ متوسط حجم تردد روزانه

متوسط حجم ترافیک روزانه برابر است با متوسط حجم ترافیک یک شبانه‌روز در یک مقطع از جاده مورد نظر در مدتی کمتر از یک سال [۱۱].

### ۴-۳ نرخ تصادف

یکی از شاخصهای بررسی تعداد تصادف‌ها، نرخ تصادف بر کیلومتر است. این نرخ نشان‌دهنده شمار تصادف‌های سالانه مقطع مورد مطالعه نسبت به طول محور مطابق رابطه (۲) است [۱۱].

$$AR = M / L \quad (2)$$

که در آن:  $M =$  شمار تصادف‌ها سالانه و  $L =$  طول مقطع به کیلومتر است.

مقاطع، تراکم دسترسی‌ها اثر افزایشی روی نرخ تصادف‌ها دارد. یعنی با افزایش و کاهش تراکم دسترسی‌ها، نرخ تصادف‌ها نیز با نسبتی افزایش یا کاهش می‌یابد.

هر چند موارد متناقض مانند کیلومتر ۴۵ تا ۵۰ محور قدیم قم-تهران و یا کیلومتر ۱۰ تا ۱۵ محور ساوه-سلفچگان وجود دارد، اما وجود این تناقض‌ها نیز حاکی از آنست که علاوه بر تراکم دسترسی‌ها عوامل دیگر نیز در تصادف‌های رخ داده در مقاطع نقش دارند.

## ۶-۲ رابطه میان تراکم دسترسی و نرخ تصادف‌ها در

### کل مقاطع

به منظور بررسی ارتباط کلی میان تراکم دسترسی و نرخ تصادف‌ها در تمام مقاطع، تراکم دسترسی‌ها به پنج گروه دسته‌بندی شده و مقدار نرخ تصادف متناظر هر گروه تعیین شده است. در نمودار (۶) میانگین نرخ تصادف متناظر هر دسته از گروه‌ها نشان داده شده است. زمانی که شمار دسترسی‌ها اندک است، نرخ تصادف‌ها همراه با افزایش تراکم دسترسی‌ها افزایش می‌یابد؛ اما این رشد روندی ملایم دارد. هنگامی که تراکم دسترسی‌ها به حدود ۱/۲ دسترسی در کیلومتر می‌رسد، نرخ تصادف‌ها رشد قابل توجهی داشته و به مقدار حداکثر ۲۰ تصادف در کیلومتر می‌رسد. بنابراین مادامی که تراکم دسترسی بین ۱/۲ تا ۱/۶ دسترسی در کیلومتر است؛ شمار زیادی از تصادف‌ها رخ داده اند، اما بعد از مقادیر حداکثر، با افزایش تراکم دسترسی، نرخ تصادف‌ها کاهش یافته است. هرچند نتیجه آخر حاصل از نمودار (۵) ظاهراً با نتایج حاصل از بند ۶-۱ متناقض است، اما همان طور که در قبل نیز عنوان شد؛ کاهش نامتعارف نرخ تصادف‌ها در مقابل افزایش تراکم دسترسی‌ها حاکی از اینست که علاوه بر تراکم دسترسی، عوامل مهم دیگری نیز در وقوع تصادف‌ها به ویژه در مقاطع با شمار زیاد دسترسی نقش دارند.

میانگین سرعت آزاد وسایل نقلیه است و از طریق این اطلاعات تراکم دسترسی‌ها و نرخ تصادف‌ها نیز برای هر مقطع تعیین می‌شود.

ثبت آمار تصادف‌ها در کشور، به همراه جزئیات و کیلومترهای دقیق آنها به ندرت انجام می‌شود. افزون بر این دسترسی به این آمار و نقشه‌های نواری راه‌های کشور (که در آنها کاربری‌های حاشیه‌ای و دسترسی‌ها مشخص باشد) به دشواری امکان‌پذیر است. بنابراین تعداد ۲۹ مقطع از محورهای مختلف مذکور کشور که نقشه‌ها و اطلاعات آنها قابل دسترسی و جمع‌آوری بوده است، انتخاب شده‌اند. آمار تردد و تصادف‌های مورد استفاده، مربوط به سال ۱۳۸۶ بوده و از سازمان راه‌داری و حمل‌ونقل جاده‌ای وزارت راه و ترابری استخراج شده است. لازم به بیان این نکته است که اطلاعات جمع‌آوری شده هر مقطع شامل آمار حجم، تصادف‌ها و شمار دسترسی‌های حاشیه‌ای برای هر دو سمت عبور است و به علت عدم ثبت آمار حجم و سرعت در هر مقطع، از مقادیر موجود برای کل محور استفاده شده است.

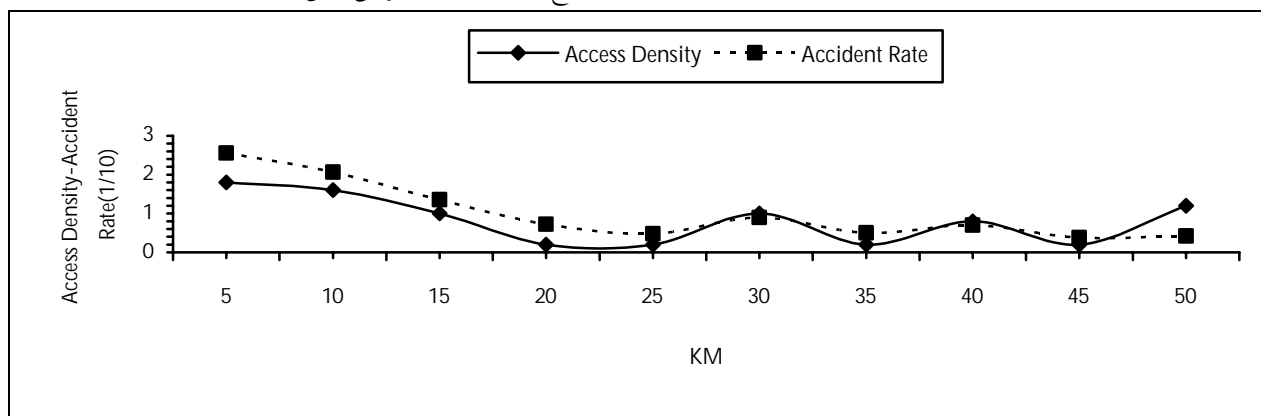
## ۶. تحلیل آماری توصیفی رابطه بین تراکم دسترسی

### و نرخ تصادف

## ۶-۱ رابطه میان تراکم دسترسی و نرخ تصادف‌ها در

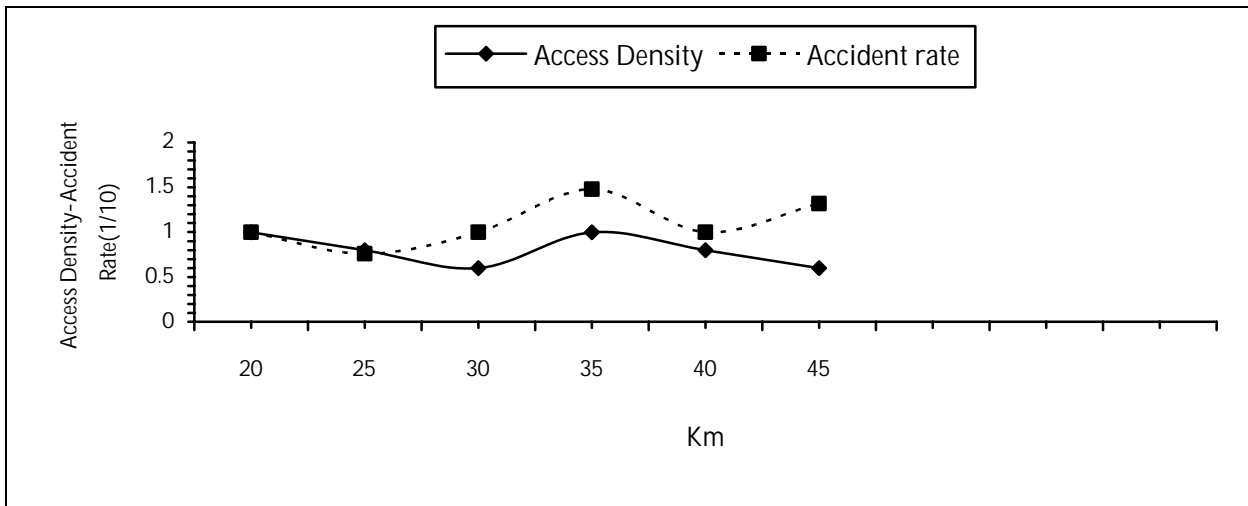
### طول محور

یکی از بهترین روش‌های نشان دادن میزان رابطه میان تراکم دسترسی و نرخ تصادف در طول یک محور، استفاده از نمودارهای تراکم دسترسی و نرخ تصادف در مقابل کیلومتر است. به همین منظور در این قسمت نمودارهای مذکور برای محورهای قم-تهران، قزوین-آبیک و ساوه-سلفچگان در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) نشان داده شده اند. مهم‌ترین نتیجه‌ای که می‌توان از نمودارهای فوق گرفت، این است که در اکثر

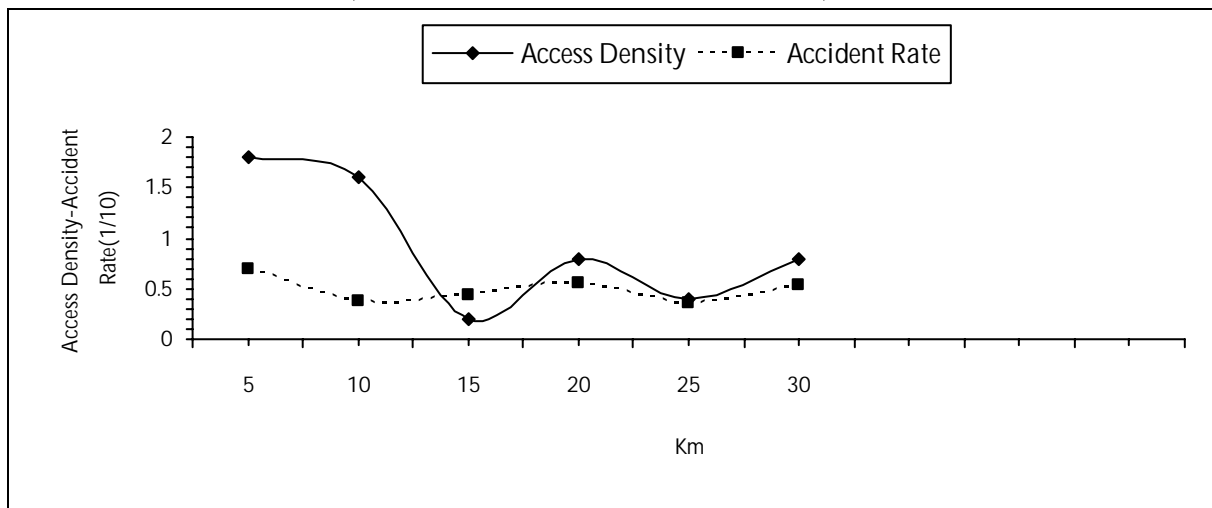


شکل ۲. نمودار تراکم دسترسی و نرخ تصادف در مقابل کیلومترهای محور قدیم قم-تهران

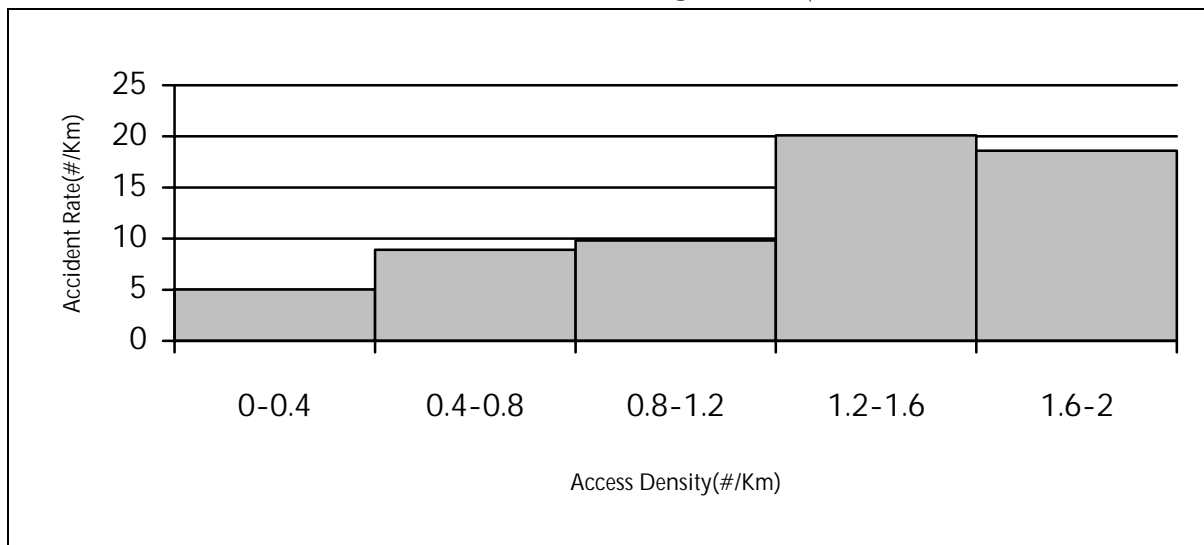
ارزیابی اثر تراکم اثر تراکم دسترسی ها بر میزان تصادف ها در جاده های اصلی ....



شکل ۳. نمودار تراکم دسترسی و نرخ تصادف در مقابل کیلومتر از محور قدیم قزوین - آبیگ



شکل ۴. نمودار تراکم دسترسی و نرخ تصادف در مقابل کیلومتر از محور ساوه - سلفچگان



شکل ۵. نمودار میانگین نرخ تصادفها در مقابل تراکم دسترسی

## ۷. مدل‌سازی آماری رابطه بین تراکم دسترسی

### و نرخ تصادف

یکی از شایع‌ترین سؤالاتی که در مطالعات مطرح می‌شود این است که دو متغیر چه رابطه‌ای با هم دارند؟ مدلسازی، ما را در پاسخ به این سؤال یاری می‌دهد.

در هر جامعه آماری، ارتباط میان متغیرهای مستقل و وابسته می‌تواند به صورت یک معادله رگرسیونی چند جمله‌ای درجه یک، درجه دو، نمایی، لگاریتمی و ... باشد. برازش چند متغیره، فرآیند ساخت یک معادله خطی برای یک متغیر وابسته از چند متغیر مستقل توسط برگشت خطی یا تحلیل (رگرسیون) است و اساس آن به دست آوردن حداقل مجموع مربعات است. هدف از این مدل شناسایی و جدا سازی متغیرهای مستقل اثر گذار بر متغیر وابسته و طبقه بندی آنها بر اساس سطح تاثیر است [۱۲].

به منظور انجام این تحلیل بایستی فرضهای زیر کنترل و پاسخ داده شوند:

۱- مشاهدات مستقل باشند. مستقل بودن به این معنی است که دانستن مقدار یک متغیر هیچ چیزی در مورد مقدار متغیر دیگر نمی‌گوید و توسط ضریب همبستگی تعریف می‌شود [۱۲].

۲- رابطه بین متغیر و وابسته خطی باشد.

۳- برای هر یک از مقادیر متغیر مستقل، توزیع نرمالی (شکل منحنی زنگوله) از متغیر وابسته وجود داشته باشد.

تصادفهای وسایل نقلیه، وقایع پیچیده‌ای هستند که ناشی از تأثیر متقابل عوامل بسیاری چون جاده، وسیله نقلیه، رانندگان (عوامل انسانی)، ترافیک و محیط (به عنوان مثال شرایط جوی و روشنایی) هستند. مدل‌های رگرسیونی برای مشخص کردن ارتباط عددی میان متغیرهای مستقل با نرخ تصادفها بکار می‌روند [۱۳].

در هر جامعه آماری عوامل مؤثر در تصادفها؛ ارتباط میان متغیرهای مستقل و وابسته می‌تواند به صورت یک معادله رگرسیونی چند متغیره درجه یک، درجه دو، لگاریتمی و .. باشد. نکته قابل توجه در توسعه مدل‌های تصادفها این است که به علت پیچیدگی تصادفها و دخالت عوامل زیاد در آنها نمی‌توان اظهار داشت که مدل ارایه شده دقیق و بی‌نقص است. از مشکلات دیگر در توسعه مدل‌های تصادفها می‌توان به خطا در داده‌های تصادف اشاره کرد، این داده‌ها شامل خطاهای نمونه‌برداری و غیره هستند [۱۳].

### ۷-۱-۱ تعریف مدل

به منظور انجام تحلیل رگرسیون چند متغیره (حداقل کردن مربعات) از میان داده‌های موجود و انتخاب بهترین مدل قابل برازش بر داده‌ها و همچنین انجام سایر عملیات آماری مورد نظر، از یکی از نرم افزارهای رایج و معتبر در این زمینه به نام MiniTab استفاده شد. این نرم افزار با امکانات وسیع خود و با انجام پردازش‌های عددی بر روی اطلاعات ورودی در محیط خطی، بهترین مدل قابل برازش بر روی داده‌های ورودی را ارایه می‌کند. همان طور که در قسمت ۴ نیز بیان شد؛ در این مطالعه متغیر وابسته؛ نرخ تصادف و متغیرهای مستقل تراکم دسترسی، میانگین تردد روزانه و میانگین سرعت وسایل نقلیه هستند که با پارامترهای زیر در مدل‌سازی بکار می‌روند:

متغیر وابسته **AR**: نرخ تصادف بر کیلومتر

متغیرهای مستقل **AD**: تراکم دسترسی بر کیلومتر

**ADT**: میانگین ترافیک روزانه (شمار وسیله نقلیه سواری)

**S**: میانگین سرعت وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت)

همچنین مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده، با توجه به تجارب حاصل از مطالعات انجام شده پیرامون عوامل مؤثر بر نرخ تصادفها و بررسی مدل‌های گوناگون، مدل چند جمله‌ای درجه یک، مدل لگاریتمی، مدل نمایی و مدل کرافت هستند که در ادامه به معرفی هر یک از توابع مذکور پرداخته می‌شود:

### ۷-۱-۱-۱ مدل چند جمله‌ای درجه یک

رابطه کلی این مدل به صورت زیر است: (۳)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$$

که در آن، **Y** متغیر وابسته و **X<sub>i</sub>** ها متغیرهای مستقل و  $\beta_i$  ها ضرایب رگرسیونی هستند.

### ۷-۱-۲ مدل لگاریتمی

رابطه کلی مدل لگاریتمی به صورت زیر است: (۴)

$$Y = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \dots + \beta_p \ln(X_p)$$

داده‌های ورودی به مدل در این حالت مقادیر  $Y, \ln(X_i)$  هستند.

### ۷-۱-۳ مدل نمایی

رابطه کلی مدل نمایی به صورت زیر است: (۵)

$$Y = \beta_0 \beta_1^{X_1} \beta_2^{X_2} \dots \beta_p^{X_p}$$

## ۸. مدل یابی

جهت ارزیابی و اعتبار سنجی مدل منتخب، اطلاعات سرعت و تراکم دسترسی های یک قطعه پنج کیلومتری از محور قزوین - لوشان برداشت و توسط مدل لگاریتمی، نرخ تصادف در مقطع پیش بینی شد.

نتایج حاصل از پیش بینی مدل و اطلاعات مشاهده ای، حدود ۲۰ درصد با یکدیگر اختلاف دارند. اما همان طور که قبلا نیز ذکر شد در تصادفها عوامل متعددی نقش دارند و در این مطالعه تنها اثر دو عامل از بین عوامل متعدد مؤثر در نرخ تصادفها دیده شده است. از طرف دیگر، جامعه آماری این مطالعه محدود بوده است. در نتیجه وجود ۲۰ درصد خطا در پیش بینی مقدار نرخ تصادف در یکی از محورهای کشور نسبت به شرایط واقعی چندان دور از واقعیت نبوده و می تواند مورد قبول واقع شود.

## ۹. نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی

۱- از بین مدل های مختلف تحلیل رگرسیونی جهت تعیین تأثیر عواملی مانند تراکم دسترسی، سرعت و حجم ترافیک بر نرخ تصادفها، مدل لگاریتمی، دارای انطباق بهتری با اطلاعات موجود بوده و بهتر می تواند متغیر وابسته را پیش بینی کند.

۲- با افزایش و کاهش تراکم دسترسی ها، نرخ تصادفها نیز با نسبتی افزایش یا کاهش می یابد.

۳- زمانی که تراکم دسترسی ها اندک است، رشد نرخ تصادفها همراه با افزایش تراکم دسترسی ها روندی ملایم دارد. اما هنگامی که تراکم دسترسی ها از حدی بیشتر می شود، نرخ تصادفها رشد قابل توجهی داشته است.

۴- در راههای با تراکم دسترسی زیاد، بعد از مقادیر حداکثر، با افزایش تراکم دسترسی، نرخ تصادفها کاهش یافته است. بنابراین علاوه بر تراکم دسترسی، عوامل مهم تر دیگری نیز در وقوع تصادفها، به ویژه در مقاطع با شمار زیاد دسترسی؛ نقش دارند.

۵- با کالیبره کردن مدل به دست آمده، این مدل می تواند برای تمامی محورهای کشور و بادر نظر گرفتن سایر عوامل در آن در ارزیابی راههای موجود و یا طراحی راههای جدید، برای تعیین تأثیر تراکم دسترسی های حاشیه ای، سرعت و حجم تردد و .. در نرخ تصادفها مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال می توان در تعیین میزان نقش عوامل مؤثر در نرخ تصادفها؛ علاوه بر مواردی همچون سرعت و حجم وسایل نقلیه در هر مقطع، روند تغییرات

برای اینکه مدل بالا به فرم خطی در آید لازم است در داده های ورودی اصلاحاتی صورت گیرد. اصلاح مربوطه به این صورت است که متغیر وابسته به شکل  $\ln(Y)$  در ورودی ظاهر می شود و در دیگر متغیرها تغییر صورت نمی گیرد.

با این تغییرات مدل فوق به صورت زیر درمی آید: (۶)

$$\ln Y = \ln \beta_0 + X_1 \ln \beta_1 + X_2 \ln \beta_2 + \dots + X_p \ln \beta_p$$

## ۷-۱-۴ مدل کرافت

رابطه کلی مدل کرافت به صورت زیر است: (۷)

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_p^{\beta_p}$$

چون نرم افزار Mini Tab فقط به صورت خطی مدل می کند، بنابراین لازم است در داده های ورودی به مدل اصلاحاتی صورت گیرد. برای اینکه مدل به صورت خطی در آید،  $\ln(Y)$ ،  $\ln(X_i)$  را به عنوان ورودی وارد مدل کرده، که به صورت زیر در می آید: (۸)

$$\ln(Y) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \dots + \beta_p \ln(X_p)$$

همچنین در جدول (۱) مقادیر داده های ورودی به نرم افزار برای استفاده در مدلسازی برای توابع مذکور ارایه شده اند.

## ۷-۲ بررسی مدلها و انتخاب مدل برتر

خروجی نرم افزار شامل ماتریس همبستگی، معادله رگرسیونی، مقدار  $R^2$ ، آزمون  $t$ ، آزمون LACK OF FIT، مقادیر VIF متغیرهای مستقل، تست داربین- واتسن، آزمون نرمال بودن توزیع باقیمانده ها و .... است که در این مقاله مجالی برای ذکر تمامی آزمونها و نتایج تحلیل های آماری برای هر کدام از مدلها نیست، بنابراین در ادامه، نتایج به دست آمده از تحلیل های آماری ارایه می شوند.

در جدول (۲) مدل های به دست آمده از تحلیل رگرسیونی برای تعیین میزان تأثیر عواملی چون تراکم دسترسی، سرعت و حجم ترافیک روی نرخ تصادفها مشاهده می شوند. همچنین در شکل (۷) نمودار احتمالات باقیمانده ها برای مدل لگاریتمی به عنوان نمونه نشان داده شده است. از روی نمودار احتمالات باقیمانده ها (آزمون نرمال بودن خطها) نرمال بودن توزیع خطها مشخص است. بنابر این آزمون مقدار p-value باقیمانده ها می بایست بزرگ تر از ۰/۰۵ باشد.

بهبهانی، بابایی و زمانی ثانی

توانایی پیش‌بینی حداکثر متغیر وابسته از روی متغیرهای مستقل، باید توزیعهای احتمالی بیشتری را مورد بررسی قرارداد؛ همچون توزیعهای پواسون، بینومیل و...

سرعت و حجم تردد در طول روز و حتی در طول ساعت، انواع رفتارها و عکس‌العمل‌های رانندگان، پارامترهای دیگری از طرح هندسی مانند عرض شانه، عرض خطوط عبوری و غیره را نیز در مدلسازی در نظر گرفت از طرف دیگر برای رسیدن به مدلی با

جدول ۱. داده‌های ورودی به نرم‌افزار جهت مدلسازی

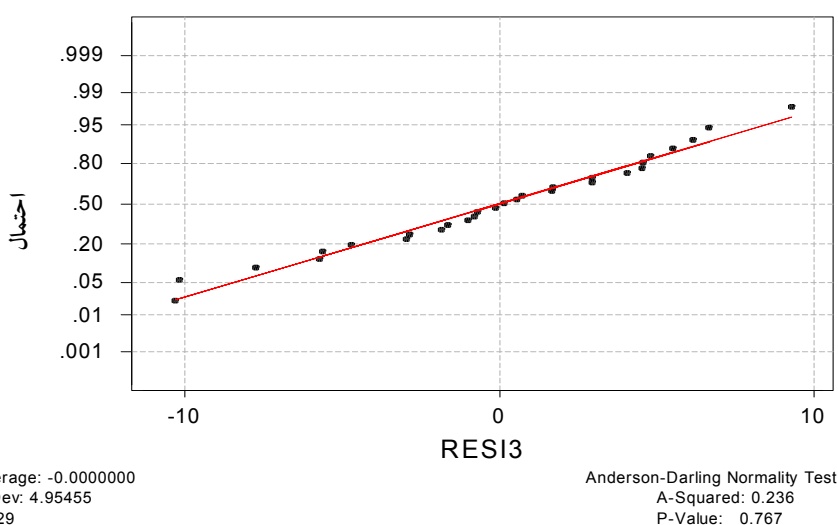
ردیف	مقطع	ADT	AD	S	AR
۱	قزوین- لوشان- کیلومتر ۵۰-۵۵	۳۹۵۸۶	۰٫۸	۷۸	۲۰٫۸
۲	قزوین- آبیک- کیلومتر ۱۵-۲۰	۱۲۶۳۵	۱٫۰	۸۵	۱۰٫۰
۳	قزوین- آبیک- کیلومتر ۲۱-۲۵	۱۲۶۳۵	۰٫۸	۸۵	۷٫۶
۴	قزوین- آبیک- کیلومتر ۲۶-۳۰	۱۲۶۳۵	۰٫۶	۸۵	۱۰٫۰
۵	قزوین- آبیک- کیلومتر ۳۱-۳۵	۱۲۶۳۵	۱٫۰	۸۵	۱۴٫۸
۶	قزوین- آبیک- کیلومتر ۳۶-۴۰	۱۲۶۳۵	۰٫۸	۸۵	۱۰٫۰
۷	قزوین- آبیک- کیلومتر ۴۱-۴۵	۱۲۶۳۵	۰٫۶	۸۵	۱۳٫۲
۸	قم- تهران- کیلومتر ۱-۵	۱۹۹۹۴	۱٫۸	۸۱	۲۵٫۶
۹	قم- تهران- کیلومتر ۶-۱۰	۱۹۹۹۴	۱٫۶	۸۱	۲۰٫۶
۱۰	قم- تهران- کیلومتر ۱۱-۱۵	۱۹۹۹۴	۱٫۰	۸۱	۱۳٫۶
۱۱	قم- تهران- کیلومتر ۱۶-۲۰	۱۹۹۹۴	۰٫۲	۸۱	۷٫۲
۱۲	قم- تهران- کیلومتر ۲۱-۲۵	۱۹۹۹۴	۰٫۲	۸۱	۴٫۸
۱۳	قم- تهران- کیلومتر ۲۶-۳۰	۱۹۹۹۴	۱٫۰	۸۱	۹٫۰
۱۴	قم- تهران- کیلومتر ۳۱-۳۵	۱۹۹۹۴	۰٫۲	۸۱	۵٫۰
۱۵	قم- تهران- کیلومتر ۳۶-۴۰	۱۹۹۹۴	۰٫۸	۸۱	۷٫۰
۱۶	قم- تهران- کیلومتر ۴۱-۴۵	۱۹۹۹۴	۰٫۲	۸۱	۳٫۸
۱۷	قم- تهران- کیلومتر ۴۶-۵۰	۱۹۹۹۴	۱٫۲	۸۱	۴٫۲
۱۸	ساوه- سلفچگان- کیلومتر ۱-۵	۳۲۷۱۴	۱٫۸	۸۷	۷٫۰
۱۹	ساوه- سلفچگان- کیلومتر ۶-۱۰	۳۲۷۱۴	۱٫۶	۸۷	۳٫۸
۲۰	ساوه- سلفچگان- کیلومتر ۱۱-۱۵	۳۲۷۱۴	۰٫۲	۸۷	۴٫۴
۲۱	ساوه- سلفچگان- کیلومتر ۱۶-۲۰	۳۲۷۱۴	۰٫۸	۸۷	۵٫۶
۲۲	ساوه- سلفچگان- کیلومتر ۲۱-۲۵	۳۲۷۱۴	۰٫۴	۸۷	۳٫۵
۲۳	ساوه- سلفچگان- کیلومتر ۲۶-۳۰	۳۲۷۱۴	۰٫۸	۸۷	۵٫۴
۲۴	خرمدره - زنجان- کیلومتر ۵۶-۶۰	۱۴۶۲۵	۱٫۰	۷۶	۹٫۲
۲۵	خرمدره - زنجان- کیلومتر ۶۱-۶۵	۱۴۶۲۵	۱٫۶	۷۶	۱۳٫۷
۲۶	بم- براوات- رستم آباد- کیلومتر ۲۶-۳۰	۱۲۳۹۵	۱٫۰	۹۰	۵٫۸
۲۷	بم- براوات- رستم آباد- کیلومتر ۳۱-۳۵	۱۲۳۹۵	۱٫۰	۹۰	۸٫۷
۲۸	کرج- چالوس - کیلومتر ۱۱-۱۵	۳۲۸۸۳	۱٫۶	۶۶	۴۱٫۰
۲۹	کرج- چالوس - کیلومتر ۱۶-۲۰	۳۲۸۸۳	۱٫۲	۶۶	۳۶٫۰



جدول ۲. نتایج به دست آمده از تحلیل رگرسیونی

مدل		t-test	R-Square
۱	مدل درجه ۱ $AR = 95.0 + 6.34 AD - 1.10 S$	۰/۰۰۱	٪۶۹/۳
۲	مدل لگاریتمی $AR = 407 + 4.39 \ln(AD) - 90.0 \ln(S)$	۰/۰۰۱	٪۷۱/۸
۳	مدل نمایی $\ln(AR) = 7.04 + 0.525 AD - 0.0648 S$	۰/۰۱۰	٪۵۶/۵
۴	مدل کرافت $\ln(AR) = 25.4 + 0.400 \ln(AD) - 5.23 \ln(S)$	۰/۰۱۴	٪۶۰/۸

طرح احتمال نرمال



شکل ۷. نمودار آزمون نرمال بودن توزیع خطاها در مدل لگاریتمی

## ۱۰. پانویس ها

2. Kyriacos, C. Mouskos, Wu Sun, and Tao, Qu (2007) "Impact of access driveways on accident rates at multilane highways", A final report for NJ-99-008-NCTIP5, National Center for Transportation and Industrial Productivity, New Jersey Institute of Technology.

3. Iowa State University Research Park, Center For Transportation Research and Education (2005) "Access management handbook", pp. 115-145.

4- Fee, J. A., Beatty, R. L.; Dietz, S. K. and Kaufman, S. F. (1970) "Interstate system accident research study-1", FHWA.

5. Colorado Department of Highways (2004) "Final Report of the Colorado Access Control Demonstration Project", Colorado, pp. 12-14 .

- 1- Mobility
- 2- Fee [ et al]
- 3- Colorado Department of Highway
- 4- Wisconsin
- 5- Long & Morrison
- 6- Florida
- 7- British Columbia
- 8- Jian
- 9- Abdelwahab
- 10- Average Daily Traffic

## ۱۱. مراجع

- ۱- سازمان حمل و نقل و پایانه های کشور، دفتر فن آوری اطلاعات (۱۳۸۶) "سالنامه آماری حمل و نقل جاده ای سال ۱۳۸۶". تهران: سازمان حمل و نقل و پایانه های کشور، ۱۳۸۶.

۱۱. احمدی نژاد، محمود (۱۳۸۴) "ایمنی تصادفات جاده‌ای"، دانشگاه علم و صنعت ایران، ص. ۲۰-۳۵.
۱۲. آذرنوش، حسنعلی (۱۳۸۶) "روشهای جایگزین در رگرسیون"، دانشگاه فروسای مشهد.
- 13- Khan S., Shanmugam R., Hoeschen, B. (2004) "Injury fatal and property damage accident models for highway corridor", Transportation Research Record, No.1665.
۱۴. عامری، محمود، ملکوتی، محمود (۱۳۸۶)، "برهم کنش ویژگیهای روسازی راه و حجم ترافیک بر روی نرخ تصادفهای جاده‌های دو خطه برون شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، ش ۴، زمستان، ص ۳۰۷-۳۱۷.
6. East Central Wisconsin Regional Planning Commission ( 1986) "Waushara county access control plan".
7. Long, G. and Morrison, C. T. (2002) "Safety impacts of selected median and access design features", Florida University, Transportation Research Center, Gainesville FL, Final Report. pp. 10-12.
8. Li, Jian, Abdelwahab, Walid and Brown and Gerald (1994) "Effects of access geometry on two-lane rural highway safety in British Columbia", Canadian Journal of Civil Engineering, p. 16.
- 9- B. Kent Lall, B., Huntington, Del and Eghtedari, Ali(2007) "Access management and traffic safety", Proceedings, 2nd National Conference on Access Management held in Vail, Colorado, pp 249-268.
۱۰. آقا محمد، نایب (۱۳۸۴) "راه و ایمنی و ترافیک"، تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.